

ANUÁRIO DE TRABALHOS APRESENTADOS
V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)
E
I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



2015

Desafios para Sustentabilidade Global



EXPEDIENTE

CORPO EDITORIAL

Bruna Aparecida Souza Machada
Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro
Josiane Dantas Viana
Keize Katiane dos Santos Amparo
Lílian Lefol Nani Guarieiro

COMITÊ ORGANIZADOR

Alex Álisson Bandeira Santos
Bruna Aparecida Souza Machado
Josiane Dantas Viana
Keize Katiane dos Santos Amparo
Lílian Lefol Nani Guarieiro

COMITÊ CIENTÍFICO DE AVALIAÇÃO

Alex Álisson Bandeira Santos
Alessandra Argôlo do Espírito Santo Carvalho
Alexandre dos Santos Machado
Aline Rabello Costa Alves
Ana Paula Maia Tanajura
Bruna Aparecida Souza Machado
Camila de Sousa Pereira Guizzo
Carine Alves
Charles Chemale Yurgel
Danilo Hansen
Davidson Martins Moreira
Edna dos Santos Almeida
Erika Durão Vieira
Fabiano Ferreira de Medeiros
Fábio Andre Lora
Fernanda Ferraz Pena
Francisco Uchoa Passos
Gilney Figueira Zebende
Guilherme Oliveira de Souza
Hernane Borges De Barros Pereira
Ivan da Cunha Lima
João Kenkiti Tan
Josiane Dantas Viana Barbosa
Joyce Batista Azevedo
Júlio César Chaves Câmara

Larissa da Silva Paes Cardoso
Lilian Lefol Nani Guarieiro
Luciano Pisanu
Luzia Aparecida Tofaneli
Lynn Rosalina Gama Alves
Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves
Marcelo Andres Umsza Gues
Maurício Lerina Bonifati
Neuza Maria Neves
Oberdan Rocha Pinheiro
Paulo Soares Figueiredo
Pollyana da Silva Melo
Priscila Verônica Galdino Freitas
Renelson Sampaio
Roberto Luiz Souza Monteiro
Rodrigo Santiago Coelho
Roseane Santos Oliveira
Samantha Serra Costa
Silmar Baptista Nunes
Tatiana Barreto Rocha Nery
Ubatan Miranda
Valéria Loureiro Da Silva
Valter De Senna
Vivian Manuela Conceição
Wilberth Harold Deza Luna

OUTRAS INFORMAÇÕES

Editor / Autor Corporativo
SENAI CIMATEC, Campus Integrado de
Manufatura e Tecnologia, CEP 41650-010,
Salvador-BA, Brasil./ Lílian Lefol Nani Guarieiro
Periodicidade: anual

CONTATO

Avenida Orlando Gomes, 1845 – Piatã
CEP – 41650-010 – Salvador, Bahia, Brasil.
Email: workshop.pti@fieb.org.br;
Website: <http://portais.fieb.org.br/senai/pti/>
Telefone: +55 71 3879-5265

Apoio:



Realização:



V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI) E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



Desafios para Sustentabilidade Global



10 e 11 de setembro 2015

Apoio:



fapesb



Fundação de Amparo
à Pesquisa do Estado de São Paulo



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

Realização:



Federação das Indústrias do Estado de São Paulo



V Workshop De Pesquisa Tecnologia e Inovação (PTI) e I Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC). Desafios para a Sustentabilidade Global (2015: Salvador, BA)

Anuário de Trabalhos Apresentados V Workshop De Pesquisa Tecnologia e Inovação (PTI) e I Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC). Desafios para a Sustentabilidade Global, 10 e 11 de setembro de 2015 em Salvador, Bahia – SENAI CIMATEC, 2015

ISSN 2447-4215

APRESENTAÇÃO

Nos dias 10 e 11 de Setembro de 2015 a Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC realizou a 5ª Edição do Workshop de Pesquisa Tecnologia e Inovação (PTI), e o 1º Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC).

O Workshop PTI é um evento promovido, desde 2011, pelo SENAI CIMATEC com apoio do Departamento Nacional (SENAI DN) e contou com a participação da comunidade científica (alunos, professores e pesquisadores) e do setor industrial (técnicos, empresários e profissionais da indústria).

Nessa edição, o V PTI e o I SIINTEC trouxe como tema central os “Desafios para Sustentabilidade Global”. O evento proporcionou discussões sobre os principais temas relativos às inovações tecnológicas como base para atendimento dos desafios para uma sustentabilidade Global. Trazendo à tona a realidade, as dificuldades e os bem sucedidos exemplos de integração do trinômio Tecnologia, Produto e Mercado no contexto principalmente das empresas iniciantes de base tecnológica em prol da sustentabilidade.

O V PTI e o I SIINTEC evento contou com a participação de 495 congressistas e também com a apresentação de 71 trabalhos divididos em sessões técnicas orais e de pôster. Ainda neste evento foram apresentados os resultados dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos bolsistas de iniciação científica da Faculdade totalizando 28 trabalhos. O Evento contou com o apoio da CAPES, FAPESB, CNPq, Programa de Recursos Humanos da ANP - PRH55 – ANP/MCTI e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia e Ambiente (INCT – EA).

Este Anuário do evento tem como objetivo apresentar a programação completa do evento e os Artigos Completos aceitos para publicação nos temas: Modelagem e Tecnologia Industrial, Gestão e Tecnologia Industrial e Engenharias. Além disso, estão descritos neste anuário resumos de trabalhos de Iniciação Científica que foram desenvolvidos pelos bolsistas do SENAI CIMATEC.

Salvador, 12 de setembro de 2015.

Comissão Organizadora

ANUÁRIO DE TRABALHOS APRESENTADOS
V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)
E
I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



2015

Desafios para Sustentabilidade Global



SUMÁRIO

PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA.....	8
ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	15
ENGENHARIA.....	15
GESTÃO E INOVAÇÃO INDUSTRIAL	313
MODELAGEM E TECNOLOGIA INDUSTRIAL	435
INICIÇÃO CIENTÍFICA.....	712

PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA

DIA 10/09/2015

13:30-14:00 **CRENCIAMENTO**

14:00-15:00 **MESA DE ABERTURA**

Dr. Leone Peter Correia da Silva Andrade - *Diretor de Tecnologia e Inovação SENAI DR BA*
Dr. Carlos Henrique Jorge Gantois - *Vice-Presidente FIEB*
Dr. Eduardo Santana de Almeida - *Diretor Geral da FAPESB*

15:00-16:00 **PALESTRA 1**

“Desenvolvimento Científico Sustentável em um Estado Planejado: Estudo de Dois Casos”

Palestrante: Dr. Ivan Costa de Cunha Lima
SENAI CIMATEC

16:00-18:30 **PAINEL 1**

“Manufatura Moderna: Perspectivas de inovação no Processo Produtivo de conformação e soldagem”

Mediador: *Prof. Dr. Fábio Lora (SENAI CIMATEC)*

Palestrantes:

Dr. Ing. Lírio Schaeffer (UFRGS)

Dr. Sérgio Rodrigues Barra (UFRN)

18:30-19:00 **COFFEE BREAK E APRESENTAÇÃO DE PÔSTERES**

TÍTULO: ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS CLIMATOLÓGICOS DE FEIRA DE SANTANA-BA: UMA ABORDAGEM COM MÉTODOS DA MECÂNICA ESTATÍSTICA

AUTORES: Andréa de Almeida Brito, Aloísio Machado da Silva Filho, Arleys Pereira Nunes de Castro, Gilney Figueira Zebende

TÍTULO: UMA NOVA PROPOSTA PARA ANÁLISE DA ESTABILIDADE NO PROCESSO DE COMBUSTÃO USANDO A DISTÂNCIA DE HAMMING

AUTORES: Jefferson Willes Gomes De Souza, Hernane Pereira, Alex Álisson Bandeira Santos, Valter Senna, Marcelo A. Moret

TÍTULO: UM MODELO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE ANOMALIAS DENTÁRIAS EM IMAGENS DE ORTOPANTOMOGRÁFIA

AUTORES: Gil Jader Oliveira da Silva, Valter de Senna, Luciano Rebouças de Oliveira

TÍTULO: DESENVOLVIMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMA ELETROMECCÂNICO APLICADO A LIMPEZA DE VISEIRA DE CAPACETE

AUTORES: Felipe Raniere Reis Ferreira, Flavio Santiago de Carvalho Bispo, Luciano da Silva, Cláudio de Oliveira

TÍTULO: PROPOSTA DE MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO PARA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

AUTORES: Joanna Pitombo Teixeira, Sérgio Torres Sá Barreto

TÍTULO: ANÁLISE, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE UMA VÁLVULA LIGA-DESLIGA POR UMA DE CONTROLE PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO NO CICLO DE VULCANIZAÇÃO DE PNEUS DE MOTOCICLETAS

AUTORES: Marcelo Macedo Matos, Marcelo Henrique Souza Bomfim

TÍTULO: PROSPECÇÃO DE PUBLICAÇÕES EM BASE DE DADOS SOBRE EMISSÃO DE HPA ORIUNDOS DA QUEIMA DE DIESEL E BIODIESEL

AUTORES: Rodrigo P. Vieira e Lilian Lefol N. Guarieiro

TÍTULO: CONTROLE DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA FUZZY EMBARCADO

AUTORES: Tais Souza de Andrade Soares, Vanderlino Guimarães da Mata, Emanuel Benício de Almeida Cajueiro

TÍTULO: CORRELAÇÃO ENTRE BIOMA E DENGUE NO ESTADO DA BAHIA

AUTORES: Stela Maria Azevedo e Ribeiro, Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves, Aloisio Nascimento Filho, Hugo Saba Pereira Cardoso

TÍTULO: BIG DATA PARA ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS MASSIVOS PROVENIENTES DA INTERNET INDUSTRIAL

AUTORES: Eduardo Manuel de Freitas Jorge, Fábio Britto de Carvalho Almeida e Regina Pereira Silva

TÍTULO: INTERFACES NATURAIS DE USUÁRIO PARA UMA APLICAÇÃO DE TREINAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO A CÂMERA REALSENSE

AUTORES: Eduardo Manuel de Freitas Jorge, Fábio Britto de Carvalho Almeida, Yago Souza, Venancio Lima

TÍTULO: INFERINDO NÍVEL DE UM TANQUE EM UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE FLUÍDOS A PARTIR DE SINAL DE VELOCIDADE DA BOMBA

AUTORES: Vladimir Jesus Farias, Emanuel Benício de Almeida Cajueiro

TÍTULO: MODELAGEM E CONTROLE DO PÊNDULO INVERTIDO

AUTORES: Alan Ornelas, Atilano Moreira, Leandro Góes, Walter Barroso, Emanuel Benício

TÍTULO: UM ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS PARA MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS: BPM

AUTORES: Jander Silva de Cerqueira, Leandro Brito Santos

TÍTULO: CORRELAÇÕES DE LONGO ALCANCE EM MODELAGENS DE FLUTUAÇÕES DE SÉRIES TEMPORAIS DA VELOCIDADE DO VENTO EM SALVADOR-BA: RESULTADOS PRELIMINARES PARA MAXIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

AUTORES: José Vicente Cardoso Santos, Davidson Martins Moreira, Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves

TÍTULO: MODELO COMPUTACIONAL DE RECONHECIMENTO DE FACES PARA AUXÍLIO À INVESTIGAÇÕES E NA BUSCA DE PESSOAS DESAPARECIDAS

AUTORES: Herbert Mauadie Guimarães Junior, David Diogenes Machado dos Santos Queiroz, Patricia Freitas Braga, Márcio Renê Brandão Sousa

TÍTULO: UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE

AUTORES: Julyana Pinto Valente, Ana Paula Maia Tanajura, Juliana Andrade Carvalho

TÍTULO: AUTO AFINIDADE NA VARIAÇÃO DE PREÇOS DE AÇÕES DE COMPANHIAS PETROLÍFERAS

AUTORES: Aloísio Nascimento, Nilton Pitombo, Marcelo A. Moret

TÍTULO: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CRÍTICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DE UM LEITO CATALÍTICO DO TIPO TRICKLE-BED

AUTORES: Leandro Bezerra Queiroz, Emerentino Quadro, Lilian Lefol Nani Guarieiro

TÍTULO: SISTEMA DE QUANTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES

AUTORES: Charles Lima Soares, Márcio Renê Brandão Sousa, Rodrigo Oliveira Matos e Vinícius Santiago Machado

TÍTULO: HIGH PERFORMANCE CODE GENERATION FROM SYMBOLIC COMPUTING

AUTORES: Renato Miceli Costa Ribeiro, Felipe Vieira Zacarias e Marcos de Aguiar

TÍTULO: A MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

AUTORES: Jefferson Oliveira do Nascimento e Italo Gabriel Neide

TÍTULO: ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS BASEADO NO MÉTODO PBL (PROJECT/PROBLEM-BASED LEARNING), INTEGRADO A FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

AUTORES: Paulo Henrique Xavier e Renelson Ribeiro Sampaio

TÍTULO: ANÁLISE DE FALHA EM HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEÁVEL POR ENSAIO DE FADIGA.

AUTORES: Diego Regis Marinho, Pollyana da Silva Melo

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO COM MATRIZ DE POLIPROPILENO E 30% DE FIBRA DE COCO.

AUTORES: Rafael F. Vasconcelos, Josiane Dantas Viana, Luciano Pisanu

TÍTULO: ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCOMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Joyce B. Azevedo, Josiane D. V. Barbosa, Natalia A. dos Santos, Marcus V. O. Santos, Pâmela, B. Cipriano

TÍTULO: INFLUÊNCIA DA RESINA POLIVINIL BUTIRAL (PVB) UTILIZADA COMO COMPATIBILIZANTE EM COMPÓSITOS DE RESINA POLIÉSTER INSATURADA.

AUTORES: Matheus H. M. de Oliveira, Isa M. da S. Santos, João K. Tan, Luciano Pisanu, Pollyana da S. Mello

TÍTULO: ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCS COM FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Luiza Caterine de Souza Brito, Joyce B. Azevedo, Josiane Dantas Viana Barbosa

TÍTULO: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES RESINAS DE POLIVINIL BUTIRAL EM POLI(ETILENO-CO-ACETATO DE VINILA)

AUTORES: Isa M. da S. Santos, Matheus H. M. de Oliveira, João K. Tan, Marcelo M. Ueki, Luciano Pisanu

TÍTULO: ROBÔ AUTÔNOMO ORIENTADO POR GPS

AUTORES: Danilo C. Pereira, Oberdan R. Pinheiro

TÍTULO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DO MODELO MSDEF

AUTORES: André Conceição A. de Jesus, Manoel Martínez Soto Júnior, Davidson M. Moreira

TÍTULO: GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I

AUTORES: Caio V. C. Militão, Maria F. P. D. Nunez

TÍTULO: ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DOS COMPÓSITOS DE MADEIRA PLÁSTICA (CMP) AO LONGO DO CICLO DE VIDA COM ENFOQUE NAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE): O CASO DO CMP DE POLIPROPILENO E PÓ DE MADEIRA RESIDUAL.

AUTORES: Milene P. L. Moreira, Arilma O. do C. Tavares.

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Joyce B. Azevedo, Ricardo Correia Sanches, Pollyana da Silva Melo

TÍTULO: EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO

AUTORES: Julianna Berger, Mariangela T. Nakane e Renelson R. Sampaio

TÍTULO: MODELO DE CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA PARA O DOBRAMENTO DE PROTEÍNAS COM REPETIÇÃO EM TANDEM

AUTORES: Fernando dos Santos Silva, Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves, Marcelo de Carvalho Santana

19:00-21:00

SESSÃO TÉCNICA – MODELAGEM, TECNOLOGIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Moderador: Dr. Hernane Borges de Barros Pereira (SENAI CIMATEC)

TÍTULO: A HYBRID SYSTEM TO SIMULATE THE ATMOSPHERIC DISPERSION OF ROCKET EXHAUST CLOUDS

AUTORES: Erick Giovani Sperandio Nascimento, Davidson Martins Moreira

TÍTULO: ANÁLISE NUMÉRICA DA FORÇA DO PRENSA CHAPAS EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO DE ESTAMPAGEM PARA O AÇO DUPLEX UNS S32205

AUTORES: Juliana Ribeiro Tourinho Dantas Sartori, Fábio André Lora, Marcelo Sousa de Carvalho, Raoni Barreto de Oliveira, Rodrigo Santiago Coelho

TÍTULO: AUTOMATIC IDENTIFICATION OF SIGNS OF DIABETIC RETINOPATHY IN EYE IMAGES

AUTORES: Navjot Kukreja, Valter de Senna

TÍTULO: UMA REVISÃO TEÓRICA A RESPEITO DA SELEÇÃO E GESTÃO DO RELACIONAMENTO COM FORNECEDORES

AUTORES: Marcus Vinícius Lemos da Silva, Paulo Soares Figueiredo

21:00-22:00

SESSÃO TÉCNICA – Programa de Iniciação Científica SENAI CIMATEC

Moderadora: Larissa da Silva Paes Cardoso

TÍTULO: ANÁLISE DE DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES TURBULENTAS EM UM MODELO GAUSSIANO PARA O CÁLCULO DE DISPERSÃO DE POLUENTES.

AUTORES: André Conceição A. de Jesus, Davidson M. Moreira

TÍTULO: POLIÉSTERES SUSTENTÁVEIS OBTIDOS A PARTIR DA DESPOLIMERIZAÇÃO DE GARRAFAS PET.

AUTORES: Amanda A. F. L. F. Mensah, Fabiano Ferreira de Medeiros

TÍTULO: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CATALÍTICOS PARA GERAÇÃO DE ÉTERES DE GLICERINA BRUTA.

AUTORES: Janaina N. Leite, Otanéa B. Oliveira

TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO DA PROTEÔMICA EM RHIZOPHORA MANGLE E LAGUNCULARIA RACEMOSA PRESENTES EM AMBIENTES ESTUARINOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBONETOS LOCALIZADOS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS.

AUTORES: Naomi C. Schulze, Michelle C. Calhau.

TÍTULO: IDENTIFICAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO E DE SITUAÇÕES PROFISSIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE UM GAME NA ÁREA DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA

AUTORES: José Yago B. L. Ferreira, Bárbara J. A. Rocha, Camila S. Pereira-Guizzo

TÍTULO: ESTUDO AERODINÂMICO DE ROTORES DE AEROGERADORES

AUTORES: Tarcisio Faustino Magalhães, Turan Dias Oliveira, Luzia Aparecida Tofaneli

DIA 11/09/2015

PALESTRA 2

14:00-15:00

“Os desafios da EMBRAPPII”

Palestrante: Silmar Batista Nunes
Consultor do SENAI

PALESTRA 3

15:00-16:00

“2015 Ano Internacional da Luz e das tecnologias a base de Luz”

Palestrante: Prof. Dra. Valéria Loureiro da Silva
SENAI CIMATEC

PAINEL 2

16:00-18:30

“Campos de petróleo inteligentes e os desafios tecnológicos para a sustentabilidade da produção”

Mediador: *Miguel Andrade Filho (SENAI CIMATEC)*

Palestrantes:

Prof. Dr. Leizer Schnitman (UFBA - CTAI)

Prof. Dr. André Laurindo Maitelli (UFRN)

16:00-19:00

EXPOSIÇÃO COMEMORATIVA SOBRE O ANO INTERNACIONAL DA LUZ

18:30-19:00

COFFEE BREAK E APRESENTAÇÃO DE PÔSTERES

TÍTULO: INSERÇÃO DE CÉLULA ROBOTIZADA NA INDUSTRIAL DE CERÂMICA VERMELHA

AUTORES: Lucas de Carvalho Rocha, Milton Bastos de Souza, Oberdan Rocha Pinheiro

TÍTULO: ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE GÁS NATURAL

AUTORES: Sheila Issa Da Silva, Edna dos Santos Almeida

TÍTULO: SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS APLICADO NA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZANDO PROTOCOLO DIGITAL HART

AUTORES: Tiago Carvalho Sérgio, Milton Bastos de Souza

TÍTULO: MELHORIA PRODUTIVA COM A IMPLANTAÇÃO DAS ROTINAS E PLANOS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO NO SETOR GRÁFICO

AUTORES: Rodrigo Vieira Serra da Silva, Marinilda Lima

TÍTULO: UMA SOLUÇÃO PARA GESTÃO DE EAD BASEADA NA INTEGRAÇÃO DE MOODLE COM O TOTVS

AUTORES: Fábio Britto de Carvalho Almeida, Jaciane Ferreira Araujo

TÍTULO: GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR: DIFICULDADES E DESAFIOS

AUTORES: Valnázia Andrade Pereira Ribeiro, Edna dos Santos Almeida

TÍTULO: EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO

AUTORES: Julianna Berger Ribeiro, Mariangela Terumi Nakane e Renelson Ribeiro Sampaio

TÍTULO: TESTE DE UM SENSOR PARA MONITORAMENTO DO REVESTIMENTO EPÓXI DOPADO COM CORANTE FLUORESCENTE, APLICÁVEL EM DUTOS DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E COMPONENTES DE PIPELINE

AUTORES: André Luiz Ribeiro Vianna, Valeria Loureiro da Silva e Iuri Muniz Pepe

TÍTULO: CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL EM UM LAVADOR DE GASES

AUTORES: Giselle Lopes da Silva Gomes, Edna dos Santos Almeida

TÍTULO: AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE RESÍDUOS DE UVAS TINTAS

AUTORES: Roseane Santos Oliveira, Gabriele de Abreu Barreto, Carlos Antônio Borges Cohim Silva, Marcelo Andres Umsza Guez, Bruna Aparecida Souza Machado.

TÍTULO: APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM CONTROLE DE QUALIDADE, NA ETAPA DE INSPEÇÃO VISUAL DE UM PROCESSO FABRIL

AUTORES: Fábio Júnior Miranda de Souza, Oberdan Rocha Pinheiro

TÍTULO: CONSTRUÇÃO DE UM CONTROLADOR ANTECIPATIVO E POR REALIMENTAÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE SUJEITAS ÀS FORÇAS HIDRODINÂMICAS

AUTORES: Luciano da Silva, Diego Smith Silva Rodrigues Santos, Emanuele Magno Santos Oliveira, Letícia Carvalho Machado, Oscar Alberto Zanábria Sotomayor

TÍTULO: ANÁLISE EVOLUTIVA DOS TANQUES DE COMBUSTÍVEL DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS - DO METAL AO PLÁSTICO

AUTORES: Ramon Maia Brasileiro, Luciano da Silva

TÍTULO: ESTIMAÇÃO DE TORQUE DE MOTOR DE INDUÇÃO POR MEIO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS

AUTORES: Francisco Alberto Santos Picanço, Emanuel Benício de Almeida Cajueiro, Lázaro Edmilson Brito Silva

TÍTULO: BANHEIRO AUTOMATIZADO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA

AUTORES: Edeilson B. Santos, Naíse S. Santos, Emanuel B. Cajueiro

TÍTULO: ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO PARA CARREGADEIRAS COM TRANSMISSÕES QUE PERMITEM REVERSÕES

AUTORES: Ralfe de Oliveira Borges, Júlio Chaves Câmara, Emanuel Benício de Almeida Cajueiro

TÍTULO: VISÃO GERAL DE NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA CONDUÇÃO AUTÔNOMA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES

AUTORES: Danilo Gomes Lopes Trancoso Neves, Eugênio José Borsatti

TÍTULO: ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O PROCESSO DE MOBILIDADE URBANA NO BAIRRO ENGENHO VELHO DA FEDERAÇÃO EM SALVADOR – BAHIA

AUTORES: Iodelric Santos do Carmo; Aleksandro dos Santos Reis; Edna dos Santos Almeida;

TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIDORES DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM UM DINAMÔMETRO AUTOMOTIVO

AUTORES: Pedro Bancillon Ventin Muniz, Júlio César Chaves Câmara e Mauricio Lerina Bonifati

TÍTULO: INTEROPERABILIDADE DO BIM NO PROJETO ESTRUTURAL

AUTORES: Neiva Simões Farias e Larissa da S. P. Cardoso

TÍTULO: QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO E FATORES ERGONÔMICOS: ESTUDO DE CASO NA COORDENADORIA DE HABITAÇÃO DA SINDEC EM SALVADOR (BA)

AUTORES: Rosana dos Santos Carvalho, Aleksandro dos Santos Reis e Eduardo Xavier de Góes

TÍTULO: DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM VITÓRIA DA CONQUISTA – BAHIA

AUTORES: Juliana Silva Reis, Marilice Alves de Andrade e Alessandro dos Santos Reis

TÍTULO: UMA PROPOSTA DE MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DO CABO GUIA NA DETERMINAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE PROJÉTEIS BALÍSTICOS COM USO DE PROPELENTE LÍQUIDO NÃO-EXPLOSIVO UTILIZANDO-SE DE GARRAFA PET PRESSURIZADA

AUTORES: Marcelo Espinheira Cravo de Carvalho, Carlito Bessa Marques Neto, Matheus Bastos Duailibe, Fábio André Lora, Guilherme Oliveira dos Santos, José Vicente Cardoso dos Santos, Melina Silva de Lima.

TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE PARTIDA A FRIO CONVENCIONAL E ELETRÔNICO PARA VEÍCULOS FLEX

AUTORES: Tatiana M. Motta, Lilian L. N. Guarieiro e Júlio César C. Câmara

TÍTULO: ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

AUTORES: Tiana Barretto Lim e Lilian Lefol Nani Guarieiro

TÍTULO: O FUTURO JÁ PRESENTE: CARROS MOVIDOS A CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

AUTORES: Gabriel Sodré Borges e Júlio César Chaves Câmara

TÍTULO: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER EM TAILOR WELDED BLANKS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

AUTORES: Igor de Oliveira Mattos Cardoso, Manoel Carreira Neto

TÍTULO: PROPOSTA DE UM ESTUDO COMPARATIVO DE IMPRESSORAS 3D DO IT YOURSELF OPEN SOURCE

AUTORES: Leandro B. Santos, Roberto L. S. Monteiro e Tereza K. G. Caneiro

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE MANGA DE DIFERENTES ARRANJOS PRODUTIVOS DA BAHIA

AUTORES: Josenai da Silva Penha, Wagner Barbosa Bramont, Ingrid Lessa Leal, Janice Izabel Druzian, Bruna Aparecida Souza Machado.

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DE AMÊNDOAS DE CACAU COLETADAS EM DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA

AUTORES: Ana Alice Lima de Gouvêa, Emanuelle Andrade Dantas, Ingrid Lessa Leal, Bruna Aparecida Souza Machado.

TÍTULO: DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE LÍQUORS DE CACAU DA REGIÃO SUL CACAUEIRA DA BAHIA

AUTORES: Emanuelle Andrade Dantas, Ana Alice Lima de Gouvêa, Ingrid Lessa Leal, Bruna Aparecida Souza Machado.

TÍTULO: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLDAGEM GTAW NA MICROESTRUTURA E RESISTÊNCIA A CORROSÃO DO AÇO UNS S32760

AUTORES: Matheus R. S. Almeida, Raphael O. Santos, Rodrigo S. Coelho, Lilian L. N. Guarieiro.

TÍTULO: INVESTIMENTOS FINANCEIROS EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO

AUTORES: Maiana B. de Matos, Rubens J.T.M Neto.

TÍTULO: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIIS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering).

AUTORES: Luciana M. Borges, Valéria L. da Silva.

TÍTULO: MONTAGEM DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE BANCADA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA UFRB

AUTORES: Ana Quêzia Ribeiro de Oliveira, Bárbara Gomes Pereira, Joyce Mara Brito Maia, Ikaro Alves Soares, Joan Santos.

TÍTULO: PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO UTILIZANDO DA FIBRA DE COCO VERDE

AUTORES: Érika Durão Vieira, José Julio Araújo Ramalho, Lilian Lefol Guarieiro.

TÍTULO: CULTIVO E ESTRESSE DE MICROALGA PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA COM ALTO TEOR DE BIOATIVOS

AUTORES: Edvaldo Rosa Levita Filho, Edna dos Santos Almeida.

19:00-21:00

SESSÃO TÉCNICA – ENGENHARIA

Moderadora: Erika Durão (SENAI CIMATEC)

TÍTULO: SEARCHING RESISTANCE MARKERS IN *Saccharomyces* sp. UNDER ETHANOL STRESS BY PROTEIN PROFILING AND ULTRASTRUCTURE ANALYSIS

AUTORES: Edgard Freitas de Siqueira Junior, Celso Duarte Carvalho Filho, Antônio Ferreira da Silva, Jéssica Guerreiro, Edson Delgado Rodrigues, Suzana Telles da Cunha Lima

TÍTULO: ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Joyce B. Azevedo, Josiane D. V. Barbosa, Natalia A. dos Santos, Marcus V. O. Santos, Pâmela B. Cipriano

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA COR DE PÓS COLORIDOS OBTIDOS COM CORANTES NATURAIS E SINTÉTICOS

AUTORES: Ingrid Lessa Leal, Gabriele de Abreu Barreto, Samantha Costa Serra, Bruna Aparecida Souza Machado

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Ricardo Correia Sanches, Joyce Batista Azevedo, Pollyana da Silva Melo

TÍTULO: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIAS DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS

AUTORES: Luciana Moreno Borges, Valéria Loureiro da Silva

TÍTULO: ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCS COM FARINHA DE MADEIRA

AUTORES: Luiza Caterine de Souza Bispo, Joyce Batista Azevedo, Josiane Dantas Viana Barbosa, Pollyana da Silva Melo

21:00-22:00

SESSÃO TÉCNICA – Programa de Iniciação Científica SENAI CIMATEC

Moderador: Carlos César Santos (SENAI CIMATEC)

TÍTULO: DESENVOLVIMENTO DE PLACAS CERÂMICAS DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

AUTORES: Josiane D. V. Barbosa, Amanda Dantas, Joao Keniti Tan, Joyce Batista Azevedo

TÍTULO: ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO DE PHB COM FIBRA DE COCO.

AUTORES: Francisco P.A. Júnior, Tatiana B. R. Nery

TÍTULO: DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOBIOCOMPOSITOS ADITIVADOS PARA ARMAZENAMENTO DE MANGAS TOMMY ATKINS

AUTORES: Taynã I. S. Santana, Bruna A. S. Machado

TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E POSSÍVEL INFLUÊNCIA NO SURGIMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS ENVOLVENDO DUAS LAGOAS DA PRAIA DO FLAMENGO: LAGOA VITÓRIA E LAGOA DO FLAMENGO.

AUTORES: Milena Elias M. Teixeira, Givaldo S. dos Reis.

TÍTULO: OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE DE DIFERENTES FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS.

AUTORES: Marina R. de Andrade, Bruna A. S. Machado

TÍTULO: UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE

AUTORES: Julyana P. Valente, Ana Paula M. Tanajura

22:00

ENCERRAMENTO E PREMIAÇÃO DOS MELHORES TRABALHOS

V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI) E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



Desafios para Sustentabilidade Global



Engenharias

Apoio:



Realização:



SUMÁRIO - ENGENHARIAS

ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO PARA CARREGADEIRAS COM TRANSMISSÕES QUE PERMITEM REVERSÕES	18
ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	29
ANÁLISE EVOLUTIVA DOS TANQUES DE COMBUSTÍVEL DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS - DO METAL AO PLÁSTICO.....	39
APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM CONTROLE DE QUALIDADE, NA ETAPA DE INSPEÇÃO VISUAL DE UM PROCESSO FABRIL.....	50
AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA COR DE PÓS COLORIDOS OBTIDOS COM CORANTES NATURAIS E SINTÉTICOS	60
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA	68
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE RESÍDUOS DE UVAS TINTAS	76
BANHEIRO AUTOMATIZADO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA.....	85
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL EM UM LAVADOR DE GASES	92
CARACTERIZAÇÃO DE AMÊNDOAS DE CACAU COLETADAS EM DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA.....	103
CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE MANGA DE DIFERENTES ARRANJOS PRODUTIVOS DA BAHIA.....	111
CARROS MOVIDOS A CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL: A NOVA APOSTA AUTOMOTIVA	121
CONSTRUÇÃO DE UM CONTROLADOR ANTECIPATIVO E POR REALIMENTAÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE SUJEITAS ÀS FORÇAS HIDRODINÂMICAS.....	132
DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE LÍQUORS DE CACAU DA REGIÃO SUL CACAUEIRA DA BAHIA	142
DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA.....	152
ESTIMAÇÃO DE TORQUE DE MOTOR DE INDUÇÃO POR MEIO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	159

SUMÁRIO - ENGENHARIAS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIDORES DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM UM DINAMÔMETRO AUTOMOTIVO	170
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE PARTIDA A FRIO CONVENCIONAL E ELETRÔNICO PARA VEÍCULOS FLEX	180
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCS COM FARINHA DE MADEIRA	190
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCÓMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA.....	199
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER EM TAILOR WELDED BLANKS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	208
ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O PROCESSO DE MOBILIDADE URBANA NO BAIRRO ENGENHO VELHO DA FEDERAÇÃO EM SALVADOR - BAHIA.	218
INTEROPERABILIDADE DO BIM NO PROJETO ESTRUTURAL	227
MONTAGEM DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE BANCADA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA UFRB	237
PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIS DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS.....	245
PROPOSTA DE UM ESTUDO COMPARTIVO DE IMPRESSORAS 3D <i>DO IT YOURSELF OPEN SOURCE</i>	256
QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO E FATORES ERGONÔMICOS: ESTUDO DE CASO NA COORDENADORIA DE HABITAÇÃO DA SINDEC EM SALVADOR (BA)	266
SEARCHING RESISTANCE MARKERS IN <i>SACCHAROMYCES SP.</i> UNDER ETHANOL STRESS BY PROTEIN PROFILING AND ULTRASTRUCTURE ANALYSIS.....	276
UMA PROPOSTA DE MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DO CABO GUIA NA DETERMINAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE FOGUETES DE GARRAFA PET PRESSURIZADA	293
VISÃO GERAL DE NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA CONDUÇÃO AUTÔNOMA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	302

ANALISE DE CUSTO BENEFÍCIO PARA CARREGADEIRAS COM TRANSMISSÕES QUE PERMITEM REVERSÕES.

Ralfe de Oliveira Borges¹, Júlio Chaves Câmara², Emanuel Benício de Almeida Cajueiro³

¹SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia

E-mails: ralfeborges@gmail.com, jcamara@fieb.org.br, emanuel.cajueiro@fieb.org.br

ABSTRACT

This paper studies the economic impacts caused by the use of transmission systems designed for large machines. To this end, the data collected fuel consumption and maintenance of a weight loader 20 tons and 9 tons load capability that had integrated control system and how loaders the same as that lacked this system. The results show the importance of the system in order to avoid premature damage to the vehicle transmission, increase energy efficiency, and increase the driver's agility in practice the task, all associated with a better performance of the equipment generating a fuel consumption smaller. For this to happen there is an automation system connected through the CAN network, which makes the interaction between the three basic concepts for all this to happen, and that will be applied and detailed in this article. The first is the concept of using the braking power converter lockup that makes the mechanical coupling between the pump torque converter turbine and the free wheel stator ceasing to be a system that generates power through the oil pressure and going to be a mechanical coupling, then the braking concepts for software functions and rbb (by reverse break), which through pre-programmed software logic, there are always driven movement in the fore and aft causing the levers the brakes automatically function until you reach the safe speed and do not damage the component.

Keywords: rbb; brake control; power converter;

RESUMO

O presente trabalho estuda os impactos econômicos ocasionados com o uso de sistemas na transmissão, desenvolvido para máquinas de grande porte. Para isso, coletou-se os dados de consumo de combustível e manutenção, de uma Carregadeira de peso 20 toneladas e capacidade de carga de 9 toneladas que possuíam o sistema de controle integrado e das carregadeiras como a mesma que não possuíam este sistema. Os resultados mostram a importância do sistema, a fim de evitar danos prematuros a transmissão do veículo, aumentar a eficiência energética, além de aumentar a agilidade do condutor na prática da tarefa, tudo isso associado a um melhor desempenho do equipamento gerando um consumo de combustível menor. Para que isso ocorra existe um sistema de automação conectado por meio da rede CAN, que faz a interação entre os três conceitos básicos para que tudo isso ocorra, e que serão aplicados e detalhados neste artigo. O primeiro deles é o conceito de frenagem utilizando o conversor de torque com *lockup* que faz o acoplamento mecânico entre a bomba do conversor de torque, turbina, e o estator de roda-livre deixando de ser um sistema que gera

força através da pressão do óleo e passando a ser um acoplamento mecânico, em seguida os conceitos de frenagem por funções de *software e rbb(reverse by break)*, que através de lógicas de software pré programadas, são acionadas sempre que há movimento nas alavancas de frente e ré fazendo que os freios funcionem automaticamente até chegar na velocidade de segurança e não danificar o componente.

Palavras-chaves: *rbb*; controle de frenagem, controle de torque,

1. INTRODUÇÃO

Com todos estes sistemas integrados serem demonstrados os benefícios desta transmissão com possibilidade de reversão, e como o seu principal objetivo o baixo consumo de combustível, mas além dele existe o menor desgaste do componente, maior conforto na operação e maior produtividade na operação. O comparativo entre os dois tipos de transmissão serão mostrados através gráficos, com informações coletadas das máquinas em operação.

É muito comum entre as carregadeiras de grande porte com seu sistema de transmissão comum, ou seja, sem reversão automática, também chamada de *powershift* ter diversos problemas que impactam no aumento do custo de sua operação, com isso faz seu equipamento gerar um alto custo benefício.

Problemas com ergonomia, devido aos trancos dados na transmissão, geram grande desconforto para o operador, fazendo com que o mesmo se canse mais rápido e acabe diminuindo seu ritmo de operação, gerando prejuízos para a produção. Outro fator de desvantagem nos equipamentos sem o sistema de reversão automática é devido a utilização de conversor de torque pois o funcionamento dele começa desde partida do equipamento e mesmo ele parado existe consumo de energia, gerando uma perda de 20% no consumo de combustível final. Outro fator de preocupação é o desgaste ou quebra prematura da transmissão, devido a operação inadequada da máquina. Isto porque equipamentos com este tipo de transmissão não permitem que sejam feitas reversões com velocidade acima de 18km/h, e quando feitas seus componentes sofrem desgastes podendo até chegar a perda total causando um prejuízo que equivale a 30% do valor total do equipamento.

1.1 Sistema de Controle para Reversões

Este sistema tem como principal função evitar danos prematuros no componente através de reversões sem trancos na transmissão, gerando um conforto maior ao operador fazendo com que o operador produza mais sem impacto ergonômico, assim como, melhorar o desempenho do equipamento devido a um sistema mais ajustado e controlados por sistemas embarcados que comandam e gerenciam seus componentes, através de rede *CAN* tornando suas aplicações com os menores números de erros possíveis o que trazem como um dos maiores benefícios o menor consumo de combustível, isso ocorre devido a interação entre 3 componentes, que são, *rbb(reverse by brake)*, o conversor de torque com *lockup* e as funções de *software*.

(Powertrain, V. C., 2011), (Liu, S., 2002), (Talbot, S. C. e Ren, S. 2009), (André L. M. Santana, Rafael de Santiago 2014), (Edson Luciano Duque, 2010).

1.2. RBB (*Reverse by Break*)

O *rbb* usa o freio da roda (eixos) para frear a máquina durante a mudança de direção. No momento em que a reversão é solicitada o equipamento começa frear automaticamente, o modulo do *rbb* manda um sinal para os sensores de freios das rodas (eixos) onde monitoram a velocidade do equipamento, no momento em que a máquina chegar a uma velocidade de segurança onde o componente não possa ser danificado, é enviado um sinal para o modulo *rbb* informando que já pode ser feita a reversão, logo em seguida ocorre a mudança de sentido, o mesmo garante que seja feita uma reversão suave e sem trancos ao componente. O *rbb* é ativado quando a mudança de direção (frente/ré e ré/frente) é solicitada e a velocidade da máquina fica acima de 4,5 km/h (2,53 m/h). Durante a frenagem, a transmissão é desengatada ao mesmo tempo em que o pacote de embreagem é preenchido para a marcha solicitada, todos os pacotes são acionados através de *pwm* a qual irá fazer simultaneamente o preenchimento do pacote que irá ser utilizado na ocasião e a drenagem do pacote que deixará de ser usado. Tudo isso gradativamente através de RAMPA. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

Se a temperatura do óleo do eixo se tornar muito alta, a máquina é freada com a transmissão e não com o *rbb*, quando a reversão for solicitada o alerta para a alta temperatura do óleo do eixo será ativado, como informação de que a frenagem está sendo feita pela transmissão e não pelo *rbb*. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

A unidade de controle do veículo deve desativar o *rbb*, antes que a velocidade de saída da transmissão atinja zero, pois o *rbb* só é ativado a partir de 4.5 Km/h, além do que, a máquina não precisa frear totalmente para fazer a reversão. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

1.3 Conversor de Torque com *Lockup*

O conversor de torque tem a capacidade de multiplicar o torque, e geralmente está associado a uma ou duas embreagens de fricção nas caixas de câmbio automáticas. Assim, se consegue uma perfeita progressividade, e uma relação de multiplicação progressivamente variável dentro das faixas de velocidades da caixa de câmbio. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Felipe Maciel Dias, 2010).

A Figura 1. Mostra o funcionamento do Conversor de Torque.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

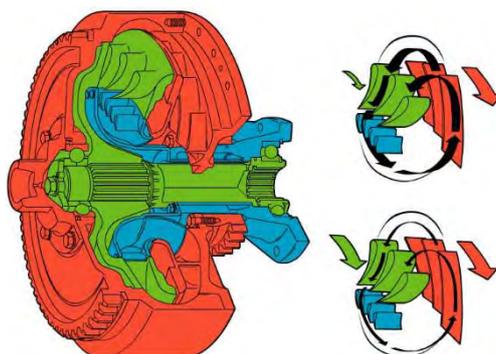


Figura 1. Funcionamento do Conversor de Torque (Powertrain, V. C., 2011).

As palhetas vermelhas designam o propulsor que é dirigido pelo motor, ou seja, as setas vermelhas mostradas mostram o sentido de rotação. Já as palhetas verdes designam a turbina que conecta a transmissão. Finalmente as palhetas azuis designam o estator (parte fixa do eixo de acoplamento entre a transmissão e o motor), enquanto as setas pretas indicam o fluxo por onde passa o óleo. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O propulsor e turbina pode girar livremente e individualmente, se nós imaginarmos que o conversor de torque é completamente preenchido com óleo e o propulsor (motor) está rodando, o óleo irá fluir como indicado nas setas mais estreitas. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Como a turbina é algo estacionário (imóvel), praticamente toda a energia cinética que o óleo recebe, vem do propulsor. Quando o óleo retorna para o propulsor, o mesmo recebe aproximadamente 3 vezes mais energia cinética (quantidade de trabalho que teve que ser realizado sobre um objeto para modificar a sua velocidade (seja a partir do repouso - velocidade zero - seja a partir de uma velocidade inicial). Na velocidade máxima do óleo o torque da turbina consequentemente será também 3 vezes maior que o torque suprido pelo propulsor. Quando a velocidade da turbina finalmente equipara-se a velocidade do propulsor o aumento de torque é praticamente zero (setas menores). (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Se imaginarmos que o conversor de torque está cheio de óleo e o rotor da bomba gira, o óleo fluirá como indicado pelas setas. Se a turbina estiver estacionária, quase toda a energia cinética que o óleo receber do rotor da bomba será retida. Quando o óleo retorna ao rotor da bomba, recebe um aumento aproximado de 3 vezes na energia cinética. Na velocidade máxima do óleo, o torque da turbina será três vezes maior do que o torque fornecido pelo rotor/motor da bomba. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Quando a rotação da turbina é igual à do rotor da bomba, o aumento do torque é quase nulo. Quando a velocidade do rotor da bomba é elevada e a turbina está estacionária ou gira lentamente, a corrente de Foucault é a mais elevada, tal como o aumento do torque. Quando a

rotação do rotor e da turbina da bomba é quase idêntica, as correntes de *foucault* são as mais fracas e assim, o aumento do torque é mínimo. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Para impedir perdas no conversor de torque quando este não for necessário, por exemplo, durante a operação de transporte a velocidade constante ou quando a máquina se mover facilmente, você poderá conectar o rotor da bomba e o rotor da turbina usando a embreagem direta, a função de bloqueio. O bloqueio do rotor da bomba com o rotor da turbina significa que a perda de energia é eliminada e o consumo de combustível diminuído. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

A Figura 2 mostra os componentes do conversor de torque em que:

- Entrada de potência - Rotor da bomba;
- Espaço entre o rotor da bomba e o rotor da turbina;
- Eixo da turbina;
- Canal para a pressão do óleo da função de bloqueio e da lubrificação;
- Estatos com roda livre;
- Rotor da bomba;
- Rotor da turbina;
- Lockup*.

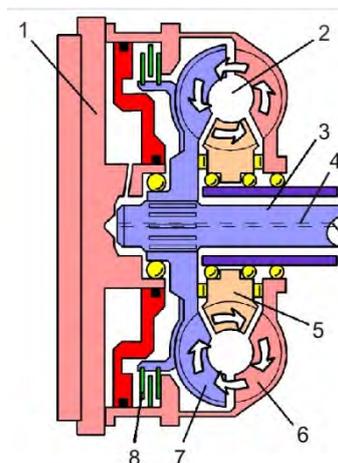


Figura 2. Partes do conversor de torque. (Powertrain, V. C., 2011).

Em transmissões com o uso de conversor de torque normalmente existe, algum escapamento de óleo entre as pás do impulsor e da turbina, o que representa desperdício de energia, portanto maior consumo de combustível, porém com o conceito de reversões existe um componente chamado de *lockup* o qual faz com que esta perda seja minimizada. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O *lockup* recebe as informações dos sensores de velocidade do motor e de velocidade da turbina quando os mesmos estão com a velocidade próxima a igual, a controladora do veículo manda a informação para a válvula proporcional direcional que tem como função a de lubrificar quando a mesma não está ativada e ativar o *lockup*, fazendo com que o fluxo enviado pela bomba da transmissão seja direcionado para ele que fica acoplado junto com o conversor de torque, com isso os discos de fricção do sistema são ativados fazendo com que trave a bomba do conversor de torque, turbina (embreagem direta), e o estator de roda-livre, deixando de ser um sistema que gera força através da pressão do óleo e passando a ser um acoplamento mecânico. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O conversor do torque é provido de uma válvula de segurança. Quando a válvula de segurança se abre, o óleo excedente é levado de volta para o tanque (cárter da transmissão). Quando o *lockup* é acoplado a velocidade do motor diesel vai se igualar com a velocidade da turbina, ou seja, através do sensor de velocidade do eixo virabrequim e do sensor de velocidade da turbina, pode-se monitorar um eventual patinamento, a controladora do veículo recebe os sinais da controladora do motor a qual envia o sinal do sensor de velocidade do motor, e compara com o sinal enviado pelo sensor de velocidade da turbina, caso os mesmos sejam diferentes ela interpreta como uma falha mecânica e mostra no Painel de instrumentos através da controladora do painel. Pode-se notar que devido ao acoplamento mecânico, a velocidade da turbina e do propulsor não tem qualquer escorregamento, caracterizando uma ótima eficiência e conseqüentemente uma diminuição no consumo de combustível. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

1.4 Software

Todo *hardware* necessita de um *software*, com as controladoras não seria diferente, por isso foi desenvolvido um software para cada controladora. Tanto a controladora do Veículo quanto a do painel de instrumentos tem o seu *software* específico, para leitura de condições de variáveis, condições estas que levam as informações e códigos de erros programados para no caso de divergência serem tomadas medidas de conserto automaticamente, e ou, medidas para não danificar o componente. (Powertrain, V. C., 2011)

A transmissão está protegida pela monitorização de todas as funções, através do controle de pressão de acionamento dos pacotes, utilizando *pwm*, ele define a pressão necessária para cada pacote levando em consideração o desgaste de cada um. Os sensores de velocidade de entrada do motor, saída da transmissão, turbina, informam os momentos exatos onde ocorrem as mudanças de marcha, para que não ocorram tombos no equipamento quando feitas as reversões, direção, movimento e também para que não perca potência. (Powertrain, V. C., 2011)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A controladora é o instrumento principal em todo esse processo, recebendo e emitindo sinal a todo o tempo através da rede *CAN*. O mais interessante é que esses dados podem ser alterados conforme a operação que será feita. Todo e qualquer problema que ocorra na transmissão gerará um código que facilitará a sua correção. (Powertrain, V. C., 2011)

Nas controladoras são feitas constantemente leituras dos sensores da função da transmissão, entretanto, através da rede *CAN* é feita a comunicação. O *software* tem a função de tentar corrigir o erro apresentado na leitura feita pelos sensores, quando as mesmas estão fora dos especificados e programados de fábrica, modificações no funcionamento do equipamento são realizados para que não ocorram problemas futuros, também mostrando códigos de erros através da controladora do painel de instrumentos a qual tem a função de interpretar o sinal mandado pela controladora do veículo e mostrar no painel do operador. (Powertrain, V. C., 2011)

Para algumas funções existem condições de *software* específicas e importantes, assim funciona o *rbb* e o *lockup*. As mesmas têm sinais de entrada, condição e sinais de saída, conforme figura 3 abaixo.

Figura 3: Mostra o fluxograma dos comandos do equipamento até o componente da transmissão.

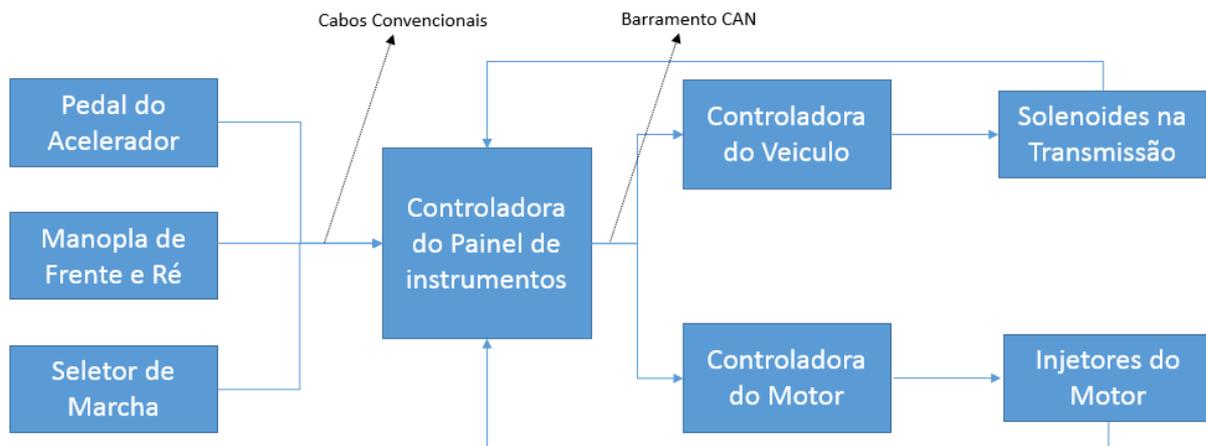


Figura 3. Fluxograma. (Do Autor)

2. METODOLOGIA

O equipamento utilizado no teste foi uma Carregadeira Volvo modelo L180G com peso de 20 toneladas e capacidade de carga de 9 toneladas a mesma utiliza o sistema de transmissão *powershift* com conceito de reversão, a qual utiliza o conversor de torque com *lockup*, funções de *software* e *rbb*, para funcionamento e comunicação entre as controladoras e os componentes mencionados utiliza-se a rede *CAN*. A máquina a ser comparada com ela é uma Volvo modelo L180F uma versão anterior, mais de mesmo porte, porem utiliza o sistema de transmissão *powershift* sem conceito de reversão, sua comunicação também é feita através de rede *CAN*, mas não contém os componentes que permitem fazer reversão.

As máquinas trabalharam nas mesmas condições, a mesma quantidade de horas, com o mesmo operador, utilizando o mesmo combustível. Nos gráficos serão verificados que foram feitas as mesmas quantidades de reversões, nas mesmas velocidades, para que não haja dúvidas sobre as melhorias da transmissão utilizando o novo conceito com reversão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aquisição dos dados de consumo de combustível e reversão, feitos por meio do microcontrolador, uma ferramenta bem simples, onde analisam as informações coletadas das controladoras do motor, transmissão e painel de instrumentos, informações estas que são coletadas através de sensores instalados nos componentes, após isso as mesmas são mostradas através de gráficos da operação em condições corretas e incorretas, o mesmo sinaliza na cor verde quando a operação está sendo feita de forma correta e na cor vermelha quando incorreta.

Conforme quadros abaixo, o quadro I tem as informações para cada condição de uso, no quadro II as informações para a transmissão com conceito de reversão e no quadro III para a transmissão sem o conceito de reversão.

O quadro I mostra o comparativo de informações de consumo de combustível para as situações onde o equipamento encontra-se com e sem marcha engatada, horas trabalhadas, média de consumo de combustível por hora, com a máquina sem operar, ou seja, sem marcha engatada, e em operação.

Consumo total é todo o combustível utilizado durante o funcionamento da máquina, consumo em marcha engatada é o consumo de combustível da máquina em operação.

Análise de Custo Benefício para Consumo de Combustível		
Quadro I	Quadro II	Quadro III
Condições de Uso	Carregadeira com conceito de Reversão	Carregadeira sem conceito de Reversão
<i>Horas Trabalhadas</i>	176,3	176,3
<i>Consumo de Combustível sem marcha engatada</i>	1,79m ³	2,1 m ³
<i>Consumo de Combustível com marcha engatada</i>	1,45m ³	1,7 m ³
<i>Consumo por Hora</i>	9,95 litros/h	11,7 litros/h
<i>Média de Consumo de Combustível Total sem marcha engatada</i>	9,94 litros/h	11,7 litros/h
<i>Média de Consumo de Combustível Total com marcha engatada</i>	14,8 litros/h	17,7 litros/h

Quadro 1: Mostra os dados estatísticos das Transmissões

Abaixo são mostrados os gráficos de funcionamento da transmissão utilizando os dois conceitos com e sem reversões, conforme legenda cor vermelha significa operação incorreta e podem trazer danos ao componente, uma única reversão feita de forma errada ou acima da velocidade permitida pode danificar completamente o componente, e cor verde significa operação correta, onde o componente não sofrerá nenhuma sobrecarga e a operação está de forma correta.

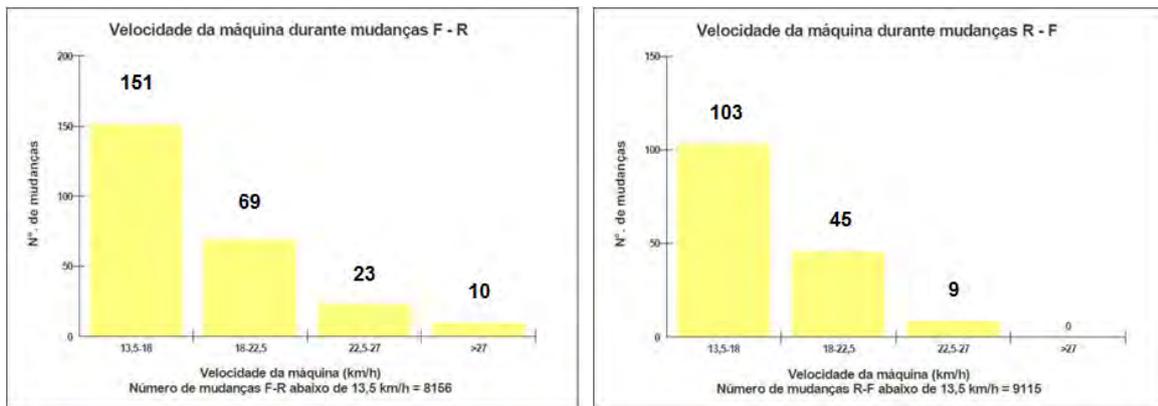


Figura 4. Gráfico estatístico de reversões com conceito de reversão. (Do Autor)

Para o equipamento com a transmissão com conceito de reversão foram feitas 151 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 69 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 23 reversões entre 22,5 e 27 km/h, e 10 reversões acima da velocidade de 27 km/h. Reversão tipo Frente /Ré. Nas reversões Ré/ Frente foram feitas 103 nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 45 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 9 reversões entre 22,5 e 27 km/h.. Nota-se que com a utilização do OptiShift as reversões podem ser feitas a qualquer velocidade sem o risco de danos prematuros na transmissão, com isso o sistema de diagnóstico de falhas não identifica nenhum erro, conforme mostrado no gráfico acima. A atuação do sistema *RBB reverse by break* junto com as funções de *softwares* é fundamental para o sistema, com isso nenhum erro é mostrado no gráfico, pois toda vez que o operador manuseia a alavanca de frente e ré ou ré e frente é mandado um sinal para o sistema de freio para que o mesmo comece a freiar automaticamente até chegar a uma velocidade confiável que não danifique o componente.

Conforme figura 5 abaixo, mostra o gráfico de reversões corretas e incorretas para o equipamento cuja a transmissão é sem conceito de reversão.

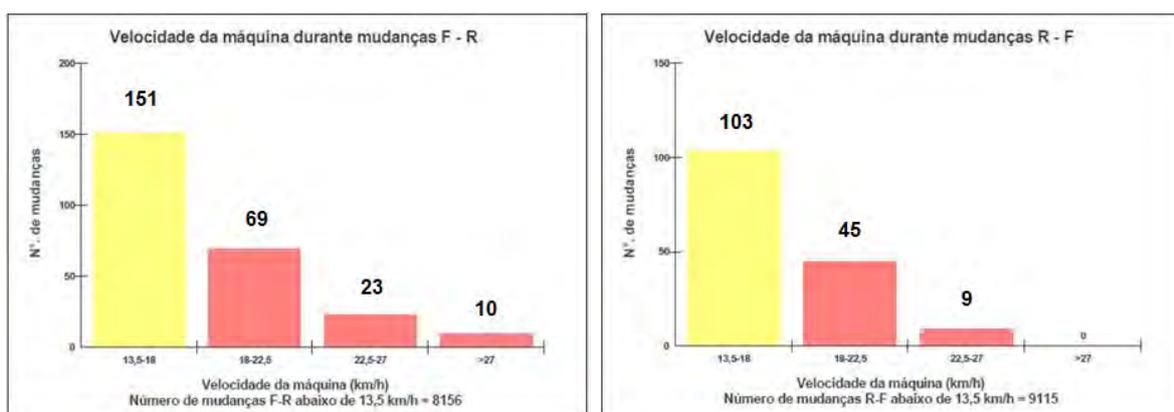


Figura 5. Gráfico estatístico de reversões sem conceito de reversão. (Do Autor)

Para o equipamento com a transmissão sem o conceito de reversão, foram feitas 151 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 69 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 23 reversões entre 22,5 e 27 km/h, e 10 reversões acima da velocidade de 27 km/h, reversões tipo Frente/ Ré.

Nas reversões Ré/ Frente foram feitas 103 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 45 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 9 reversões entre 22,5 e 27 km/h.

Nota-se no gráfico que a cor vermelha está presente nas reversões a partir de 18 km/h e como informado antes, onde a característica do software de análise é mostrar a cor vermelha sempre que a operação for de forma incorreta, pois a não atuação do sistema para reversão trazem danos ao equipamento. O não uso do sistema de reversão faz com que a troca de marcha seja feita na velocidade de operação aliando ao peso do equipamento que pesa 20 toneladas sem carga, isso faz com que a transmissão receba um tranco muito forte, que faz o componente sofrer desgastes prematuros e até mesmo a quebra irreparável do mesmo.

O equipamento sem o conceito de reversão teve sua transmissão avariada prematuramente e parou após 176,3 horas de operação, finalizando os testes.

Após testes realizados em condições iguais nas máquinas com e sem conceito de reversão, foram evidentes através dos gráficos mostrados que utilizando a tecnologia que permite reversão é bem melhor em todos os fatores abordados, desde consumo de combustível, pois mostrou que é mais econômica em torno de 15 %, não havendo problemas conforme gráficos, o que além de aumento da produtividade sem causar danos ao componente, há maior conforto na operação pois não existe trancos. Com isso prova que a tecnologia embarcada surtiu efeitos desejados e vantajosos.

4. CONCLUSÃO

A utilização deste novo sistema de transmissão a *powershift* com conceito de reversão, deixa claro as vantagens em relação a transmissão sem o conceito. A primeira vantagem é que este sistema permite que o equipamento possa fazer reversões a qualquer velocidade, sem possibilidade de ocorrer danos prematuros no componente. Outra vantagem é a utilização do *lockup* no conversor de torque que devido ao seu acoplamento mecânico faz com que não tenha escorregamento na turbina e nem no propulsor, o qual é um grande problema nas transmissões sem o sistema que permite fazer reversão, além disso o sistema *lockup* da mais eficiência, diminuindo o consumo de combustível.

A integração do sistema permite que todos os componentes da transmissão sejam totalmente diagnosticados em todos os momentos. Através dos sensores são gerados sinais de entrada, os quais, são comparados com os programados na função de *software*, e gerados sinais de saída, para que sejam feitos reparos para melhor funcionamento da transmissão, e caso não sejam possíveis reparos automáticos, são gerados códigos de falhas no painel de instrumentos do operador, também são tomadas medidas imediatas para não danificar o componente, fazendo com que o equipamento trabalhe em modo reduzido, evitando danos mais graves.

Em testes realizados foram utilizadas as máquinas de mesmo porte porém uma com o sistema que permite reversão e outra sem o sistema. Através de gráficos gerados com a tecnologia de microcontrolador, fica evidente que a transmissão com sistema de reversão tem melhor desempenho, consumo e conforto, provando que a automação embarcada junto com sensores,

válvulas e controladores, todas integradas a rede CAN, trazem o dinamismo e qualidade que são exigidos nas empresas a qual utilizam estes equipamentos.

REFERÊNCIAS

¹André L. M. Santana, ¹Rafael de Santiago (2014). “Sistemas Distribuídos para Redes Automotivas”, <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/5374/2827>

²Talbot, S. C. e Ren, S. (2009) “*Comparison of FieldBus Systems, CAN, TTCAN, FlexRay and LIN in Passenger Vehicles*”. In: IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, v.29, n. [S.I], p.26-31

³Fernanda Leite, ³José Carlos Teles, ³Douglas Ferreira, ³Israel A. M. Lima e ³Carla T. M. Anflor. (2012). “Estudo do Funcionamento de uma Caixa de Transmissão e seus Componentes”.

<http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/creem/2012/ESTUDO%20DO%20FUNCIONAMENTO%20DE%20UMA%20CAIXA%20DE%20TRANSMISS%C3%83O%20E%20SEUS%20COMPONENTES.pdf>

⁴Liu, S. “Effects of control structure on performance for an automotive powertrain with a continuously variable transmission”. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractReferences.jsp?arnumber=1028123&queryText=transmission+automotive&newsearch=true&searchField=Search_All

⁵Bosch, Robert; Manual da Tecnologia Automotiva, 25ª. ed., Edgar Blucher: São Paulo. 2005.

⁶Fraden, J. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*, 3a. ed., Springer, 2004.

⁷Powertrain, V. C. Treinamento Conversor de Torque, Volvo CE, 2011.

⁸Rache, M. Mecânica Diesel. São Paulo, 2004.

⁹Ricardo Milego de Castro, 2005. “Critério de projeto para engrenagens helicoidais aplicadas em transmissões mecânicas veiculares”

http://www.automotiva-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2013/02/castro_ricardo.pdf

¹⁰Felipe Maciel Dias, 2010 “ Projeto e Construção de uma nova bancada de ensaio CVT” <http://fga.unb.br/articles/0000/5974/PG2.pdf>

¹¹Edson Luciano Duque, 2010 “Desenvolvimento de um modelo de simulação do acoplamento da embreagem durante a partida do veículo”

<http://portal.fei.edu.br/Download%20de%20Pesquisas/Disserta%C3%A7%C3%A3oVF%20Edson%20Duque.pdf>

ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Tiana Barretto Lim¹, Lilian Lefol Nani Guarieiro²

¹SENAI-CIMATEC/MSX International, Ford, E-mail: tianalim@yahoo.com.br

¹SENAI-CIMATEC/INCT de Energia e Ambiente, UFBA, E-mail: lilian.guarieiro@fieb.org.br

RESUMO

Com o crescente aumento da poluição do meio ambiente decorrente da queima do petróleo pelos veículos com motores de combustão interna e a escassez dos combustíveis fósseis, tornou-se necessário o desenvolvimento de métodos alternativos para redução dos níveis de emissões veiculares. Neste contexto, surgem os veículos elétricos (VEs) como possíveis soluções para esses problemas. Estudos apontam a necessidade de busca por energias limpas. No presente trabalho foi realizada uma revisão da literatura com objetivo de identificar e discutir as tecnologias empregadas em carros elétricos. Assim são apresentados alguns dos possíveis motivos pelos quais os veículos elétricos ainda são raros em alguns mercados e as diferentes soluções adotadas para tornar esses veículos mais acessíveis. Uma análise crítica também é apresentada sobre o cenário atual do mercado de carros elétricos no mundo, as tecnologias utilizadas, e as ameaças e as oportunidades para este mercado.

Palavras-Chaves: *Veículos elétricos; sistema elétrico do carro; meio ambiente*

ABSTRACT

With the increasing environmental pollution resulting from the burning oil by vehicles with internal combustion engines and the scarcity of fossil fuels, it has become necessary to develop alternative methods to reduce the levels of vehicle emissions. In this context, emerge electric vehicles (EVs) as a possible solution to these problems. Studies indicate the need to search for clean energy. In the present work, a literature review was performed in order to identify and discuss the technologies used in electric cars. Therefore, are presented some of the possible reasons for which electric vehicles are still rare in some markets and the different solutions adopted to make these vehicles more affordable. A critical analysis is also presented of the current scenario of the electric car market in the world, the technologies used, and the threats and opportunities for this market.

Keywords: *Electric vehicles; car electric system; environment*

INTRODUÇÃO

O veículo automotivo é o principal meio de transporte utilizado por milhões de pessoas em todo o mundo, ao longo de muitos anos o mercado passou por diversas transformações em tecnologias e desenvolvimento[1]. A indústria automobilística e os mercados relacionados

como o setor petrolífero, por exemplo, são responsáveis por uma elevadíssima movimentação financeira em todo o mundo, nem por isso estão livres da necessidade por mudanças. De fato, muitas coisas da vida moderna seriam mais difíceis sem os automóveis, porém nem por isso devem deixar de ter uma política sustentável.

Apesar de muitos acreditarem ser uma nova invenção, desde o século XIX já existiam os carros elétricos, antecedendo inclusive a invenção do motor de propulsão a gasolina. A novidade trazia o conceito de um sistema movido à bateria, mais econômico, com baixo ruído, zero emissão de poluentes, sem vibração, sem fumaça, além da manutenção muito mais simples. Mesmo com todas essas qualidades, algumas dificuldades encontradas dificultaram o avanço da tecnologia como a demora na recarga das baterias e a baixa autonomia. As limitações existentes não foram suficientes para o avanço e a preferência passou a ser pelos veículos convencionais[2]. Assim, o presente trabalho apresenta uma análise dos desafios para o desenvolvimento do mercado dos veículos Elétricos (VEs) através de uma revisão da literatura

2. RESSURGIMENTO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

A elevação dos preços do barril de petróleo, associado ao crescimento do uso dos veículos automotivos e o foco de conscientização ambiental pressiona a indústria automotiva a desenvolver veículos sustentáveis para atender as necessidades globais. Os VEs (*Figura 1*) voltam mais fortemente com o conceito de uma alternativa de transporte mais sustentável contribuindo significativamente na redução do consumo de combustíveis fósseis e diminuindo a emissão de gases poluentes.



Figura 1 – Veículo elétrico: Nissan Leaf [3]

A preocupação com a redução dos níveis de poluição urbanos e o controle de emissões de gases, como o CO₂, reflete em uma busca cada vez maior de soluções alternativas ao sistema de propulsão baseado no motor térmico. Como exemplo destas soluções alternativas, podemos citar duas principais delas: os sistemas com tração puramente elétrica (VEs) e as com propulsão híbrida (HEVs), os quais apresentam em comum a menor emissão de gases poluentes quando comparados com os convencionais. Ressalta-se, ainda, que os VEs não são poluentes e atendem à classificação de emissão zero.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A *Figura 2* apresenta um breve resumo sobre a classificação dos veículos elétricos, a qual varia de acordo com as fontes de energia que o movimentam. Neste contexto, a diferença entre os dois tipos de veículos existentes são: VEs, com uma a única fonte de energia (a bateria elétrica) e os HEVs, possuindo um motor de combustão interna (gasolina ou diesel) e um conjunto de baterias químicas mais acionamento ou conversor de potência e motor elétrico. O objetivo do trabalho é a análise do mercado de veículos de tração puramente elétrica (VEs).



Figura 2 – Classificação dos veículos elétrico[4]

3. DESAFIOS PARA A INSERÇÃO E DIFUSÃO DE VEs

AS BATERIAS DOS VEs

A denominação “veículo elétrico” é aplicada aos VEs que utilizam exclusivamente energia elétrica para se mover através do sistema de propulsão por meio de motores elétricos. Neles, a ignição aciona um controlador que envia a energia extraída da bateria para o motor elétrico, que converte energia elétrica em energia mecânica. É impositivo, pois, que essa bateria, diferentemente daquelas encontradas em carros convencionais - usadas para o funcionamento de aparelhos de som, condicionadores de ar e outros acessórios -, tenha capacidade de armazenamento de carga muito maior, uma vez que ela terá que gerar toda a energia necessária aos sistemas de funcionamento do carro[4].

A bateria (*Figura 3*), dispositivo responsável por armazenar energia química e convertê-la em energia elétrica, é considerada o elemento crítico dos VEs, visto ser ela a responsável pelo maior peso, volume e preço no veículo. Inicialmente as baterias mais utilizadas eram as de chumbo-ácido, logo substituídas por uma bateria à base de níquel, a exemplo do hidreto de metal-níquel (NiMH) e do níquel cádmio (Ni-Cd). Apesar da tecnologia mais avançada, ainda possuem alguns inconvenientes, como baixa densidade de energia, elevado nível de descarga, além de baixa performance em lugares frios[5].

Atualmente, a tecnologia mais promissora é das baterias de íon-lítio. Elas têm maior densidade de energia, conseguem suportar centenas de ciclos de carga/descarga, não possuem o efeito memória (que impõe o descarregamento completo antes de iniciar uma recarga que se pretenda total), são leves, baratas e não tóxicas. Estão presentes nos principais VEs dos dias de hoje (Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV, Tesla Model S e Chevrolet Volt). Pesquisas demonstram outras potenciais tecnologias, como a bateria de metal-ar, com potencial para armazenar uma maior quantidade de energia elétrica que as de íon-lítio, ela reage com o

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

oxigênio gerando energia, o que possibilita competir com o desempenho do veículo convencional de motor de combustão interna[6].

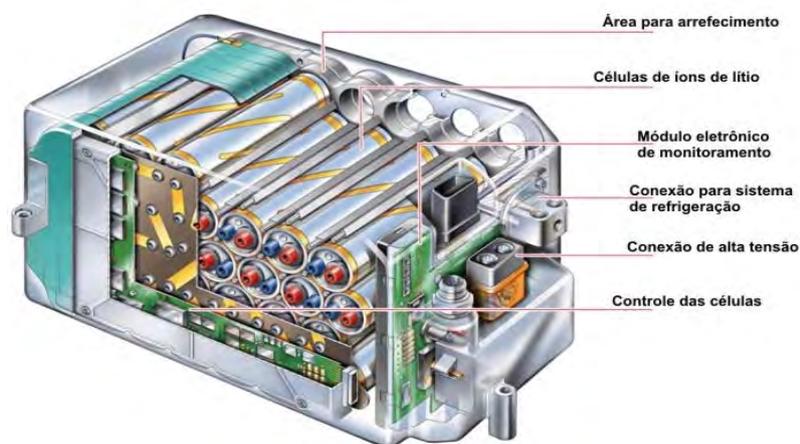


Figura 3 – Bateria de íons de lítio[7]

O principal entrave no caminho dos carros elétricos é a bateria, no que tange à tempo de recarga, custo e autonomia. Os centros de pesquisa já estão buscando desenvolver baterias com uma melhor eficiência, combinações de materiais e que proporcionem maior autonomia (em km rodados), diminuição do tamanho, menor tempo no procedimento de recarga e menor custo. Atualmente a bateria dos VEs cobrem 80%, ou mais das necessidades dos usuários que rodam menos de 100 km de distância por dia. O objetivo é conseguir atender um armazenamento que tenha capacidade e consiga rodar a distâncias maiores, suficiente para uma viagem, sendo capaz de levar o motorista até o próximo ponto de recarga [6].

A bateria é componente principal a ser considerado em uma estratégia de fabricação: é ela quem determina os custos e características dos VEs. Devido à sua importância, os fabricantes de equipamentos originais (OEMs) estão reagindo à evolução do mercado e investindo fortemente em estratégias de desenvolvimento da produção, e na inclusão dos componentes dos veículos elétricos em suas carteiras de produtos[8].

Segundo a EIA (U.S. Energy Information Administration)[9], o preço por quilowatt-hora de uma bateria de íon- lítio varia entre USD 500-650 e, assim, torna-se uma grande parte de um custo do veículo, dependendo do tamanho da pack da bateria. A Nissan LEAF, por exemplo, tem uma bateria de 24 kWh, que custa aproximadamente USD 12.000, o que representa cerca de um terço do valor do veículo. Contudo, com o aumento da demanda e os investimentos em tecnologia, os custos das baterias dos VEs vêm caindo em ritmo considerável, reduzidos à metade nos últimos quatro anos. De acordo com o Departamento de Energia dos Estados Unidos, o custo da bateria passou de USD 1.000 por quilowatt-hora (kWh) em 2008 para USD 485 / kWh no final de 2012[9].

Para agilizar o carregamento, os carregadores C efetuam o procedimento de forma rápida, em alta tensão e alta corrente. Os membros dos “Electric Vehicles Initiative” (EVI) (Canadá, China, Dinamarca, França, Alemanha, Índia, Itália, Japão, Noruega, África do Sul, Espanha,

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Suécia, Reino Unido e EUA), que é um fórum político multigovernamental dedicado a acelerar a introdução e adoção de veículos elétricos em todo o mundo, têm como metas instalar aproximadamente 2,4 milhões de carregadores lentos e 6000 carregadores rápido até 2020. O Japão representa a maior parte desse objetivo, com uma meta oficial do governo para implantar 2.000.000 carregadores lentos e 5.000 pontos de carregamento rápido até 2020. Como parte do projeto, os Estados Unidos, visavam a implantação de mais de 22.000 carregadores, incluindo 350 carregadores rápidos, até 2014. A Holanda com o plano de 20.000 carregadores lentos e 100 carregadores rápidos até 2015[9].

Estudos estão sendo desenvolvidos e a perspectiva é ter cinco ou seis novas tecnologias de bateria tais como lítio-enxofre, zinco-ar, e de lítio-ar. Os membros do EVI já fizeram substancial investimento em P&D nos últimos anos, de 2008 a 2013 somando USD 8,7 bilhões em despesas e muitos deles estão se comprometendo a mais investimentos nos próximos anos[9].

POLÍTICAS PÚBLICAS

As empresas automotivas têm demonstrado interesse cada vez mais forte em investir neste segmento, porém ainda encontram algumas barreiras, a presença de investimentos e incentivos governamentais é indispensável para a penetração e a massificação das vendas nos mercados. Ações essas que podem ser: isenção ou descontos em tributos, bônus ou subsídio na aquisição dos VEs, investimentos no desenvolvimento da infraestrutura, auxílio na pesquisa e desenvolvimento e medidas de restrições à utilização de veículos convencionais, tornando assim, mais viável a comercialização dos veículos[1].

De acordo com o EIA, os veículos comerciais leves que não utilizam gasolina têm uma forte tendência a crescimento nos próximos anos, eles passarão de 18% em 2012 para 55% em 2040. Contudo, a projeção para os veículos puramente elétricos e os plug-in ainda é pequena representando 2% do total conforme *Figura 3*[10].

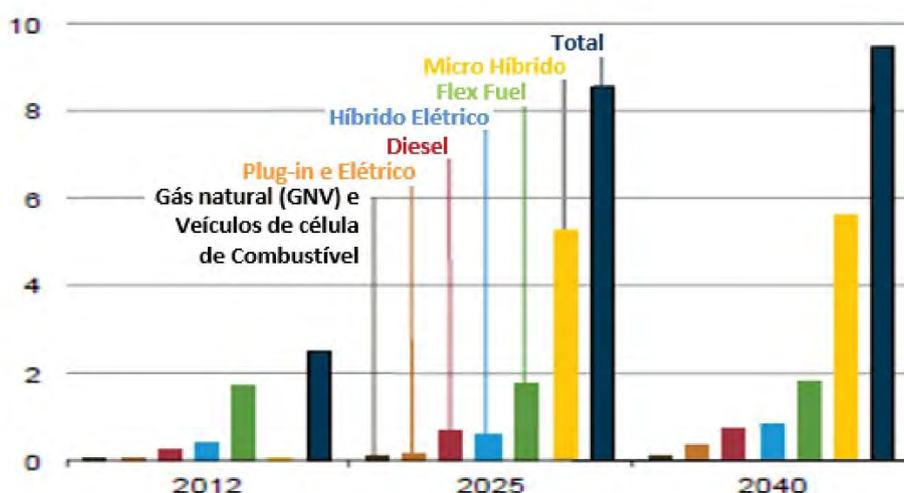


Figura 3 – Vendas de veículos comerciais leves usando tecnologias sem o uso da gasolina. Referência 2012, 2015, 2040 (por milhões de veículos vendidos)[10]

INFRAESTRUTURA

Para tornar viável o aumento do uso dos carros elétricos, são imprescindíveis investimentos, através de algumas modificações na infraestrutura para atender às necessidades desses veículos. Os membros do EVI investiram até 2013, a soma de USD 800 milhões em gastos com infraestrutura, porém ainda são necessários mais investimentos. Postos de recarga distribuídos especialmente em locais públicos, assim como soluções para abastecimento em residências, condomínios, shoppings e empresas[9].

A instalação da infraestrutura precisa de um planejamento adequado e um elevado nível de investimento. Gradativamente estão sendo substituídos as estações de recarga mais lentas, por estações de recargas rápidas, através de um maior nível potência, elas possibilitam o abastecimento em um menor tempo. Em alguns locais, como na Europa, já é possível verificar essa modificação, a maioria das estradas já tem estações de recarga, possibilitando a realização de longas viagens de um país a outro[5].

VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DOS VEs

A principal vantagem na utilização dos VEs é para o meio ambiente, ele contribui para a diminuição da concentração de gases tóxicos nos centros urbanos e conseqüentemente da poluição do ar, por não possuem escapamento, são mais silenciosos, ajudando na redução da poluição sonora, tornam o mercado menos dependente da escassez do petróleo. No que tange à manutenção, ele possui um custo menor, dotado de um simples menos complexo, porém robusto, ele tem menos partes móveis, não precisa de tanque de combustível, sistema de exaustão de ar, e tem uma transmissão mais simples[1].

5. OS VEÍCULOS ELÉTRICOS E OS DIFERENTES MERCADOS

Os Estados Unidos lideram o mercado consumidor com a tecnologia dos carros verdes com 53.000 vendas em 2012, seguido de países da Europa, Japão e algumas regiões da Ásia (particularmente China, Coreia e Índia), embora a China apresente forte apoio governamental com programas de estímulo à aquisição desses veículos. Os EUA, o Japão e a China lideram o mercado em termos absoluto, já a Noruega (3,3% das vendas de automóveis em 2012) e a Holanda dominam em termos percentuais. Em termos de vendas absolutas, a Europa é o menor mercado regional, pois possui seis dos 10 melhores países do mundo em vendas VEs: Estes países respondem pela maior parte da demanda mundial desses modelos. O aumento da comercialização da tecnologia dos carros elétricos deve-se à decisão política dos governos e políticas públicas adotadas pelos governos locais[11].

Foram disponibilizados pelo DOE mais de US\$ 30 bilhões para as empresas investirem em “energias limpas”. Uma grande parcela desses recursos foi destinada à projetos relacionados ao setor automotivo. Além disso, o governo concede benefícios à aquisição de veículos híbridos e elétricos que chegam a US\$ 7.500,00 por unidade[12]. De acordo com o Departamento de Energia (DOE) o valor do crédito mínimo é de US\$ 2.500, podendo chegar até US\$ 7.500 por unidade com base na capacidade da bateria de tração de cada veículo e da classificação de peso bruto[13].

Devido à grande pendência da importação de energia e os altos preços da mesma, governo japonês iniciou medidas de incentivo desde o início dos anos 1970. Foram adotadas estratégias que incluem estímulo à pesquisa e desenvolvimento, programas de incentivo e suporte ao mercado, guiado por planos de financiamento de longo prazo. Vários planos foram criados e modificados ao longo dos anos através políticas ambiciosas traçadas pelo Ministry of International Trade and Industry (MITI) por meio de normas e legislações. Em 1996 foi instituído que 50% do preço adicional do veículo elétrico, comparado com o seu similar a combustão seria subsidiado, redução no IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores), além de isenção e redução de outros impostos como o de aquisição (5% do valor do veículo)[14].

As vendas de VEs, no mercado europeu e asiático são aproximadamente metade do mercado norte-americano (21.500 vendas na Europa, 28.800 na Ásia e 54.600 na América do Norte). No entanto, em termos percentuais, os VEs em certos países europeus têm uma maior penetração que nos EUA. A Noruega é destaque, ela tem a maior quota do mercado (3,3% em 2012), o que representa fortemente a ampla gama de incentivos disponíveis para os compradores no país[11].

A França é o maior mercado europeu de veículos elétricos, seguido da Alemanha e Noruega. Esse fato deve-se a implementação de uma política pública que respeita o meio ambiente. A exemplo disso, em 2008 foi criado o bônus ecológico visando recompensar os compradores de carros novos que emitissem menos CO₂. Atualmente, este valor chega a 6300€ podendo ser utilizado por empresa, governo ou particular. O troféu das melhores cidades movidas a eletricidade compõe o plano do governo para incentivo ao uso dos veículos, criando uma distinção atribuída todo ano aos governos locais que se mostrem especialmente voluntariosos no impulso a dinâmicas de mobilidade sustentável – principalmente, elétrica – em seus territórios[15].

Na Alemanha o foco são os investimentos significativos nas áreas de pesquisas P&D e em projetos regionais, já na Califórnia há incentivos diretos nas OEMs. No Reino Unido, o orçamento para P&D são muito menores que na Alemanha. Em países como a Holanda foram criadas ideias bastante inovadoras na abordagem para a sensibilização. Em Rotterdam, o Centro de VEs (Elektrisch Vervoer Centrum) membros fornecem informações e oportunidades ao público para testar VEs e assim criar uma maior aproximação com o veículo[11].

O desenvolvimento dos VEs na China é de extrema importância para ajudar a combater a poluição do ar e o governo tem investido pesado para redução das emissões. Foram lançadas algumas medidas como redução em 10% de um imposto sobre as compras dos VEs (de 1º de setembro de 2014 até o fim de 2017), exigência de pelo menos 30% de veículos elétricos do total comprados pelo governo até 2016, adição de espaços reservados em estacionamento para VEs, porém a quantidade de veículos utilizando a tecnologia verde ainda está aquém da meta do governo[16].

Através da pesquisa realizada pôde-se identificar projeções de crescimento de vendas otimistas sobre o assunto para alguns países nos próximos anos. Os países que compõe o EVI se comprometem a buscar alcançar os objetivos conforme, *Figura 4* até 2020[9]. Para cumprir

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

estas metas de implantação estabelecida por alguns países, algumas medidas deverão ser adotadas.

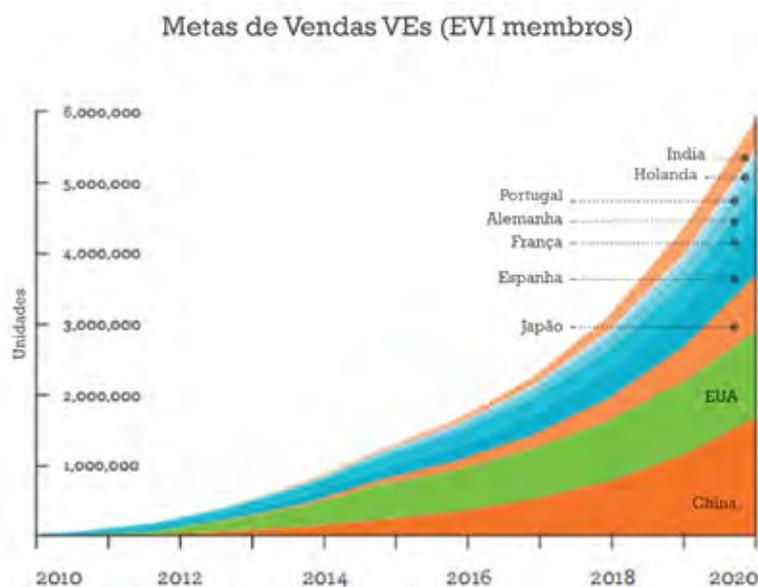


Figura 4 – Metas de vendas VEs (Membros do EVI)[9]

6. OS VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL

O mercado de veículos elétricos no Brasil está iniciando lentamente no país, ainda não existe um estímulo muito forte e poucos veículos ainda são vistos nas ruas utilizando a nova tecnologia. A carga tributária e a falta de infraestrutura são os principais desafios para torná-los mais populares. Para que o setor automotivo se adeque à nova realidade é fundamental um plano de políticas públicas direcionadas[17]. O Brasil é um exemplo onde ainda não existe um estímulo muito forte.

De acordo com dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), foram licenciadas 1,8 mil unidades no Brasil entre 2012 a 2015 de veículos 100% elétricos e híbridos. Conforme projeções da CPFL Energia, o total ainda é relativamente abaixo do esperado, entre 5 milhões e 13,3 milhões de unidades no Brasil em 2030[18].

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço do mercado de VEs ainda está incipiente, porém um pouco mais frequente em países com o maior nível de desenvolvimento. Apesar de silenciosos, não poluentes e mais econômicos, no que diz respeito a consumo, os VEs ainda são caros, têm uma autonomia reduzida e demoram para recarregar. A sua expansão depende fundamentalmente de mais investimentos no desenvolvimento tecnológico, em especial nas baterias, de modo a torná-las com maior densidade de energia, mais compactas e mais baratas, implementação de planos de benefícios e programas de incentivos, concedidos pelo governo, tornando assim, mais acessíveis para o mercado consumidor e a criação de uma infraestrutura adequada para atender as demandas dos VEs.

Foram realizadas análises entre os diferentes mercados de VEs que mais se destacam: EUA, Japão, França, Alemanha, Reino Unido, China, Noruega e Holanda apresentando as diferentes medidas e incentivos adotados para o uso dos carros elétricos. Pode-se perceber de forma mais presente nestes mercados, a existência de políticas públicas que favorecem o desenvolvimento desta indústria e a sua comercialização. Como exemplo, benefícios financeiros e fiscais, incentivos em P&D para o avanço da tecnologia de bateria e componentes, desenvolvimento da infraestrutura, entre outros.

Assim, apesar do conhecimento sobre a necessidade do uso dos carros elétricos para um futuro ambiental, menos poluente e mais sustentável, o consumo ainda é pequeno. O mercado é promissor, porém a situação atual ainda tem alguns pontos como custo, autonomia, tempo de recarga e investimentos em P&D e planos do governo a serem melhorados para este crescimento.

8. REFERÊNCIAS

¹Bravo, D. M.; Meirelles, P. S.; Giallonardo, W. Análise dos Desafios para a Difusão dos Veículos Elétricos e Híbridos no Brasil: SIMEA **2014**, 2, 1.

²Peres, L.A.P., Gruve Page. Disponível em: <<http://www.gruve.eng.uerj.br/historia.htm>>. Acesso em: 5 junho 2015.

³Lenz, A. L., Automóveis Elétricos Page. Disponível em: <<http://automoveiseletricos.blogspot.com.br/2012/07/sistema-de-transmissao-de-um-ev-nissan.html>>. Acesso em: 17 julho 2015.

⁴Pinto, A. B. A.; Garcia, R. S.; Jacobs, P. B.; et al.; Motor Elétrico – Guia Básico: Procel **2009**, 6, 16.

⁵Yong, Y.J.; Ramachandaramurthy, V. K.; Tan. K. M; Mithulananthan, N. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects: Renewable and Sustainable Energy Reviews **2015**, 49, 368.

⁶Revista Electric & Hybrid Vehicle Technology International **2013**, 1, 30.

⁷Dias, T.; Gasolina e eletricidade: S 400 Hybrid é primeiro híbrido no Brasil: Revista Mecânica Online **2010**, 127, 1.

⁸Huth, C.; Kieckhäfer, K.; Spengler, T. S., N. Make-or-buy strategies for electric vehicle batteries—a simulation-based analysis: Technological Forecasting & Social Change **2015**, 99, 1.

⁹Trigg, T.; Tellen, T.; et al., U.S. Department of Energy (EIA) page. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/globalevoutlook_2013.pdf>. Acesso em: 07 de julho de 2015.

¹⁰Conti, J. J.; Holtberg, P.D.; et al. Annual Outlook Energy 2014 – With Projections to 2040: U.S. Energy Information Administration (EIA) **2014**, 1, 100.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

¹¹Sítio do The Committee on Climate Change - 2013. Disponível em: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/CCC-EV-pathways_FINAL-REPORT_17-12-13-Final.pdf>. Acesso em: 7 junho 2015.

¹²Torres, E.; Puga F.; Meirelles, B., Perspectivas do Investimento: 2010-2013, BNDES **2011**, 1, 211.

¹³Bonner, P. Journal of Accountancy Page. Disponível em: <<http://www.journalofaccountancy.com/issues/2011/jun/20114002.html>>. Acesso em: 7 julho 2015.

¹⁴Hauman, M. Government policy and the development of electric vehicles in Japan: Energy Policy **2006**, 34, 434.

¹⁵Sítio da embaixada da França no Brasil. Disponível em: <<http://www.ambafrance-br.org/Um-numero-Um-fato-A-Franca-e-o>>. Acesso em: 7 junho 2015.

¹⁶Ho, A., Exame Page. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/china-exige-que-carros-eletricos-representem-30-das-compras>>. Acesso em: 17 julho 2015.

¹⁷Barros, D. C.; Pedro, L. S., BNDES Page. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro60anos_perspectivas_setoriais/Setorial60anos_VOL1ComplexoAutomobilistico.pdf>. Acesso em: 20 julho 2015

¹⁸Carro. R. Brasil Econômico Page, Disponível em: <<http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/2015-07-13/postos-para-recarga-de-veiculos-eletricos-se-multiplicam-pelo-pais.html>>. Acesso em: 20 julho 2015

ANÁLISE EVOLUTIVA DOS TANQUES DE COMBUSTÍVEL DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS - DO METAL AO PLÁSTICO

Ramon Maia Brasileiro¹, Luciano da Silva²

¹Pós-Graduando em Engenharia Automotiva – Senai Cimatec, Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Sergipe, Engenheiro de Produto - Ford Motor Company do Brasil

² Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecatrônica, Univesidade Tiradentes/SE

E-mails: ramon.ufcg@gmail.com, trixluc@hotmail.com.

ABSTRACT

With the evolution of plastics materials, many industries began to apply them more intensely on their products. It is no different in automotive industry; this article exemplifies the reasons why through time the companies chose to use plastic materials in fuel tank production. In order to show the evolution of this component, in this paper was performed several comparisons between metal and plastic fuel tanks from the following points: safety, fire resistance, weight, design, process and emissions. We have observed that even the metal and plastics tanks converged in some points and meet all market requirements, automotive industry usually uses plastic material due to the lower price and easier production.

Keywords: Fuel tank, plastic, metal, polyethylene, steel.

RESUMO

Com a evolução dos materiais plásticos, muitas indústrias passaram a aplicá-los mais intensamente em seus produtos. Na indústria automotiva não poderia ser diferente, e este artigo exemplifica os motivos pelos quais ao longo do tempo se optou por utilizar o plástico na produção dos tanques de combustíveis. Com o objetivo de mostrar a evolução deste componente, neste trabalho foram realizadas diversas comparações entre os tanques metálicos e plásticos a partir dos seguintes itens: segurança, resistência ao fogo, peso, forma, processo e emissões. Pudemos constatar que mesmo os tanques metálicos e plásticos convergindo em alguns pontos e cumprirem as exigências de mercado, geralmente as indústrias automotivas optam pelo material plástico pela maior facilidade na produção e menor preço.

Palavras-chaves: Tanque de combustível; plástico; metal; polietileno; aço.

1. INTRODUÇÃO

A substituição pela indústria automobilística de materiais tradicionais por plástico se deu de forma gradativa ao longo de vários anos, mas apenas nas três últimas décadas é que o ritmo dessa substituição se acelerou. Razões diversas, tanto econômicas, quanto tecnológicas, influenciaram o andamento dessa mudança. As crises do petróleo de 1973 e de 1979 trouxeram a conscientização para o problema da escassez de combustível e para a vulnerabilidade do uso indiscriminado de recursos naturais de fontes não-renováveis. Essas crises podem ser consideradas como o momento decisivo da tomada de posição quanto à construção de carros mais eficientes, seguros, confortáveis e que consumissem menos combustível. Pode-se dizer, porém, que somente após a superação de limitações tecnológicas, com o desenvolvimento de polímeros de alto desempenho, é que os plásticos passaram a fazer parte essencial dos automóveis.

Hoje, considerando-se o volume dos materiais, são usados mais plásticos do que aço na construção de um veículo, devido ao grande número de aplicações que os polímeros encontraram nesse produto. A média de 30 quilos de polímeros empregada por veículo, na década de 70, passou a representar cerca de 180 quilos no final da década de 90 e estima-se que nos próximos anos esse valor ultrapasse 200 quilos^[1].

Os polímeros podem distinguir-se entre si pelo grau de diferenciação, escala de produção e nível de consumo e, conseqüentemente, valor agregado. Assim, de uma forma geral, os materiais poliméricos tem uma classificação em três grandes grupos: polímeros para usos gerais (*commodities*), polímeros para usos específicos (*quasi-commodities*) e polímeros de alto desempenho (*especialidades*).

Polímeros tipo *commodities* são aqueles produzidos em grande escala, têm baixo valor agregado, não apresentam diferenciação, são utilizados para finalidades gerais e são consumidos em grandes quantidades. Os chamados polímeros *quasi-commodities* são, também, produzidos em grande escala, porém em nível mais baixo do que as *commodities*. Entretanto, *quasi-commodities* apresentam desempenhos diferenciados e propriedades que os fazem ser ideais para determinadas aplicações. Polímeros de especialidades são aqueles que apresentam alto desempenho, são produtos específicos, com propriedades bem definidas e incomuns, tem alto valor agregado e são produzidos em escalas de pequeno porte. A Figura 1 é a representação gráfica desta classificação geral proposta.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

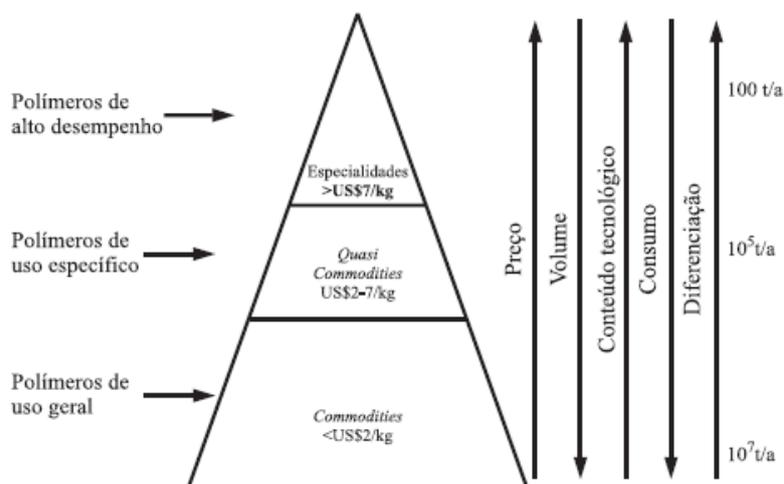


Figura 1 – Classificação dos Polímeros.

Como exemplos de *commodities*, citam-se os polietilenos, o polipropileno, o poli(cloreto de vinila) e o poliestireno. O típico polímero quasi-commodity é o PET, que tem características específicas de plásticos de engenharia e mercado bem direcionado, porém é produzido em grande escala. Poliamidas, ABS, SAN, poliuretanos e policarbonato também podem ser classificados nessa categoria. Entre os polímeros de alto desempenho, podem ser citados o poli(óxido de metileno) (POM) ou poliacetil, politetrafluoroetileno (PTFE), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(sulfeto de fenileno) (PPS) e polímeros líquido-cristalinos^[2].

Um dos componentes veiculares que podemos tomar como exemplo são os tanques de combustível plásticos fabricados de polietileno de alta densidade, que vem desde então tomando o espaço dos tanques metálicos. A substituição da utilização de tanques de combustível metálicos pelos plásticos ocorreu gradativamente nas montadoras, tendo seu auge nos anos 90 com a implementação de soluções mais eficientes na conformação de plásticos para a aplicação em tanques de combustível. O aumento da complexidade dos projetos de automóveis, o menor custo de produção e a maior facilidade para ter formatos mais complexos foram os principais fatores que contribuíram para as inovações dos tanques de combustível de material plástico.

Neste trabalho iremos abordar as mudanças que ocorreram nos tanques de combustíveis fazendo uma comparação entre as peças metálicas e plásticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente o mercado está dominado por tanques de combustíveis fabricados em plástico. O primeiro tanque de combustível em material plástico (polietileno) aplicado em automóveis ocorreu em 1967 pela Porsche, no modelo Rally Monte-Carlo. Mas somente em 1976 a Volkswagen foi a pioneira e introduziu um tanque plástico produzido através do processo de sopro moldado em escala de produção, em uma série limitada do “VW-Passat”. Na época a redução de peso foi na ordem de 30% a 40% em comparação ao tanque metálico^[3].

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Para a fabricação de tanques de combustíveis (principalmente dos reservatórios, como indicado na figura 2) de veículos automotivos geralmente são utilizados dois materiais: chapas de aço e polietileno.

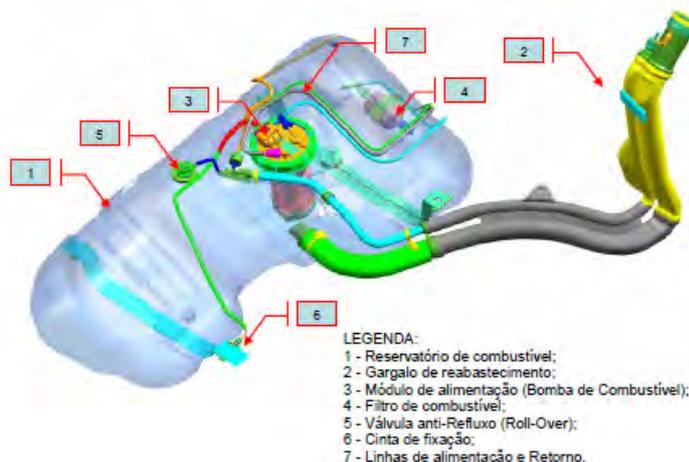


Figura 2 – Tanque de Combustível e seus Componentes Básicos.

2.1 – Chapas de Aço (Baixo Carbono)

Dentro da indústria automobilística as chapas de aço são utilizadas em larga escala desde a estrutura do veículo como o chassi ou o monobloco, até os painéis externos de acabamento como laterais, portas, capô, e tampa do porta-malas, etc. A maior parte do aço utilizado em chapas e folhas para a construção de peças automotivas é de aço baixo carbono e sua aplicação em tanques de combustíveis é utilizada devido às características principais do material: elevada maleabilidade ainda que o custo alto da resistência mecânica para maior facilidade de conformação; boa soldabilidade, essencial no processo de fabricação de tanques; superfícies sem defeitos e características de acabamento.

Aço de baixo carbono é um tipo de metal que contém uma quantidade relativamente baixa de carbono em sua liga. Tipicamente, o teor de carbono varia entre 0,05% e 0,30% e um teor de manganês entre 0,4% e 1,5%. São aços que possuem grande ductilidade, possuem baixa resistência e dureza e alta tenacidade e ductilidade. É usinável e soldável, além de apresentar baixo custo de produção. Geralmente, este tipo de aço não é tratado termicamente.

2.2 – Polietileno

Polietileno é um polímero parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina. As menores unidades cristalinas, lamelas, são planares e consistem de cadeias perpendiculares ao plano da cadeia principal e dobradas em zig-zag, para cada 5 a 15nm, embora haja defeitos que são pouco frequentes^[4]. Na figura 3 a seguir podemos ver a estrutura do etileno e a sua cadeia polimérica:

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

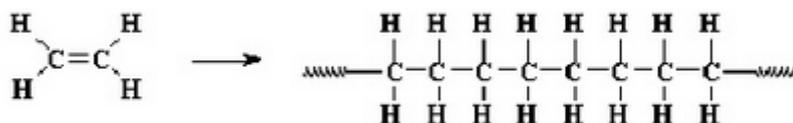


Figura 3 – Estrutura do etileno e a cadeia polimérica do polietileno.

Dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico empregado na polimerização, cinco tipos diferentes de polietileno podem ser produzidos: Polietileno de baixa densidade (PEBD ou LDPE); Polietileno de alta densidade (PEAD ou HDPE); Polietileno linear de baixa densidade (PELBD ou LLDPE); Polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM ou UHMWPE) e Polietileno de ultra baixa densidade (PEUBD ou ULDPE).

Para tanques de combustíveis plásticos geralmente o PEAD é o mais utilizado. O PEAD é um plástico rígido, resistente a tração, com moderada resistência ao impacto. Em geral, exibe baixa reatividade química, é estável em soluções alcalinas de qualquer concentração e em soluções salinas, independente do pH e também é relativamente resistente ao calor^[5,6].

2.3 – Processo de Fabricação dos Tanques Metálicos

As propriedades cruciais para um material ser usado na fabricação do tanque de combustível automotivo, mais especificamente na fabricação do reservatório de combustível, são propriedades mecânicas adequadas a esse uso e resistência à corrosão. Em relação às propriedades mecânicas, o material deve possuir boa soldabilidade e deformabilidade. No que diz respeito à resistência à corrosão, a superfície interna do reservatório do tanque deve resistir ao meio combustível, como por exemplo, gasolina, etanol, diesel e biodiesel. A superfície externa deve resistir ao meio atmosférico e a eventuais defeitos na superfície, como arranhões provocados por batidas de pedras^[7]. Os produtores do tanque de combustível metálico já recebem de seus fornecedores as chapas de aço tratadas contra corrosão.

Os tanques de combustível metálicos são fabricados a partir de chapas planas de aço baixo carbono, laminadas a frio e que podem ser pré-pintados, como no caso dos tanques organometálicos. O processo para a fabricação pode ser resumido em seis etapas distintas: Repuxo ou embutimento, estampagem e corte, soldagem das partes superiores e inferiores, soldagem dos componentes do tanque de combustível, pintura, montagem dos componentes e testes de verificação contra vazamentos^[8]. Na figura 4 a seguir está um exemplo de um tanque fabricado com aço carbono:

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

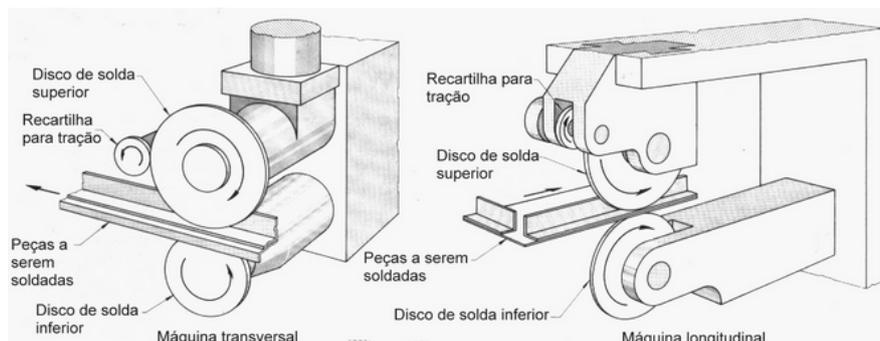


Figura 4 – Tanque de Combustível Metálico.

O repuxo ou embutimento é uma operação de estampagem onde uma chapa, inicialmente plana, é transformada em um corpo oco sem que haja aparecimento de rugas e trincas. Ela é realizada a frio e, dependendo da característica do produto, em uma ou mais fases de conformação.

A operação de repuxo é efetuada para a conformação das duas metades do tanque de combustível, a parte inferior e a parte superior, deixando sempre um flange no qual serão posteriormente soldadas para formar uma única peça. Em seguida a peça segue para a operação de estampagem e corte, onde são realizados os furos e demais estampagem necessárias para a montagem dos diversos outros componentes do tanque de combustível.

A soldagem por costura, figura 5, consiste de uma série de pontos sobrepostos; é um processo em que o calor causado pela resistência à passagem de uma corrente elétrica na peça é combinado com pressão para produzir a costura. Esta costura consiste de uma série de pontamentos sobrepostos que são formados por eletrodos circulares ou um circular e uma barra, utilizados para transmitir a corrente até a peça. Quando dois eletrodos são utilizados, um ou ambos são conduzidos sobre as chapas. A série de pontos de solda é feita sem a retirada dos eletrodos, embora estes possam avançar de forma contínua ou intermitente. A intensidade de corrente, sua duração, a pressão e a velocidade das peças ou dos eletrodos são controladas e devem ser cuidadosamente escolhidas para produzir uma junta satisfatória; este tipo de soldagem utiliza um ou dois eletrodos na forma de discos, que circulam sobre as peças a serem unidas^[9].



10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Figura 5 – Processo de Solda por Costura

Após a solda, os tanques então são enviados para o processo de pintura, exemplificado a seguir na figura 6. Esta pintura tem somente a função de acabamento ou aparência, pois as chapas de aço que os tanques são produzidos já possuem proteção contra corrosão. O processo de pintura pode ser manual ou automatizado dependendo do volume de produção. Existem ainda tanques de combustível metálicos que não recebem nenhum tipo de pintura durante seu processo de fabricação são entregues as montadoras diretamente do material de fabricação.



Figura 6 – Pintura de Tanque de Combustível Metálico

O tanque então segue para a soldagem dos componentes como, tubo de enchimento, tubo de ventilação e elementos de fixação. Esta operação pode ser realizada através do processo de solda conhecido como Brazing.

Por último, mas não menos importante temos a verificação de todos os componentes montados no tanque de combustível. Nesta fase é realizado também o teste contra vazamentos do conjunto.

2.4 – Processo de Fabricação dos Tanques Plásticos

O processo utilizado para a fabricação de tanques de combustíveis plásticos é conhecido como extrusão-sopro. Como o tanque de combustível apresentam quatro ou cinco camadas dependendo da sua aplicação de mercado, devido aos requerimentos de de emissões, o processo empregado é a co-extrusão. A moldagem soprada por co-extrusão possibilita combinar materiais com diferentes propriedades para criar um produto final mais adequado para uma aplicação específica. As diversas partes da estrutura podem ser otimizadas para um melhor equilíbrio de propriedade e custo.

Todos os processos de moldagem por sopro consistem de três fases: Plastificação do granulado de resina termoplástica, Produção de uma pré-forma fundida – ou um tubo extrudado ou parison e o sopro do parison (normalmente com ar) no molde, seguido da extração e da operação de rebarbação da peça. como pode-se observar na figura 8 abaixo.

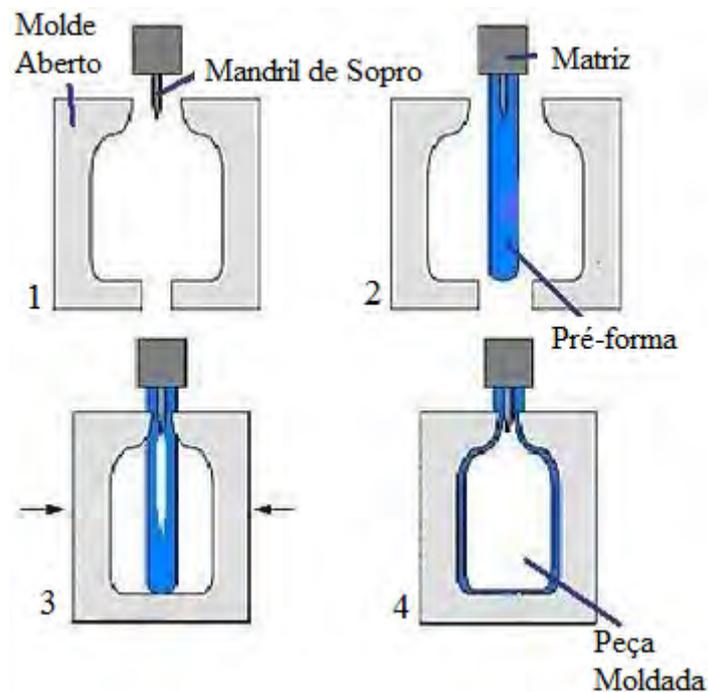


Figura 8 – Detalhamento do Processo de Extrusão-Sopro

Após ser extrudado e soprado, o tanque então segue para a montagem dos seus componentes (bomba de combustível, válvula roll-over, linhas, tubo de enchimento, etc) que podemos ver na figura 9, e por final os testes contra vazamento do conjunto montado.



Figura 9 – Tanque de Combustível Plástico e Seus Componentes

3. DISCUSSÃO

A partir das características de processo, propriedades das matérias-primas e do produto final, metálico ou plástico, temos abaixo uma discussão sobre os principais parâmetros de desempenho de ambos os tipos de tanques de combustível durante a sua vida útil.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Segurança: A cada ano a preocupação com a segurança relacionada aos itens que compõem um veículo automotivo aumentaram consideravelmente, com isso os testes tem se mostrado bastante rigorosos para que sejam evitados acidentes graves e situações críticas que possam ocorrer com o veículo. Os tanques plásticos se mostram mais seguros que os metálicos pois não apresentam costuras de solda, o que diminui o risco de falhas, e também possuem uma boa característica de deformação pois em muitos casos retornam a sua forma original após algum impacto. Como os tanques metálicos absorvem muita energia durante o impacto, os pontos de solda se tornam concentradores de tensão e ficam mais suscetíveis a falhas podendo romper e assim ocorrer algum tipo de vazamento de combustível.

Resistência ao Fogo: Com a atual globalização do mercado automotivo, cada vez mais a comunização das peças são vistas na produção das montadoras, isso significa que um mesmo produto é utilizado tanto em regiões muito quentes como em regiões de temperatura negativa e para diversos modelos. A partir deste ponto podemos concluir que para a resistência ao fogo dos tanques, os resultados entre os de materiais metálicos e plásticos ficam muito balanceados. Apesar do tanque plástico atuar como um isolante que retarda o aumento de temperatura do combustível (devido aos aditivos utilizados no processamento do parison) mas mesmo assim irá suavemente deformar e eventualmente vazar combustível. O tanque metálico por sua vez não deforma, contudo a temperatura do combustível aumentará rapidamente, e talvez resulte em uma pressão excessiva do sistema e ocorrerá o vazamento de combustível através de uma trinca no tanque.

Peso: A figura 10 na página a seguir, mostra um gráfico desenvolvido por uma empresa especialista na produção de polímeros mostra que quando o tanque plástico é fabricado com até 6 mm de espessura de parede tem um peso menor do que o tanque metálico. Normalmente as montadoras hoje utilizam 5 mm de parede o peso se torna 30% menor com relação ao tanque metálico.

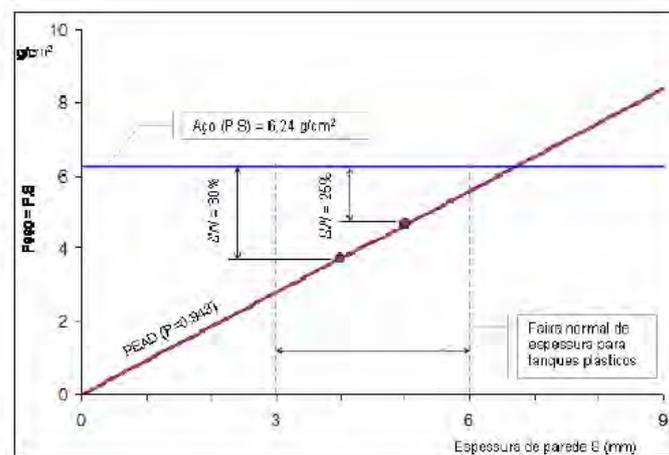


Figura 10 – Tanque de Combustível Plástico.

Forma: Os tanques de combustível plástico têm maior facilidade de atender mais requisitos de espaço e complexidade, pois o material plástico e seu processo de fabricação através de moldes, permitem essas características quando comparadas a um tanque metálico, pois podem

virtualmente se encaixar em qualquer espaço deixado no veículo. Já os tanques de combustível metálicos, necessitam de uma forma geométrica mais regular devido ao seu processo de fabricação de estampagem de chapas de aço e requerem um espaço mais adequado devido a flange existente nos tanques metálicos.

Processos: O custo da matéria prima aplicada no processo de produção de tanques plásticos (polietileno de alta densidade) apresenta vantagem em relação ao custo de chapas de aço de baixo carbono utilizadas no tanque metálico. Isso ocorre porque as chapas de aço recebem um tratamento contra corrosão tanto do combustível quanto ao ambiente durante o uso de veículo. Apesar dos equipamentos de solda e estampagem dos tanques metálicos serem considerados de menor custo relacionando o mesmo número de produção tanto para tanque plástico como metálico, ainda sim se torna mais viável a produção de tanques plásticos, com um maquinário quase que totalmente automatizado, por apresentar um alto volume de produção.

Emissões: O PEAD em si não tem a funcionalidade de evitar a permeabilidade de hidrocarbonetos, assim teve que ser desenvolvido uma solução para que este fenômeno não ocorra. A alternativa mais utilizada é a inserção de uma barreira de EVOH entre as camadas de polietileno, tornando o tanque uma peça multicamada, evitando assim a permeabilidade dos hidrocarbonetos e atendendo a todas as normas governamentais de emissões. Já com os tanque de combustíveis metálicos, precisa se preocupar apenas com os vapores provenientes existentes no sistema como um todo, além das conexões e vedações das peças, também verificadas nos tanques de plástico.

4. CONCLUSÃO

A partir dos tópicos enumerados e discutidos no item acima, podemos concluir que tanto o tanque plástico quanto o tanque metálico, apesar de suas diferenças de materiais e produção, apresentam alguns pontos que convergem e cumprem as exigências de requerimentos e mercado. Como os tanques fabricados em plásticos são mais leves que os de aço, proporcionando maior desempenho, sem corroer seu material e em consequência não contaminando seus componentes, tendo também uma melhor conformação e adequação de projeto de acordo com o espaço disponível no veículo, e podem também utilizar material reciclável cujo processo é muito mais barato do que a reciclagem do aço, geralmente as indústrias automotivas tem como primeira opção a fabricação dos tanque de plástico. Dentre as montadoras que atuam no Brasil, somente uma utiliza o tanque metálico em sua produção de veículos.

REFERÊNCIAS

¹APC (American Plastic Council) - Plastic vehicles: making inroads in the automotive world. Disponível em <www.americanplasticscouncil.org>. Acesso em 1 de Junho de 2015.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

²Bomtempo, J. V. – *Innovation et organisation: le cas de l'industrie des polymeres*, Tese de Doutorado, L' École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, 1994.

³Garret, T. K. *Automotive Fuels and Fuel Systems*, V1 Gasoline, Partech Press, London, 1991.

⁴Mark, H. M.; Bikales, N. M.; Overberg, C. G.; Menges, G. – *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, John-Wiley & Sons, New York , Volume 6, 1986.

⁵Miles D. C. & Briston, J. H. – *Polymer Technology*, Temple Press Book, London, 1965.

⁶Cowie, J.M.G. – *Polymers: Chemistry and Physics of Moderns Materials*, Blackie Academic & Professional, London (1991).

⁷Alvarado, P. J. *Steel vs. plastics: The competition for light-vehicle fuel tanks*. The Minerals, Metals & Materials Society, 48: 22 – 25, 1996.

⁸Saliba, P.A. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

⁹Sítio da Infosolda – Portal Brasileiro de Soldagem. Tipos de Solda: Solgadem por resistência. Disponível em <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital>>. Acessado em 1 de Junho de 2015.

APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM CONTROLE DE QUALIDADE, NA ETAPA DE INSPEÇÃO VISUAL DE UM PROCESSO FABRIL.

Fábio Júnior Miranda de Souza¹ e Oberdan Rocha Pinheiro²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: fabios.mecatronica@yahoo.com.br

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: oberdan.pinheiro@fieb.org.br

RESUMO

O presente trabalho visa, no campo de processamento digital de imagens em aplicações industriais, realizar uma análise na aplicação de filtros utilizados na extração de características em uma imagem digital captada na etapa de inspeção visual, no processo fabril de colagem em espuma. Os resultados encontrados demonstram o efeito dos ajustes desses filtros na imagem e permitem, dentro dos métodos utilizados, recomendar o filtro adequado na classificação da qualidade da cola na espuma.

Palavras-Chaves: *Processamento digital de imagens; ImageJ; segmentação de imagens; extração de características; aplicações industriais.*

ABSTRACT

This work aims at the digital processing field images in industrial applications, conduct an analysis in the application of filters used in the extraction of features in a digital image captured in the visual inspection step in the manufacturing process foam bonding. Results show the effect of adjustments of these filters on image and allow, within the methods used, recommend the appropriate filter in the glue on foam quality ratings.

Keywords: *Image processing; ImageJ; Image segmentation; Industrial application.*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

As áreas de processamento de imagens, visão computacional e demais disciplinas correlatas [1], cresceram expressivamente nos últimos tempos [2] impulsionadas por

diversos fatores, os quais podem citar e destacar, como exemplo, a popularização e o avanço da computação, além de inúmeras aplicações nos mais diversos ramos da atividade humana.

Embora estes assuntos estejam em crescimento constante, não são descobertas recentes. Na área relacionada á processamento de imagens, registros relatam as primeiras aplicações de técnicas de processamento de imagem surgidas por volta de 1920, sendo aplicado no aprimoramento da qualidade de imagens transmitidas através do sistema Bartlane [3]. Nos dias atuais, existe uma série de aplicações a serem realizadas e exploradas em diversos ramos da atividade humana. Um exemplo desses ramos é a indústria. Dependendo da indústria, diversas etapas compõe a atividade industrial entre as quais, é destacada a etapa de inspeção visual. No processo de inspeção, intimamente ligado á qualidade de um produto ou processo, pessoas são responsáveis pela tarefa de inspeção, onde classificam como aprovado ou reprovado determinado produto, peça, material ou processo. Um produto não está em conformidade quando determinado característico não está de acordo com suas especificações [4].

O caso de uma determinada indústria que trabalha com espumas e que possui em um dos seus processos, a colagem, é usado como exemplo. No processo de colagem, a entrada é uma espuma em um determinado formato e tamanho, e a saída é a espuma com cola ou adesivo aplicado em uma determinada região da mesma. Cola ou adesivo são tratadas aqui neste tópico como sinônimos. Antes da entrada da espuma no processo de colagem, a espuma é fabricada e cortada seguindo uma especificação técnica, com medidas predeterminadas de altura, largura e profundidade (e.g. 80x240x7 [mm]). A imagem dessa espuma é ilustrada na figura 1. Desta forma, neste estágio da espuma, ocorre uma inspeção visual, ou seja, existe uma possível aplicação para visão computacional e processamento de imagens, onde a tarefa é realizar a verificação das dimensões da espuma, em conformidade com medidas de referência e posterior classificação em aprovada ou reprovada. A espuma, depois de aprovada quanto às suas dimensões, estará pronta para seguir e entrar no processo de colagem. A colagem se dá na aplicação de um adesivo termoplástico em torno da borda da espuma, em uma região predeterminada. Dois pré-requisitos existem nesta aplicação do adesivo: que se tenha uma medida de largura predeterminada de aplicação em uma determinada região da espuma e que seja uma aplicação contínua. Por exemplo: Para uma espuma medindo 80x240x7 mm, é considerada uma medida de largura do adesivo em 10 mm, com uma tolerância de +/- 1,5 mm. O adesivo termoplástico possui as principais características: estado sólido em temperatura ambiente; estado líquido quando submetido em altas temperaturas, sofrendo fusão para permitir a aplicação (colagem); retorno ao estado sólido com a perda de calor de sua massa obtendo o resultado da colagem de compreensão. De acordo com ADECOL [5], fabricante do adesivo termoplástico consultado, existem quatro principais variáveis que afetam a *performance* do adesivo: temperatura do adesivo; quantidade aplicada; aplicação (set time) e maquinabilidade.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



Figura 1. Imagem da espuma. Fonte: Autor

Após a aplicação da cola na espuma, novamente existe a atividade de inspeção visual, com a verificação do local da aplicação do adesivo, da largura do adesivo aplicado e na continuidade do adesivo na espuma. Após essa inspeção visual, ocorre a classificação da peça em aprovada ou reprovada. Desta forma, a atividade de inspeção visual, além de detectar irregularidades no produto ou excessos na aplicação do adesivo, pode se tornar uma ferramenta importante no auxílio e na garantia de qualidade do adesivo aplicado na espuma.

O presente trabalho se limitará a avaliar uma imagem digital, captada na etapa de inspeção visual que ocorre após a aplicação da cola na espuma. Não será objeto deste estudo o sistema, o hardware ou o meio de captação da imagem. Pressupõe que a imagem já foi captada e dentro da estrutura de um sistema de visão computacional [2], a imagem digital se encontra na etapa de extração de características. Nesta etapa, são utilizadas técnicas e/ou métodos de filtragem na imagem. O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise na aplicação de filtros na extração de características de uma imagem digital, onde são exploradas algumas alternativas existentes de técnicas e métodos que contribuirá no aperfeiçoamento, na qualidade e na confiabilidade da tarefa de inspeção visual do processo fabril de colagem em espuma.

1.2 Fundamentação Teórica

Um sistema de visão artificial pode ser definido como um sistema computadorizado que possui a capacidade de adquirir, processar e interpretar imagens que corresponde á uma imagem real [2]. A figura 2 ilustra as principais etapas de um sistema de visão artificial (visão computacional).

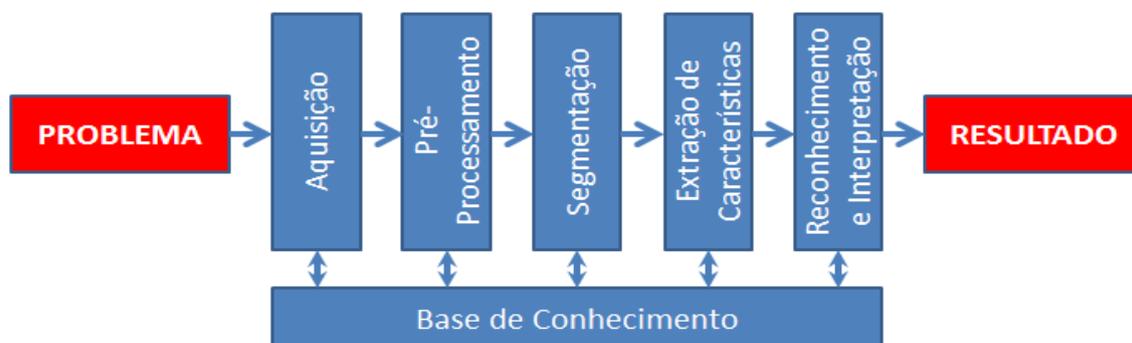


Figura 2. Etapas de um sistema de visão artificial. Fonte: Adaptado de [2]

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Não há um consenso em respeito das fronteiras entre disciplinas que estão intimamente relacionadas ou com partes coincidentes como visão computacional, processamento de imagens (implícito tratar-se de imagens digitais), computação gráfica ou análise de imagens [1]. Em um exemplo, Yashida e Tsuji [6] mencionaram no ano de 1980, aplicações industriais para a área de visão computacional em seu trabalho, quando afirmou que “uma série de sistemas com visão computacional estão sendo empregados com sucesso nas fábricas Japonesas”. Em dias atuais, Amza e Cicic [7] mencionam aplicação industrial para a área de processamento de imagem em seu trabalho, quando afirma “que processamento de imagem tornou-se parte integrante de sistemas modernos de produção industrial, usados principalmente em processos de inspeção manual, semiautomática e automática”.

Todavia, é na disciplina de processamento de imagens que se tem uma maior manipulação das imagens pelo computador [8], ou seja, um foco maior na aplicação de técnicas e métodos de processamento da imagem. Segundo Gonzalez e Woods [3], “o interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria de informação visual para a interpretação humana e o processamento de dados de cenas para a percepção automática através de máquinas”.

Castleman [8] relata que em uma cena real, as imagens não estão de forma a serem analisadas diretamente pelo computador. “Como os computadores funcionam com dados numéricos, uma imagem deve ser convertida em formato numérico antes de iniciar o processamento pelo computador”. Sendo assim, a figura 3 ilustra uma imagem $f(x,y)$, ou seja, em forma de representação numérica está a representação de uma imagem física em uma imagem digital, através de uma matriz de números inteiros. Filho e Neto [2] afirmam que “uma imagem digital pode ser vista como uma matriz cujas linhas e colunas identificam um ponto na imagem”. *Pixels*, do inglês *picture elements*, são estes pontos de intersecção da imagem entre as linhas e as colunas da matriz. Em cada localização do *pixel* está associado um número inteiro que reflete a intensidade de energia e um nível de cinza [9], em uma imagem digital que utiliza o espaço de cores em nível de cinza (*Gray level*).

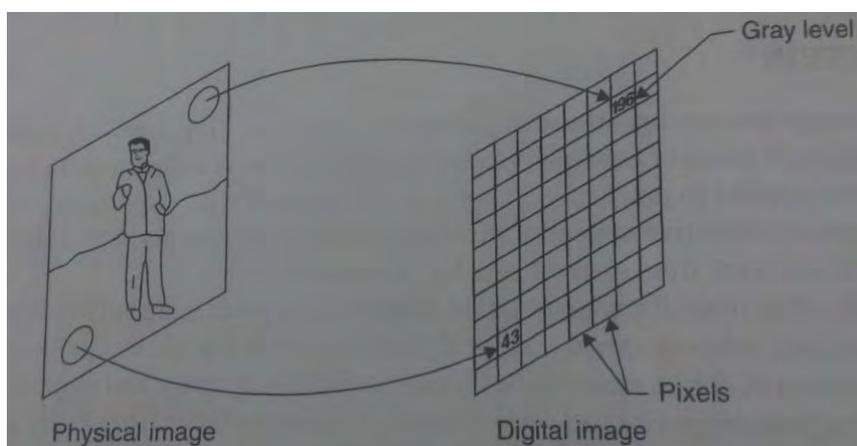


Figura 3. Imagem digital representando uma imagem física. Fonte: [8]

Existem passos fundamentais [3] utilizados em aplicações de processamento de imagens digitais. A figura 4 ilustra estes passos. Observe que, se comparado, há grandes semelhanças entre a figura 2 (etapas de um sistema de visão artificial) e a figura 4 (etapas de um processamento de imagens digitais), justificando as coincidências entre essas duas áreas.

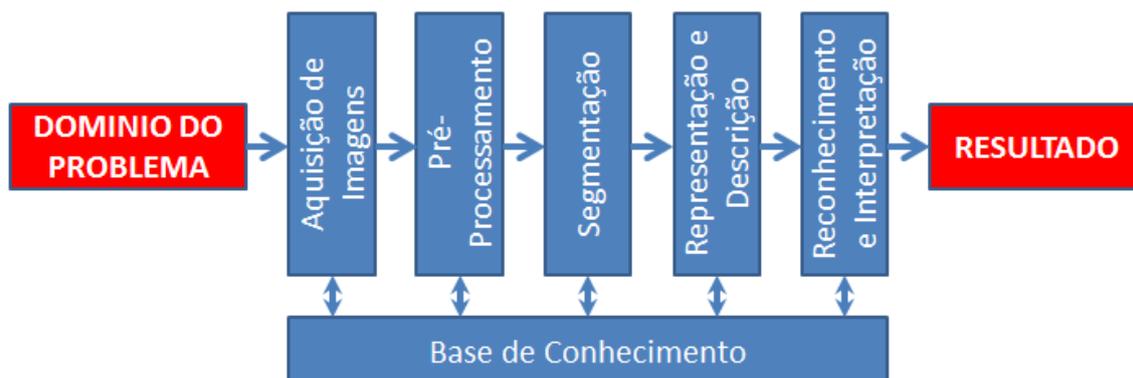


Figura 4. Passos fundamentais em processamento de imagens. Fonte: Adaptado [3]

2. METODOLOGIA

Foram realizados registros através de imagens da espuma com e sem a cola aplicada. Um total de sete registros da espuma, sob as mesmas condições ambientais. Com estas imagens e com o auxílio de um computador, foi realizado o tratamento das imagens, através de técnicas e recursos oferecidos por um *software*, com o objetivo de extrair as características desejadas.

O *software* utilizado foi o *software* denominado ImageJ. Este é um *software* para processamento e análise de imagens digitais [10]. Desenvolvido pela *National Institute of Health* (NIH), o *software* é baseado em JAVA, é de domínio público, é *open source*, e não necessita de licença (*freeware*), o que viabiliza o uso em desenvolvimento de diversas pesquisas e aplicações. Além de ser uma ferramenta de alto nível, é amplamente difundida e utilizada pela comunidade científica.

Tabela 1. Descrição dos *hardwares* utilizados.

Hardware com o software:	<i>Notebook</i>	Hardware que registrou as imagens:	Câmera fotográfica
Fabricante:	Dell	Fabricante:	Sony
Modelo:	Latitude D620	Modelo:	DSC-W350
CPU:	Intel Core Duo CPU T2500 @2,00 GHz	Resolução máxima:	14,1 Megapixels
Memória:	RAM 4,00 GB	Resolução configurada:	14,1 Megapixels
Disco rígido:	120,00 GB	Flash:	Desligado
Sistema Operacional:	Windows 7 – Professional – 32bits	Zoom óptico:	1,2 x
		Zoom digital:	1,0 x
		Lentes:	Padrão (<i>Carl Zeiss Vario-Tessar</i>)
		Observação:	Configuração aplicada em Seleção de cena: NEVE

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 2. Descrição das condições ambientais durante o registro das imagens.

Iluminação no ambiente da foto:	Iluminação forçada (com uso de luminária)	
Alvo do registro	Produto (espuma)	
Plano de fundo – cor:	Branco	
Iluminância no ambiente:	840 lux	
Distância aproximada entre câmera fotográfica e a espuma:	250 mm	

As 7 (sete) imagens registradas retratam as seguintes situações: a) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura dentro do valor desejado; b) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura abaixo do valor desejado; c) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura acima do valor desejado; d) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura dentro do valor desejado; e) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura abaixo do valor desejado; f) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura acima do valor desejado; g) espuma sem a cola aplicada.

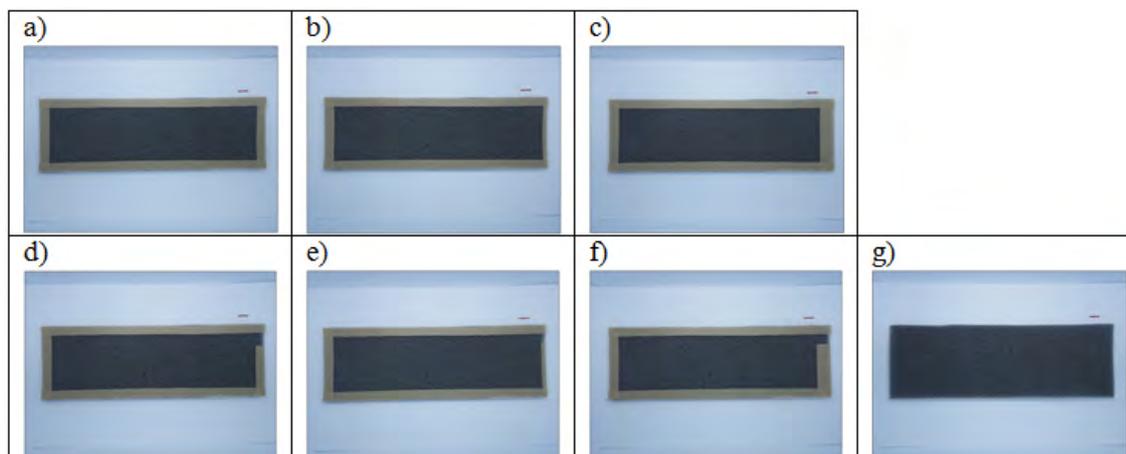


Figura 5. Imagens registradas em sete situações distintas possíveis. Fonte: Autor

2.1 Testes realizados

Entre as 7 (sete) imagens registradas, foi escolhida apenas uma (Figura 5.c) para submissão á testes de forma independente, seguindo procedimentos e aplicando técnicas para tratamento da imagem. Foram realizados 5 (cinco) tipos de testes, que aqui, denominaremos Teste A, Teste B, Teste C, Teste D e Teste E. O procedimento realizado em cada teste está descrito a seguir:

2.1.1 Teste A

Tratamento (processamento) realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Técnica de suavização da imagem (Process → Smooth);

Passo 3 – Técnica de aprimoramento da imagem (Process → Sharpen);

Passo 4 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges);

Passo 5 – Ajuste de contraste (Process → Enhance contrast).

2.1.2 Teste B

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Det. máximos locais e binarizar a imagem (Process → Find máxima);

Passo 3 – Ajuste: Output type= Segmented Particles; Noise tolerance= 1/10/20.

2.1.3 Teste C

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Det. máximos locais e binarizar a imagem (Process → Find máxima);

Passo 3 – Parametrizar: Output type= Count; Noise tolerance= 1/15/20/50.

2.1.4 Teste D

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Binarizar a imagem (Process → Binary → Make binary);

Passo 3 – Operação de erosão na imagem (Process → Binary → Erode);

Passo 4 – Operação de dilatação na imagem (Process → Binary → Dilate);

Passo 5 – Operação de erosão seguida de dilatação (Process → Binary Open);

Passo 6 – Operação de dilatação e erosão (Process → Binary → Close-);

Passo 7 – Imprimir o contorno do objeto (Process → Binary → Outline);

Passo 8 – Esqueletização da imagem (Process → Binary → Skeletonize);

Passo 9 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges).

2.1.5 Teste E

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Ajuste do brilho/contraste (Image → Adjust → Brightness/Contrast);

Passo 3 – Ajuste do limiar/threshold (Image → Adjust → Threshold);

Passo 4 – Ajuste e reconhecimentos das medidas (Analyze → Set Scale);

Passo 5 – Filtragem de ruídos da imagem (Analyze → Analyze Particles);

Passo 6 – Dilatação da imagem binária (Process → Binary → Dilate);

Passo 7 – Imprimir o contorno do objeto (Process → Binary → Outline);

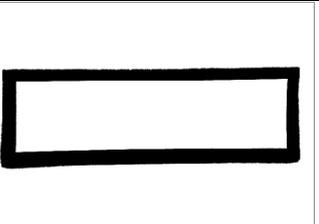
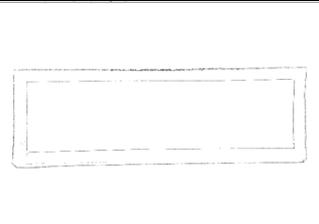
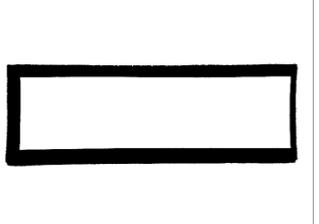
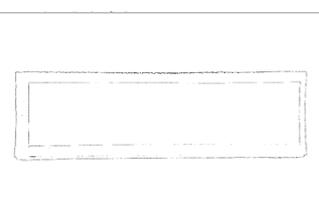
Passo 8 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges).

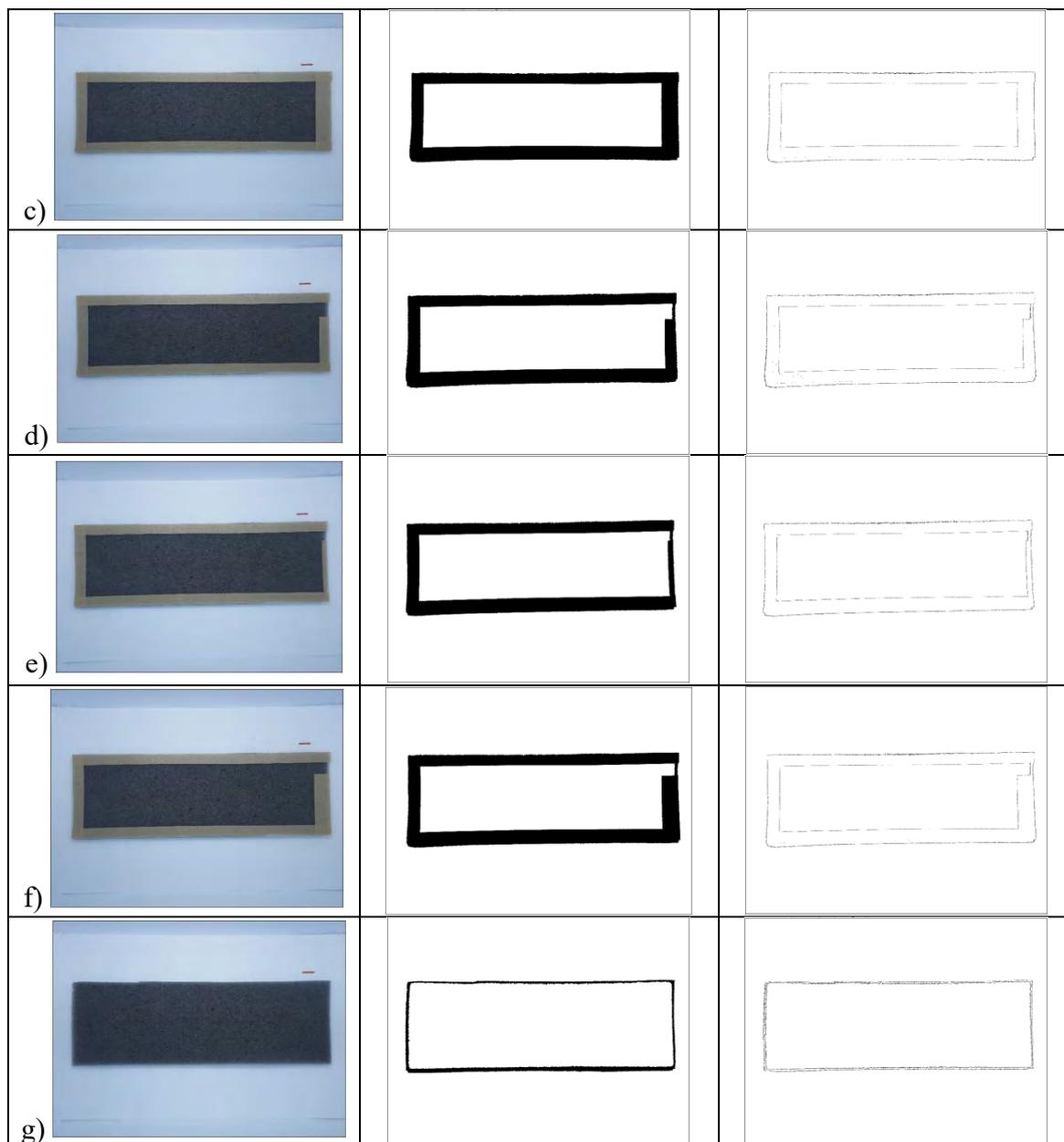
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste A, o tratamento realizado na imagem digital apresentou resultados medianos. Após o processamento, é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados, entretanto, a imagem não ficou tão nítida. No teste B, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e também não seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado foi com relação ao tempo de resposta da computação que é aumentado conforme se aumenta o parâmetro *Noise tolerance*, quando *Output type= Segmented Particles*. No teste C, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e também não seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. No teste D, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não foi possível localizar a existência da cola. No teste E, o tratamento realizado na imagem digital apresentou bons resultados. Após o processamento, é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e é possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado é que o tratamento da imagem pode ser finalizado no Passo 6 (definição da forma) ou no Passo 8 (detecção de bordas).

O procedimento realizado no teste E apresentou bons resultados (a melhor avaliação parcial). Desta forma, este procedimento é aplicado nas demais imagens e o resultado é ilustrado na tabela 3, onde, na primeira coluna está a imagem original, na segunda coluna está o resultado da imagem no Passo 6 e na terceira coluna está o resultado da imagem no Passo 8.

Tabela 3. Resultado do tratamento das imagens aplicando o Teste E.

	Imagem original	Teste E – Passo 6	Teste E – Passo 8
a)			
b)			



Dos cinco testes realizados inicialmente, quando comparados entre si, o quinto teste (teste E) apresentou o melhor resultado. O procedimento utilizado no teste E foi aplicado nas outras imagens com o objetivo de avaliar a escolha realizada e como pode ser constatado, novamente, o tratamento realizado apresentou bons resultados nas outras imagens. Em cada imagem foi possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e foi possível avaliar, com medições pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado é que o tratamento da imagem pode ser finalizado no Passo 6 (definição da forma) ou no Passo 8 (detecção de bordas).

4. CONCLUSÃO

Dos testes realizados e com base nos resultados obtidos, foi possível realizar uma análise qualitativa na aplicação de filtros utilizados na extração de características de uma imagem digital. Verifica-se que há alternativas de técnicas e métodos de filtragem da imagem digital que, ao serem combinados, apresentam resultados satisfatórios na extração de características. Conclui-se então que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que é permitido comparar o resultado dos testes entre si e analisá-los, sendo ainda possível a recomendação do procedimento adequado para o tratamento da imagem digital captada. Desta forma, dentro dos cinco testes realizados (Teste A, Teste B, Teste C, Teste D e Teste E) o procedimento utilizado no teste E é o recomendado para o tratamento das imagens captadas, dentre as técnicas avaliadas, as condições ambientais definidas e as particularidades predefinidas da aplicação.

5. REFERÊNCIAS

¹Bonfim, R. E. C.; Lima R. T.; Monteiro R. L. S. Algoritmo de reconhecimento automático de placas de veículos baseado em Matlab e tesseract OCR. Anais de congresso, IV Workshop PTI, 2014.

²Filho, O. M.; Neto, H. V. Processamento digital de imagens. Rio de Janeiro, Brasport, 1999.

³Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. Processamento de imagens digitais. Tradução de Roberto Marcondes Cesar Junior e Luciano da Fontoura Costa. São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 2000. Título original: Digital Image Processing.

⁴Paladini, E. P. Gestão da qualidade. 3 ed. São Paulo, Atlas, 2012.

⁵Manual Hot Melt. Produzido por ADECOL. Disponível em: < http://adecol.com.br/modules/adecol/pdfs/adecol_manual_hotmelt_01.pdf>. Acesso em: 08 maio de 2015.

⁶Yashida, M.; Tsuji, S. Industrial computer vision in Japan. Computer, vol. 13, iss.5, p. 50-63, 1980.

⁷Amza, C. G.; Cicic, D. T. Industrial image processing using Fuzzy-Logic. Procedia Engineering, vol. 100, p. 492-498, 2015.

⁸Castleman, K. R. Digital Image Processing. New Jersey, Prentice Hall, 1996.

⁹Florenzano, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. 3 ed. São Paulo, Oficina de textos, 2011.

¹⁰Ferreira, T.; Rasband, W. The ImageJ User Guide. Version 1.46, 2012. Disponível em: < <http://imagej.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>>. Acesso em: 17 maio de 2015.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA COR DE PÓS COLORIDOS OBTIDOS COM CORANTES NATURAIS E SINTÉTICOS

Ingrid Lessa Leal^{1,1}, Gabriele de Abreu Barreto^{1,2}, Samantha Costa Serra^{1,3},
Bruna Aparecida Souza Machado^{1,4}

¹Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

E-mail: ingrid.leal@fieb.org.br, gabriele.barreto@fbter.org.br, samantha.s@fieb.org.br,
brunam@fieb.org.br.

RESUMO

*Os pós coloridos são itens presentes na cultura indiana e outros países hindus há muitos anos. Inicialmente eles eram preparados com ervas medicinais, posteriormente foram agregados materiais sintéticos para obtenção de cor. Atualmente percebe-se um aumento no interesse do uso de corantes naturais em substituição dos corantes sintéticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros cromáticos pelo sistema CIELAB L*a*b* dos pós coloridos elaborados com corantes naturais nas cores verde, amarelo e laranja, comparando aos produzidos com corantes sintéticos existentes no mercado, através do uso do colorímetro. Foi analisada também a estabilidade da cor das amostras no período de um mês. Das amostras obtidas com corante natural, a verde obteve melhor resultado durante o teste de estabilidade, mantendo a coloração em dois parâmetros nas quatro semanas avaliadas. Enquanto a cor amarela e laranja apresentaram-se estáveis em todos os parâmetros por 24 dias. Nas amostras obtidas com corantes sintéticos, houveram alterações significativas somente relacionadas ao croma b*. O teste de estabilidade demonstrou que não existe diferenças relacionadas a coloração dos pós, comparando-se o emprego de corantes naturais com os sintéticos. Dessa forma, os corantes naturais podem substituir os sintéticos, sem perda na qualidade da estabilidade do produto.*

Palavras-chaves: *pós coloridos; amido de milho; corantes sintéticos; corantes naturais.*

ABSTRACT

*The colored powders item are present in Indian culture and other Hindu countries for many years. Initially they were prepared with medicinal herbs, were later added synthetic materials to obtain color. Currently perceives an increase in interest in the use of natural dyes in place of synthetic dyes. The aim of this study was to evaluate the chromatic parameters by CIELAB L*a*b* of colored powders made with natural colors in green, yellow and orange, compared to those produced with existing synthetic dyes in the market, using the colorimeter. It also analyzed the stability of the color of the samples within one month. Samples containing natural dye, green best*

result obtained during the stability test, while maintaining coloration two parameters evaluated in the four weeks. While the yellow and orange were stable in all parameters for 24 days. Samples obtained with synthetic dyes, there were significant changes only related to chroma b. Stability testing has demonstrated that there is no differences related to coloring of powders, comparing the use of synthetic with natural dyes. Thus, the natural dyes can replace synthetic without loss in product quality stability.*

Keywords: *colored powder; corn starch; synthetic dyes; natural dyes*

INTRODUÇÃO

A utilização de pós coloridos em eventos festivos teve início no Holi, ou Festival das Cores, realizado anualmente na Índia e em outros países hindus para celebrar a primavera. Atualmente, a festa colorida está presente em diversos países ocidentais durante shows, festas e intervenções artísticas [1].

Tais pós são compostos por amido e corante e inicialmente eram preparados com ervas medicinais, posteriormente materiais sintéticos foram adicionados com o objetivo de proporcionar melhor aderência na pele e na obtenção de novas cores [1].

O amido é um polissacarídeo que apresenta propriedades favoráveis decorrentes da segurança fisiológica, biodegradabilidade, alta disponibilidade e baixo custo [2]. As principais fontes amiláceas são os cereais, tubérculos e raízes [3]. A aplicação dessa matéria prima varia de acordo com suas propriedades, que podem ser alteradas por meio de tratamentos físicos ou adição de componentes [4].

A legislação brasileira define os corantes como substâncias adicionadas aos produtos com a finalidade de conferir e/ou intensificar sua coloração própria e são classificados como: corante orgânico natural, orgânico sintético, artificial, orgânico sintético idêntico ao natural, e inorgânico [5].

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária [6], os corantes artificiais não apresentam danos à saúde quando utilizados dentro dos limites especificados pela legislação, no entanto, a sua utilização está sendo cada vez menor em razão de sua toxicidade, fato que vem aumentando gradativamente a procura por corantes naturais [7]. Estudos recentes [8, 9] apontam que os corantes artificiais podem provocar desde irritação leve da pele à dermatite alérgica, sendo considerados cancerígenos.

Os corantes naturais podem ser obtidos de plantas, animais ou insetos. As antocianinas, betalainas, carotenoides, extrato de urucum, curcumina, riboflavina, clorofila, idigotina natural e ácido carmínico são os corantes naturais mais comumente utilizados [10].

Clorofilas são os pigmentos naturais verdes mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais [11]. São pigmentos instáveis, incluindo fatores ambientais, como o estresse hídrico, pH, luminosidade reduzida, alterações enzimáticas, temperatura e aumento do etileno, requisitando cuidados individuais durante a extração, manipulação e análise, que devem ser conduzidas rapidamente e em ambiente de pouca luz ou no escuro, para evitar o foto-branqueamento [12].

Os carotenoides são muito comuns na natureza; mais de 600 já foram identificados. Essas substâncias são responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha de frutas, flores, hortaliças, gema de ovos, fungos, bactérias, algas e alguns peixes e crustáceos [13].

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) é considerada uma preciosa especiaria, por compor famosos temperos. A curcumina é o principal corante presente nesses rizomas. Além de ser utilizada como corante e condimento, apresenta substâncias antioxidantes e antimicrobianas que lhe conferem a possibilidade de emprego nas áreas de cosméticos, têxtil, medicinal e de alimentos [14]. A curcumina pura não é ideal para aplicação direta em alimentos, devido a sua insolubilidade em água, sendo comum o emprego de solventes e emulsificantes de grau alimentício. Além dessa forma, é possível encontrar suspensões de curcumina em óleo vegetal. Pode apresentar cor variando do amarelo limão e laranja, sendo estável ao aquecimento [15].

Sendo a utilização de produtos naturais e biodegradáveis uma tendência atual em nível mundial [16], alguns parâmetros devem ser controlados para assegurar a padronização e a reprodução das cores tradicionais.

O objetivo desse trabalho foi avaliar colorimetricamente os pós coloridos elaborados com corantes naturais, comparando-os aos produzidos com corantes sintéticos existentes no mercado, assim como, analisar a estabilidade da cor das amostras pelo período de um mês.

METODOLOGIA

As amostras foram preparadas utilizando amido de milho, corante artificial disponibilizados pela empresa Zim Color e corantes naturais Yellow 01 LWS, Green 07 LWS e PA Hidro (Ex) Corantec® nas mesmas proporções. A análise de cor foi realizada com auxílio de um colorímetro (Konica Minolta), tendo como base metodologia padronizada de determinação da cor, com o sistema CIELAB, obtendo as coordenadas L^* , a^* , b^* .

O parâmetro de cor L^* indica a luminosidade, que varia do branco ($L^*=100$) ao preto ($L^*=0$). O parâmetro de Cromo a (a^*) apresenta a tonalidade da amostra que tende da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e Cromo b (b^*) tonalidade que tende da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$) [17].

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A avaliação da estabilidade da cor foi feita mantendo-se porções (5 a 7g) das amostras de cada coloração sob incidência da luz durante o período de 30 dias, em placas de Petri descartáveis de 8,5cm de diâmetro à temperatura ambiente. Sendo a mensuração dos parâmetros realizada a cada semana para verificar a ocorrência de mudanças na cor pela exposição à luz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as amostras de pós coloridos produzidas com corantes naturais (A) e corantes artificiais (B) nas cores amarelo (1), verde (2) e laranja (3).

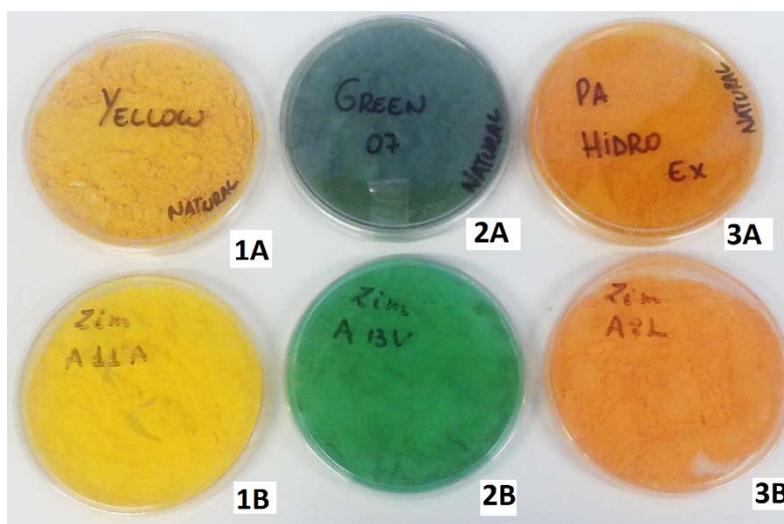


Figura 1. Pós coloridos desenvolvidos com corante natural (A) e com corante sintético (B).

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados obtidos na determinação dos parâmetros das coordenadas de cor características das amostras dos pós coloridos.

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros L^* , a^* e b^* dos pós coloridos.

Tipo de corante	Cor	L^*	a^*	b^*
Natural	Amarelo (1A)	$65,36 \pm 0,02$	$16,16 \pm 0,07$	$58,93 \pm 0,04$
	Verde (2A)	$44,56 \pm 0,01$	$-9,07 \pm 0,01$	$7,32 \pm 0,01$
	Laranja (3A)	$58,98 \pm 0,01$	$24,11 \pm 0,02$	$51,36 \pm 0,03$
Sintético	Amarelo (1B)	$78,04 \pm 0,02$	$6,21 \pm 0,04$	$70,20 \pm 0,04$
	Verde (2B)	$52,91 \pm 0,01$	$-30,36 \pm 0,03$	$19,33 \pm 0,02$
	Laranja (3B)	$64,95 \pm 0,15$	$31,14 \pm 0,04$	$48,76 \pm 0,05$

Para o componente L^* (luminosidade ou brilho), que varia do preto (0) ao branco (100), os valores médios encontrados nas amostras Amarelo (1A e 1B) e Laranja (3A e 3B) sugerem uma cor mais próxima ao branco, já os valores de Verde (2A e

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

2B) uma amostra mais próxima do preto, portanto, mais escuras. O parâmetro a^* indica valores positivos para amostras de coloração vermelha e valores negativos para coloração verde. Para as amostras Amarelo (1A e 1B) e Laranja (3A e 3B), ambos apresentaram proximidade à coloração vermelha, enquanto a amostra Verde (2A e 2B) com a coloração verde. O Cromo b^* apresenta valores positivos em todas as amostras, indicando que as amostras tendem a tonalidade da cor amarela.

Em estudo feito [18] com papéis coloridos à base dos extratos corantes de urucum, cúrcuma e clorofila foram apresentados os valores de 90,75 (L^*), 8,96 (a^*) e 14,70 (b^*) para os papéis de coloração laranja, que foram tingidos com o urucum; 92,40 (L^*), -2,81 (a^*) e 48,00 (b^*) para os papéis tingidos com curcumina, de coloração amarelo; e 91,32 (L^*), -6,18 (a^*) e 7,89 (b^*) para os papéis verde, com o corante clorofila. Todas as amostras tenderam para a luminosidade próxima ao branco, ou seja, os papéis tem a coloração clara. Esse fator foi influenciado pela quantidade de extrato do corante. No que se refere ao Cromo a^* , a amostra laranja foi a única que teve valores positivos, o que demonstrando uma tendência à cor vermelha, enquanto as outras duas amostras são mais próximas do verde. Os valores foram positivos para Cromo b^* , portanto todas as amostras tem maior proximidade da cor amarela.

A aplicação de corantes artificiais em alimentos possui grandes vantagens, pois a maioria apresenta alta estabilidade à luz, oxigênio, calor e pH; uniformidade na cor obtida. Os corantes naturais, embora apresentem baixa estabilidade aos fatores citados, estão sendo utilizados há anos sem evidências de danos à saúde, além de conferirem ao produto uma coloração mais próxima ao natural [19].

Os resultados obtidos na avaliação da estabilidade da cor dos pós coloridos estão apresentados nas Tabela 2, 3 e 4.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros L^* dos pós coloridos no período de 1 mês.

Semana	Amarelo (1A)	Amarelo (1B)	Verde (2A)	Verde (2B)	Laranja (3A)	Laranja (3B)
1	65,4 \pm 0,02 ^a	78,0 \pm 0,02 ^a	44,6 \pm 0,01 ^a	52,9 \pm 0,01 ^a	59,0 \pm 0,01 ^a	65,0 \pm 0,15 ^a
2	66,5 \pm 0,16 ^b	77,5 \pm 0,02 ^a	45,5 \pm 0,01 ^a	52,6 \pm 0,29 ^a	61,3 \pm 0,01 ^b	65,2 \pm 0,14 ^a
3	67,2 \pm 0,01 ^b	79,3 \pm 0,01 ^a	45,6 \pm 0,01 ^a	53,2 \pm 0,01 ^a	61,3 \pm 0,01 ^b	66,5 \pm 0,01 ^a
4	68,4 \pm 0,02 ^b	79,5 \pm 0,01 ^a	45,7 \pm 0,01 ^a	53,2 \pm 0,01 ^a	61,4 \pm 0,01 ^b	66,6 \pm 0,01 ^a

Valores que apresentam a mesma letra, numa mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo Teste de Tuckey a 95% de confiança.

Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros a^* dos pós coloridos no período de 1 mês

Semana	Amarelo (1A)	Amarelo (1B)	Verde (2A)	Verde (2B)	Laranja (3A)	Laranja (3B)
1	16,2 \pm 0,07 ^a	6,2 \pm 0,04 ^a	-9,1 \pm 0,01 ^a	-30,4 \pm 0,03 ^a	24,1 \pm 0,02 ^a	31,1 \pm 0,04 ^a
2	16,1 \pm 0,04 ^a	7,0 \pm 0,26 ^b	-8,4 \pm 0,01 ^b	-29,8 \pm 0,57 ^a	25,3 \pm 0,06 ^b	31,0 \pm 0,21 ^a
3	16,0 \pm 0,02 ^a	6,1 \pm 0,03 ^a	-8,3 \pm 0,01 ^b	-32,5 \pm 0,01 ^a	25,0 \pm 0,02 ^b	31,6 \pm 0,02 ^a
4	15,2 \pm 0,03 ^b	5,8 \pm 0,04 ^a	-8,3 \pm 0,01 ^b	-31,9 \pm 0,01 ^a	25,1 \pm 0,01 ^b	30,8 \pm 0,02 ^a

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Valores que apresentam a mesma letra, numa mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo Teste de Tuckey a 95% de confiança.

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros b^* dos pós coloridos no período de 1 mês

Semana	Amarelo (1A)	Amarelo (1B)	Verde (2A)	Verde (2B)	Laranja (3A)	Laranja (3B)
1	58,9 ± 0,04 ^a	70,2 ± 0,04 ^a	7,3 ± 0,01 ^a	19,3 ± 0,02 ^a	51,0 ± 0,03 ^a	48,8 ± 0,05 ^a
2	60,4 ± 0,03 ^b	69,5 ± 0,41 ^a	7,2 ± 0,01 ^a	19,0 ± 0,43 ^a	54,6 ± 0,02 ^b	48,4 ± 0,62 ^a
3	61,3 ± 0,01 ^b	72,2 ± 0,01 ^a	7,3 ± 0,02 ^a	19,9 ± 0,01 ^a	54,5 ± 0,07 ^b	50,1 ± 0,01 ^b
4	63,0 ± 0,02 ^b	71,7 ± 0,03 ^a	7,3 ± 0,01 ^a	19,8 ± 0,03 ^a	54,4 ± 0,01 ^b	50,1 ± 0,02 ^b

Valores que apresentam a mesma letra, numa mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo Teste de Tuckey a 95% de confiança.

Os valores encontrados para o parâmetro luminosidade demonstram que na semana 2 (15 dias de armazenamento) ocorreram alterações significativas nas amostras 1A (Amarelo – corante natural) e 3A (laranja – corante sintético) que tornaram-se mais claras em relação a amostra inicial (Tabela 2).

Com relação ao croma a^* , as amostra 2B (verde – corante sintético) e 3B (laranja – corante sintético) mantiveram os resultados no decorrer das quatro semanas, demonstrando que esses pós apresentaram estabilidade no período avaliado. As amostras 2A (verde – corante natural) e 3A (laranja – corante natural) mantiveram a coloração após 8 dias de armazenamento. Já a amostra 1^a (amarelo – corante natural) manteve a coloração estável até a terceira semana de armazenamento (24 dias) (Tabela 3).

As amostras 1B (amarelo – corante sintético), 2^a (verde – corante natural) e 2B (verde – corante sintético), foram estáveis por todo o período da análise com base no parâmetro de cromaticidade b^* (Tabela 4).

A clorofila, os carotenoides e a curcumina são relativamente estáveis em seu ambiente natural, entretanto, após as operações de processamento tornam-se mais lábeis, podendo ser alteradas ou degradadas facilmente. Em geral, esses corantes são instáveis e sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio, e as perdas em sua coloração ocorrem devido ao grande número de ligações duplas conjugadas em sua estrutura química [20-22]

Entre as cores obtidas com o corante natural, a cor verde foi a que obteve o melhor resultado, mantendo a estabilidade da coloração em dois parâmetros nas quatro semanas avaliadas. Os pós coloridos nas cores amarela e laranja apresentaram-se estáveis, em relação a cor, em todos os parâmetros por 24 dias.

Verificou-se que a incidência da luz interferiu de forma significativa somente no parâmetro croma b^* com base nos pós desenvolvidos com corante natural.

4. CONCLUSÃO

O teste de estabilidade realizado demonstrou que as cores dos pós coloridos desenvolvidos com corantes naturais e sintéticos apresentam estabilidade relacionada a coloração no período de 1 mês. De forma geral, observa-se que não existe diferenças relacionadas a estabilidade da coloração dos pós no período analisado, comparando-se o emprego de corantes naturais com os sintéticos, sugerindo que os corantes sintéticos podem ser substituídos pelos corantes naturais, sem alteração da vida de prateleira do produto, relacionada a coloração.

REFERÊNCIAS

¹DELAQUA, V.; ArchDaily Brasil. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/109957/festival-de-cores-holi-boas-vindas-da-primavera-na-india>>. Acesso em: 6 julho 2015.

²WEBER, F.H.; COLLARES-QUEIROZ F.P; CHANG Y.K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2009**, 748-753.

³MOURA, W. S.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Estadual De Goiás, 2008.

⁴ALEXANDRINO, C. D.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Ceará, 2006.

⁵BRASIL. Ministério da saúde. Resolução CNNPA nº 44. Estabelecimento das condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade dos corantes empregados na produção de alimentos (e bebidas)**1977**.

⁶ANVISA. Portaria nº 540. Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego**1997**.

⁷PAZMIÑO-DURÁN, E. A.; GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E.; GLÓRIA, M. B. A. Anthocyanins from oxalis triangularis as potential food colorants. *Food chemistry***2001**, 75, 2, 211-216.

⁸SINHA, K.; SAHA, P.; DATTA, S. Response surface optimization and artificial neural network modeling of microwave assisted natural dye extraction from pomegranate rind. *Industrial crops and products***2012**, 37, 1, 408–414.

⁹HAMERSKI, L.; REZENDE, M.J.C.; SILVA, B.V. usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista virtual de química***2013**, 5, 3, 394-420.

¹⁰MENDONÇA, J.N.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

¹¹VOLP, A.C.; RENHE, I.R.T.; STRINGUETA, P.C. Pigmento Naturais Bioativos. *Alim. Nutr.* ISSN 0103-4235, **2009**, 20, 1, 157-166.

¹²STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. *Revista Ciência Rural***2005**, 35, 2.

¹³HAMERSKI, L.; REZENDE, M.J.C.; SILVA, B.V. usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista virtual de química***2013**, 5, 3, 394-420.

¹⁴MARTINS, M.C.; RUSIG, O. Cúrcuma – um corante natural. *Boletim da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Alimentos***1992**, 26, 53-65.

¹⁵FRANCIS, F.J. Less common natural colorants. In: HENDRY, G.A.F; HOUGHTON, J.D. Natural food colorants. 2nd ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional, **1996**, 310-335.

¹⁶ALI, Shaukat; HUSSAIN, Tanveer; NAWAZ, Rakhshanda. Optimization of alkaline extraction of natural dye from Henna leaves and its dyeing on cotton by exhaust method. *Journal of Cleaner Production***2009**, 17, 61–66.

¹⁷HARDER, MNC.; *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, 2005.

¹⁸FRINHANI, E.M.D.; *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de Viçosa, 2003.

¹⁹CONSTANT, P.B.L; STRINGHETA, P.C; SANDI, D. Corantes alimentícios. *B.CEPPA***2002**, 20, 203-220.

²⁰SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in Food Science & Technology*,**2002**, 3, 361-371.

²¹MORETTI, C. L. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007.

²²GOMES, L. M. M.; *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal Fluminense, 2012.

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA

Ricardo Correia Sanches¹, Joyce Batista Azevedo¹, Pollyana da Silva Melo¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

E-mails: ricardocsanchess@gmail.com, joyceazevedo@fieb.org.br,
pollyana.melo@fieb.org.br.

ABSTRACT

On the search for new materials, the development of polymer composites with natural fibers, has proven an excellent alternative to improve the mechanical properties and reduce overall product costs. The incorporation of natural fibers in polymer provides gains against thermal, mechanical and morphological properties, characteristics that compare to those of metals, ceramics and being greater than the pure polymer in general. Due to the great variety of applications for these products has arisen, to evaluate the resistance to stress cracking can be useful depending on the use of these materials. It appears that requires a deep understanding of the microstructure and fracture behavior of materials when subjected to harmful and harsh environments, with the possibility of failure and degradation in service. We studied the resistance to fatigue cracking stress formation in composites with polyethylene and wood flour high concentrations. The results indicated that the fatigue strength is influenced in concentrations studied loads.

Keywords: Composite, wood flour, Stress Cracking, Fatigue Strength

RESUMO

Diante da busca por novos materiais, o desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras naturais, tem se mostrado uma excelente alternativa para melhorar as propriedades mecânicas e reduzir custos de produtos em geral. A incorporação de fibras naturais em polímeros proporciona ganhos em relação as propriedades térmicas, mecânicas e morfológicas, características que se comparam com as dos metais, cerâmicas e sendo superior a do polímero puro em geral. Devido a grande variedade de aplicações que tem surgido para estes produtos, à avaliação da resistência ao stress cracking pode ser muito útil a depender da utilização destes materiais. Verifica-se que é necessário um profundo entendimento da microestrutura e o comportamento de fratura desses materiais ao serem submetidos a ambientes danosos e agressivos, com possibilidade de falha e degradação em serviço. Neste trabalho, estudou-se a resistência fadiga com a formação de stress cracking em compósitos com polietileno e altas concentrações de farinha de madeira. Os resultados indicaram que a resistência a fadiga é influenciada nas concentrações de cargas estudadas.

Palavras-chaves: Compósitos, Farinha de Madeira, Stress Cracking, Resistência a Fadiga.

1. INTRODUÇÃO

A incorporação de pó de madeira em matriz polimérica, madeira-plástica ou WPC (Wood Plastic Composites) teve início na Europa e vem sendo utilizada a muitos anos nos países desenvolvidos, principalmente depois da segunda guerra mundial, onde teve um grande crescimento na utilização dos materiais poliméricos, principalmente nos Estados Unidos e Europa. Outro ponto que alavancou a utilização desse tipo de material foi a crescente pressão sobre as indústrias madeireiras no sentido de reduzir a produção e preservar as florestas, logo a madeira-plástica invadiu o mercado com seu caráter reciclável, onde se reaproveita resíduos de madeira que seriam descartados no meio ambiente [1,2].

A substituição da madeira por madeira-plástica também pode ser justificada devido a menor degradação do compósito em relação a madeira e a menor necessidade de manutenção. Logo, tem grande potencial para ser utilizada em pisos e decks ao ar livre, grade, cercas, madeiras para paisagismo, revestimentos, tapume, bancos de jardim, molduras de portas, janelas, mobília interna e interior de automóveis [1].

Para a produção do compósito é importante a escolha correta do polímero e da fibra natural, pois deve-se levar em consideração os parâmetros de temperatura de processamento para que não ocorra a queima do material e, conseqüentemente, sua fragilização. A madeira só deve ser incorporada em polímeros com temperaturas de fusão até 200°C. Normalmente existe uma tendência acadêmica e industrial de se obter produtos a partir de compósitos através de duas etapas. Inicialmente é realizada a mistura dos constituintes através de extrusão e posterior injeção para obtenção da peça com a geometria adequada.

Os produtos fabricados a partir de compósitos poliméricos apresentam resistência a corrosão, resistência a exposição ao sol (UV) e alta resistência superficial a chuva e a umidade, permitindo ser enterrada, por exemplo, sem grandes cuidados com a proteção, possui maior agarre a fixação tanto de pregos quanto de parafusos, também possui estabilidade estrutural e química, não empenando pela secagem ou envelhecimento [3].

A fadiga é uma falha que ocorre em materiais que estão submetidos a tensões dinâmicas e flutuantes. O termo fadiga é utilizado neste tipo de fenômeno, pois ocorre normalmente após longos períodos sob a ação de ciclos de deformações ou tensões. A maior causa de falhas simples de metais é a fadiga [4]. O estudo do esforço sob fadiga de pó de madeira em matriz polimérica pode ser muito útil, principalmente pelo fato dos materiais poliméricos serem mais sensíveis à frequência de aplicação de carga quando comparado aos metais. Quando os polímeros são submetidos a ciclos com alta frequência e/ou tensões relativamente grande, pode ocorrer um aquecimento localizado provocando falhas devido ao amolecimento deste material [5].

O stress cracking, mais conhecido pela sigla ESC - Environmental Stress Cracking, é um dos grandes vilões quando estudamos a falha prematura em materiais poliméricos [6]. Stress cracking é a quebra que ocorre em uma região tensionada, interna ou externamente, de uma peça plástica que está em contato com um meio agressivo, geralmente líquido ou vapor. O fluido é absorvido e plastifica a região em que está em contato, quando essa região é

tensionada forma micro trincas com *craze* (microfibrilas com vazios e material estirado). Estes *crazes* se propagam com a tensão nos locais plastificados até a fratura total da peça, um fenômeno puramente físico, no qual não acontecem reações químicas e sim mecânicas [7]. Neste estudo foi investigado o efeito do stress cracking durante a fadiga de compósitos com farinha de madeira. A obtenção de dados sobre a vida em fadiga e a resistência ao stress cracking desses compósitos é muito importante, já que as estimativas na literatura indicam que o maior número de falhas em peças obtidas por compósitos podem ser atribuídas a fadiga mecânica [8,9]. A água foi escolhida como agente para ação do stress cracking já que as aplicações voltadas para o uso de polímero madeira estão relacionadas a construção civil como pisos, decks, rodapés, etc. Nestas aplicações é comum utilizar a água para limpeza, sendo assim, torna-se importante verificar o efeito dela nas propriedades deste produto.

2. METODOLOGIA

2.1 Obtenção dos compósitos

Para o desenvolvimento do estudo utilizou-se compósitos com 60, 65 e 70% de farinha de madeira e 1% de compatibilizante a base de anidrido maléico. A matriz utilizada foi um PEAD fornecido pela Braskem. Para obtenção dos compósitos utilizou-se extrusora dupla rosca corrotacional, com diâmetro de rosca de 30 mm, razão L/D = 40 e com um perfil de rosca classificado como média intensidade. Após etapa de extrusão os compósitos foram secos a 100°C em estufa por um período de 4 (quatro) horas para serem moldados por injeção, corpos de prova tipo ISO 527.

2.2 Resistência a Tração

Os ensaios para determinação de resistência a tração, foram realizados na máquina universal de ensaios, EMIC modelo DL2000 com célula de carga de 10 kN, na temperatura ambiente de 23°C, a uma taxa de deformação de 5 mm/min. Informações foram obtidas referentes às propriedades mecânicas de tração do compósito em estudo.

2.3 Resistência a Fadiga

Os ensaios de resistência a fadiga axial foram conduzidos em máquina Instron Electron Plus-3000, com célula de carga de 10kN, na temperatura ambiente de 23°C. Utilizou-se frequência de 1Hz e um nível de carregamento de 25% da carga máxima obtida no ensaio de tração. Nesta relação a razão entre as cargas mínima e máxima do ensaio de fadiga, deve apresentar quociente maior ou igual a 0,1 (Equação 1). Não foram utilizados outros níveis de carregamento por se tratar de um material frágil, impossibilitando a aplicação de outra carga sem que ocorresse a fratura do material antes do ensaio. Os valores de amplitude e carga média foram obtidos respectivamente a partir das Equações 2 e 3.

$$R = \frac{\text{Carga}_{\text{mínima}}}{\text{Carga}_{\text{máxima}}} \geq 0,1 \quad (1)$$

$$\text{Amplitude} = \frac{\text{Carga}_{\text{mínima}} - \text{Carga}_{\text{máxima}}}{2} \quad (2)$$

$$\text{Carga Média} = \frac{\text{Carga}_{\text{mínima}} + \text{Carga}_{\text{máxima}}}{2} \quad (3)$$

2.4 Stress Cracking

Para análise da influência da água no fenômeno de stress cracking no compósito, os corpos de prova em sua secção central foram enrolados com algodão (Figura 1) e ensopados com água. A água era adicionada periodicamente durante o ensaio, sempre mantendo o compósito em contato com o líquido.



Figura 1: Corpo de prova preparado para o ensaio

2.5 Morfologia

A caracterização morfológica foi realizada na superfície de fratura das amostras submetidas ao ensaio de tração. Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura da marca Jeol, modelo JSM-6510LV com magnificação de 100x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão os resultados obtidos no ensaio de força máxima sob tração, onde as diversas formulações foram testadas. Os resultados de força máxima desse ensaio serviram para calcular o do nível de carregamento utilizado no ensaio de resistência a fadiga.

Tabela 1: Resistência a Tração dos Compósitos

Formulação	Força Máxima (N)
------------	------------------

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Puro	878,4 ± 61,1
60% Mad.	381,2 ± 50,0
65% Mad.	496,8 ± 61,6
70% Mad.	751,6 ± 11,6

Com os resultados de Força Máxima, utilizou-se um nível de carregamento de 25% para o ensaio de resistência a fadiga. Com esse carregamento obtemos os parâmetros para o ensaio resistência a fadiga (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros do ensaio de Resistência a Fadiga.

Parâmetros	% Farinha de Madeira			
	Puro	60%	65%	70%
Carga Máxima de Fadiga (N)	219,6	381,2	469,8	751,0
Carga Mínima (N)	22,00	9,5	12,4	18,8
Carga Média (N)	120,8	52,4	68,3	103,3
Amplitude (N)	98,8	42,9	55,9	84,5
Frequência (Hz)	1	1	1	1

A Tabela 3 e a Figura 2 apresentam os resultados obtidos no ensaio de resistência a fadiga para os compósitos analisados com 25% de nível de carregamento.

Tabela 3: Número de ciclos dos compósitos analisados

Formulação	Número de Ciclos
Puro	613.487
60%	329.894
65%	298.457
70%	156.808

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

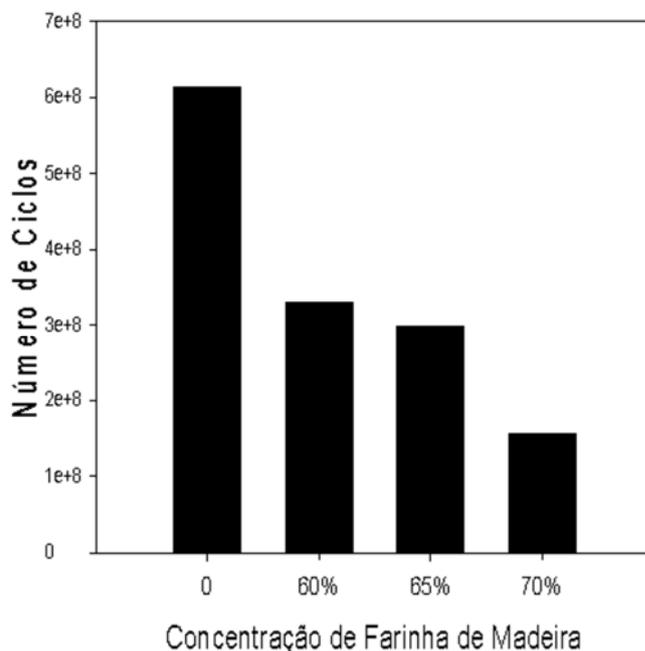


Figura 2: Número de ciclos em função da concentração de farinha de madeira

Considerando a presença da água em todas as formulações observou-se que a adição de farinha de madeira diminuiu significativamente a resistência a fadiga dos compósitos. O compósito com 60% de farinha de madeira apresenta uma redução de 54% no número de ciclos quando comparado com o polímero puro nas mesmas condições. Para o compósito com 70% de farinha de madeira esta redução é de 75%. Este comportamento deve-se a fragilidade do material devido a presença de altas concentrações de madeira. A adição da fibra eleva a rigidez do composto, aumentando a fragilidade destes. Através da morfologia da superfície de fratura destes compósitos (Figura 3) observa-se que não houve adesão eficiente entre as fases, resultando em um fraco ancoramento da fibra matriz. Observa-se nas micrografias regiões porosas e vazios, indicados pelas setas, que são deixados pelas partículas de madeira após a fratura do corpo de prova. Na Figura 3b observa-se que não houve molhamento entre as fases. Este comportamento colabora com os resultados obtidos na análise da resistência mecânica sob tração e na resistência a fadiga.

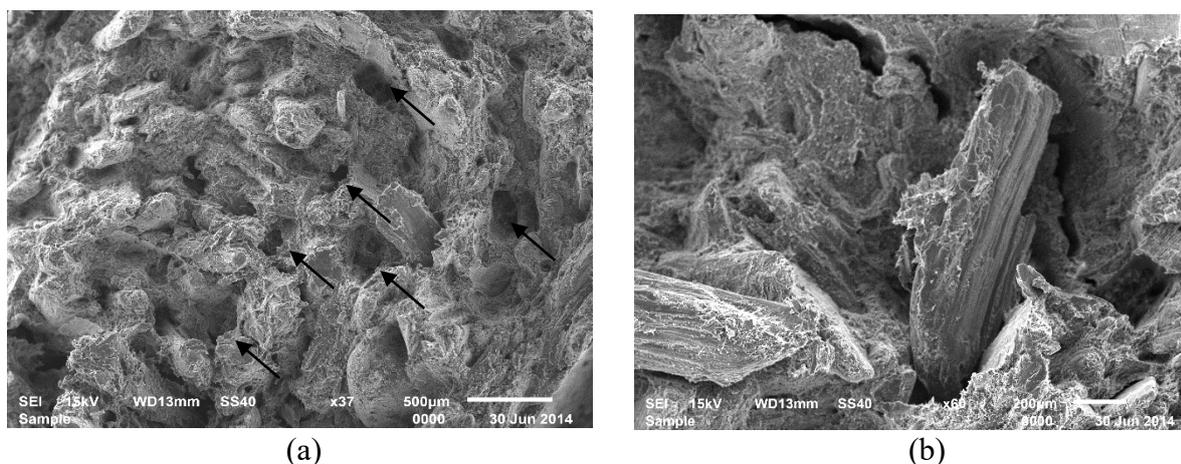


Figura 3: Micrografia da superfície de fratura dos compósitos: (a) 65% de Farinha de Madeira; (b) 70% de Farinha de Madeira.

4. CONCLUSÃO

Com a análise de todos os dados podemos observar uma grande tendência para a fragilidade do material quando é adicionado um percentual elevado de carga. A resistência a fadiga foi fortemente influenciada pelas concentrações de cargas gerando falhas no material. Este comportamento foi justificado pela fraca adesão entre as fases dos compósitos conforme a morfologia da superfície de fratura. A influência da água não pode ser avaliada de maneira eficaz, novos ensaios precisam ser realizados para verificar a influência deste agente no comportamento mecânico dos compósitos.

REFERÊNCIAS

¹Jeong, G. Y.; *Tese de Doutorado*, Louisiana State University, 2005.

²Mondardo, F. H.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

³Clemons, C.; *Forest Products Journal*, Vol. 52, Wisconsin, 2002.

⁴Moraes, D. V. O.; Estudo de variáveis de composição no comportamento em fadiga de compósitos de polipropileno e fibra de coco. Disponível em: <http://fei.edu.br/~rodrmagm/PROJETOS_IC/2010/IC2010_Dijan.pdf>. Acessado em: 01/11/2014.

⁵Farias, R. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

⁶Chávez, M. A.; Stress Cracking – O Matador de Plásticos, *Revista Plásticos & Negócios*. Nº .3 / 2006.

⁷Klyosov, A. A.; *Wood-Plastic Composites*, John Wiley & Sons, New York, 2007.

⁸Farias, R. R.; Santos, Z. I. G.; Azevedo, J. B.; in *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Campos do Jordão, 2011.

⁹Cruz, M. C. A.; Sousa, J. A.; in *Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Foz do Iguaçu, 2010.

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE RESÍDUOS DE UVAS TINTAS

Roseane S. Oliveira¹, Gabriele de Abreu Barreto¹, Carlos A. B. C. Silva², Marcelo
A. Umsza-Guez³, Bruna A. S. Machado¹

¹SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, E-mail: rosesolliveira@gmail.com,
abreugabriele@gmail.com, brunam@fieb.org.br.

²Diretor de Pesquisa, Consulado do Vale, Petrolina/PE, E-mail: consuladodovale@gmail.com

³UFBA – Universidade Federal da Bahia, E-mail: paraumsza@hotmail.com

RESUMO

O aproveitamento de resíduos agroindustriais, potencialmente ricos em substâncias de alto valor nutricional e funcional, tem mostrado ser uma alternativa promissora no que diz respeito à recuperação de compostos bioativos. O objetivo do trabalho foi realizar caracterização fitoquímica de resíduo de uvas tintas da variedade Syrah utilizando dois tipos de solventes extratores. O resíduo de uvas, constituído de cascas e sementes, foi cedido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Petrolina (PE) e mantido sob congelamento. Para os ensaios foi elaborado um extrato do resíduo com solvente na proporção 1:5. As análises de compostos fenólicos totais e flavonoides foram realizadas em espectrofotômetro com base na curva padrão de ácido gálico e quercetina, respectivamente. A determinação da atividade antioxidante por DPPH também foi realizada em espectrofotômetro. A concentração de fitoquímicos nos resíduos de uvas para o solvente etanol 95% e metanol 99%, respectivamente, foi de 334,246±0,005 e 550,684±0,020 mg EAG/g para o conteúdo de compostos fenólicos; 3,624±0,004 e 7,217±0,004 mg EQ/g para o teor de flavonoides; e foi observado o conteúdo de 0,492±0,003 e 0,729±0,006 mg/g para o conteúdo de antocianinas. O valor de CE50, concentração efetiva de extrato que neutraliza 50% dos radicais livres, para o resíduo da variedade Syrah foi de 2,403±0,075 mg/g para o extrato etanólico e para o metanólico obteve-se o valor de 0,657±0,124 mg/g.

Palavras-chaves: compostos fenólicos; flavonoides; antocianinas; atividade antioxidante; *Vitis vinífera L.*

ABSTRACT

The use of agricultural residues, potentially rich in substances of high functional and nutritional value, has been shown to be a promising alternative in respect to recovery of bioactive compounds. The objective was carry out phytochemical characterization of residue of grapes of Syrah variety using two types of extracting solvents. The residue of grapes, consisting of skins and seeds, was ceded by the Brazilian Agricultural Research Corporation - Petrolina (PE) and kept under freezing. For the tests it designed a residue extract solvent in the ratio 1:5. The analysis of phenolic compounds and flavonoids were carried out in a spectrophotometer based on the standard curve of gallic acid and quercetin, respectively. Determination of antioxidant activity by DPPH was also performed in a spectrophotometer. The concentration of phytochemicals in grapes residues to the solvent ethanol 95% and methanol 99% respectively, was 334.246 ± 550.684 ± 0.005 and 0.020 mg GAE / g for the

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

content of phenolic compounds; 3.624 ± 0.004 and 7.217 ± 0.004 mg EQ / g for flavonoid content; and it noted the contents of 0.492 ± 0.003 and 0.729 ± 0.006 mg / g for the content of anthocyanins. The EC50 value, effective concentration extract that neutralizes 50% of free radicals to the residue variety Syrah was 0.075 ± 2.403 mg / g for the ethanol extract and the methanol there was obtained a value of 0.657 ± 0.124 mg / g.

Keywords: *phenolic compounds; flavonoids; anthocyanins; antioxidant activity; Vitis vinifera L.*

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de uva é uma das atividades mais importantes no cenário agrícola mundial, possuindo destaque tanto na economia, quanto a nível nutricional e fitoquímico. A viticultura brasileira apresenta grande diversidade, no Nordeste, a região do Vale do São Francisco se destaca como polo produtor e exportador de uvas de alta qualidade [1], além de ser capaz de produzir mais de duas safras por ano [2].

A uva contém vários elementos, tais como vitaminas, minerais, hidratos de carbono, fibras alimentares e fitoquímicos. A importância nutricional das uvas e dos produtos obtidos, como sucos, vinho, uva, geleias e passas têm sido relatadas constantemente [3]. A correlação direta entre ingestão de uvas e vinhos com benefícios na saúde é devido a grande quantidade de compostos fenólicos presentes nessa fruta, que apresentam significativo poder antioxidante [4].

Dentre os diversos resíduos gerados pela agroindústria, os vinícolas destacam-se por serem fontes ricas em compostos fenólicos [5]. O processamento da uva gera grande quantidade de resíduos, cerca de 30% do volume de uvas utilizadas, que embora seja biodegradável, exige um tempo mínimo para ser mineralizado, constituindo-se numa fonte de poluentes ambientais [6,7]. Estima-se que, aproximadamente, a cada 100 litros de vinho produzidos, no mundo, sejam gerados de 25 a 31 kg de resíduos. Do total de resíduo produzido, cerca de 13 a 17 kg são constituídos de bagaço, sendo por isso, referenciado com o principal resíduo do processamento da uva [8,9]. Com a grande quantidade de subprodutos e resíduos gerados, existe um interesse crescente no aproveitamento desses produtos como culturas industriais, tanto por razões econômicas quanto por preocupações ambientais [10,11].

A utilização do bagaço da uva e dos seus componentes tem um impacto ambiental importante na redução do lixo, e possibilidades para elaboração de produtos com alto valor agregado. A biomassa residual de uvas que foram beneficiadas pode ser uma matéria-prima barata e valiosa para a recuperação de compostos polifenólicos biologicamente interessantes e produtos a base desses compostos.

O bagaço de uva é constituído de cascas, talos ou hastes e sementes, que apresentam teores significativos de compostos fenólicos, sendo os principais os flavonóides (antocianinas, flavanóis e flavonóis), os estilbenos (resveratrol), os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos cinâmicos e benzóicos) e uma larga variedade de taninos [12,13]. Estes compostos bioativos

possuem propriedades antioxidantes, como a inibição de lipoperoxidação e a atividade antimutagênica, além de atuarem como antagonistas naturais de patógenos, dessa forma podem exercer um importante papel fisiológico, minimizando os danos oxidativos no organismo animal [14,7].

A potente atividade antioxidante de extratos de vinho e uva no controle da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade in vitro foram correlacionadas significativamente com a ação dos compostos fenólicos contidos nas amostras, principalmente, na casca da uva [15,16].

Diversos estudos buscam a aplicabilidade de resíduos oriundos do processamento da uva, principalmente com o objetivo de aumentar o aporte de componentes bioativos em produtos alimentícios [17,18]. Pesquisas nas áreas alimentícias, farmacêutica, médica e agrônômica têm revelado grande potencial do resíduo de uva para recuperação de compostos fenólicos e flavonoides, uma vez que, são comprovados nessas pesquisas, benefícios associados a sua ingestão, como melhoria a tolerância à glicose em diabéticos, diminuição da ocorrência de doenças cardiovasculares, atenuação dos sintomas da menopausa, proteção contra a osteoporose, câncer e mal de Alzheimer.

Os recentes estudos científicos têm sido voltados para o emprego de resíduos oriundos do processamento de alimentos [19, 20, 21]. O conteúdo de compostos bioativos obtidos de resíduos alimentícios apresenta grande potencial para incorporação em gêneros alimentícios, podendo oferecer um caráter funcional a produtos originalmente pobres nesses compostos, característica importante quando se trata do estímulo à busca por estilo de vida saudável.

A extração destes compostos polifenólicos em matérias vegetais tem sido realizada com diversos solventes e diferentes métodos, sendo que o rendimento da extração é influenciado tanto pelo solvente utilizado como pelo método aplicado [22, 23, 24]. Sendo assim, o presente trabalho objetivou realizar caracterização fitoquímica de resíduo de uvas tintas da variedade *Syrah* utilizando diferentes solventes extratores, etanol e metanol.

2. METODOLOGIA

Para o estudo foram utilizados resíduos de uvas tintas da variedade *Syrah* gerados pela industrialização da uva, da região do Vale Submédio do São Francisco. As uvas e os resíduos de vinícolas foram transportados para o laboratório experimental, onde foram mantidas sob temperatura de congelamento até a realização dos procedimentos experimentais.

Elaboração do extrato

Para os ensaios foi elaborado um extrato a partir do resíduo, que foi diluído com solvente na proporção 1:5, em seguida foi agitado por 60 minutos a 55°C em incubadora tipo *shaker*, centrifugado por 10 minutos, filtrado com filtros de papel (80g/m²) e deixados em estufa a 55°C até peso constante. As soluções para as análises fitoquímicas foram preparadas com etanol 95% e metanol a 99%, tendo como concentração final 5mg/mL.

Determinação dos compostos Fenólicos Totais.

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu [25]. Preparou-se a reação em tubo de ensaio contendo uma alíquota de 0,5mL da amostra concentrada a 1mg/mL, 2,5mL de solução aquosa de Folin-Ciocalteu (10%) e 2,0mL de carbonato de sódio (7,5%). Os tubos foram aquecidos em banho-maria a 50°C durante 5 minutos e por seguinte foi realizada a leitura em espectrofotômetro em absorvância de 765nm. A quantificação dos fenólicos totais se deu a partir da curva padrão de soluções conhecidas do padrão ácido gálico e expressa em equivalente de ácido gálico (mg de ácido gálico em g de extrato).

Determinação do teor de Flavonoides Totais

A análise foi feita em espectrofotômetro a 415nm, utilizando-se 3mL de cloreto de alumínio a 2% diluído em metanol [26] e 3mL das amostras. O mesmo procedimento foi realizado utilizando soluções conhecidas do padrão quercetina para a elaboração da curva padrão e a quantidade de flavonoides totais foi expressa como equivalentes de quercetina (mg de quercetina em g de extrato).

Antocianinas

A extração das antocianinas dos resíduos de uva *Syrah* foi realizada conforme metodologia descrita na literatura [27]. Cerca de 0,5g da amostra foi pesada em erlenmeyer e por seguinte foram adicionados 30mL da solução extratora (etanol 95% - HCl 1,5N e metanol 95% - HCl 1,5N) na proporção 85:15. As amostras repousaram por 12h a 4°C. Após o tempo transcorrido, filtrou-se o conteúdo para um balão volumétrico de 100mL, envolto com papel alumínio, aferindo-se com a própria solução extratora, deixou-se descansar por 2h em temperatura ambiente antes da leitura feita por espectrofotometria a 535nm.

Determinação da capacidade anti-radical (DPPH)

A mensuração da atividade antioxidante foi pelo método DPPH [28] utilizando-se o reativo 1,1-diphenil-2-picrilhidrazil, usado como radical livre com o objetivo de reagir com os compostos antioxidantes presentes nas amostras. Cinco diluições foram preparadas (0,6 a 2,2mg/mL) das soluções etanólica e metanólica, em triplicata. Uma alíquota de 1mL de cada diluição da amostra foi transferida para tubos de ensaio com 3,0mL da solução etanólica radical DPPH (0,004%). Após 30 minutos de incubação à temperatura ambiente, a redução do radical livre DPPH foi quantificada pela leitura da absorvância em 517nm. O mesmo procedimento foi adotado com os solventes (etanol e metanol) no lugar da amostra, sendo considerado como branco. A capacidade de sequestrar radical livre foi expressa por percentual de inibição de oxidação do radical e calculada conforme a Equação (01).

$$\% \text{ sequestro} = 100 - \frac{(\text{absorbância final da amostra} * 100)}{\text{absorbância branco}} \quad (01)$$

Além da porcentagem de inibição de oxidação do radical, foi calculada a concentração efetiva necessária para o sequestro de 50% do DPPH (EC50).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas encontrados para o resíduo de uva *Syrah* encontram-se na Tabela 1. Os compostos fenólicos são fitoquímicos com alta capacidade antioxidante e eficazes na redução de radicais livres, através de mecanismos de inibição de enzimas responsáveis pela produção e redução de espécies reativas de oxigênio [29]. Os compostos fenólicos, em razão das suas características, podem ser extraídos de uma matriz utilizando solventes polares, entretanto, é fundamental definir adequadamente o solvente de extração de acordo com a matriz utilizada [14].

Tabela 1 – Média±desvio padrão da quantificação de compostos de fenólicos (mg de equivalente de ácido gálico/g), flavonoides (mg de equivalente de quercetina/g) e antocianinas totais (mg/g) de resíduos de uvas da variedade *Syrah*.

Amostra	Fenólicos (mgEAG/g)	Flavonoides (mgEQ/g)	Antocianinas (mg/g)
Resíduo <i>Syrah</i> EtOH	334,246±0,005	3,624±0,004	0,492±0,003
Resíduo <i>Syrah</i> MetOH	550,684±0,020	7,217±0,004	0,729±0,006

*Desvio padrão referente às absorvâncias obtidas.

A amostra de resíduo avaliado apresentou maior teor de compostos fenólicos utilizando solvente metanólico, 550,684 mg EAG/g, enquanto que a extração com o etanol resultou num teor de 334,246 mg EAG/g. É possível encontrar na literatura conteúdo de compostos fenólicos em uvas tinta inferiores ao encontrado nesta pesquisa, com aplicação de diferentes sistemas solventes para a extração. Llobera e Cañellas [30], relataram teores médios de 26,3 mg EAG/g em peso seco, utilizando metanol a 50% para extrair compostos fenólicos do bagaço de uvas tintas da variedade *Manto Negro*. Negro et al. [21], pesquisaram os resíduos da vinificação de uva da variedade *Negro Amaro*, com extração a partir do etanol a 80% acidificado, e encontraram teor de compostos fenólicos de 41,9 mg EAG/g em peso seco no bagaço. A diferença nos valores pode estar relacionada com as variações no método de extração utilizado e a heterogeneidade das estruturas químicas dos compostos das variedades estudadas.

Os flavonoides são os principais compostos fenólicos presentes na uva, que compreendem as antocianinas e flavonóis [13]. O teor de flavonoides encontrado na amostra de resíduos de uvas foi de 7,217 mg EQ/g empregando o solvente metanol e 3,624 mg /g utilizando o etanol. De forma concordante, Silva et al. [31] encontraram 1,60 mg EQ/g do conteúdo de antocianinas totais para a casca da variedade *Alicante*, utilizando solução extratora etanol 95%, acidificada com HCl 1,5 N.

O teor de antocianinas, presentes no resíduo de uvas estudado, apresentou valores de 0,729 e 0,492 mg/g, para o extrato metanólico e etanólico, respectivamente, indicando a maior eficiência do metanol na extração deste flavonoide. De acordo com Malacrida [32] o teor de antocianinas encontrado em uvas tintas maduras variam de 0,30 a 7,50 mg/g. Kato et al. [33], encontraram valores próximos para uvas da cv. Bordô, uma faixa de 0,143 a 0,978 mg/g de antocianinas, utilizando etanol 70% como solvente extrator em diferentes faixas de pH.

O conteúdo de antocianinas se relaciona com a capacidade antioxidante da uva, quanto mais intensa a coloração maior será o potencial funcional, logo as uvas de coloração escura apresentam maior conteúdo de compostos fenólicos e maior capacidade antioxidante [4]. A concentração destes compostos é influenciada por diversos fatores, pois a composição química da uva varia, principalmente, em função do clima, solo, variedade e cultivar.

A atividade antioxidante e a porcentagem de sequestro de radicais livres para os extratos de resíduos de uvas da variedade *Syrah* são apresentados na Tabela 2. A variação da atividade antioxidante foi expressiva em relação ao tipo de solvente utilizado no experimento. O percentual de atividade antioxidante foi mais elevado utilizando solução extratora a partir de metanol, resultando num sequestro de radicais livres duas vezes superior ao etanol nas mesmas concentrações. Mello [34] pesquisou a composição química de extratos aquosos de resíduos provenientes da produção vinícola, e encontrou para os resíduos de *Cabernet Sauvignon* e *Moscato* percentuais superiores a 90 % de atividade antioxidante.

Tabela 2 - Porcentagem de sequestro dos radicais livres de DPPH (%)±desvio padrão*.

Concentração mg/mL	Resíduo <i>Syrah</i> EtOH	Resíduo <i>Syrah</i> MetOH
2,2	47,366±0,008	81,666±0,005
1,8	41,646±0,005	80,555±0,023
1,4	35,843±0,006	72,906±0,005
1,0	29,588±0,006	60,384±0,008
0,6	24,115±0,008	43,717±0,006

*Desvio padrão referente às absorvâncias obtidas.

O valor de CE50 representa a concentração efetiva de extrato que sequestra 50% dos radicais livres. Para as amostras solubilizadas com etanol, o EC50 encontrado foi de 2,403±0,075 mg/g e para as metanólicas obteve-se o valor de 0,657±0,124 mg/g. Desta forma, a solubilidade dos compostos antioxidantes em meio metanólico foi superior ao em meio etanólico, visto que quanto menor o EC50 melhor será a atividade antioxidante do composto analisado.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a influência dos diferentes sistemas solventes empregados na extração de compostos bioativos dos resíduos de uvas tintas da variedade *Syrah*. Os teores detectados de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas foram mais expressivos com o uso do solvente metanol, que apresentou maior capacidade extratora destes compostos bioativos em resíduos de uvas. O uso do sistema solvente metanol resultou em teores de compostos fitoquímicos mais elevados em cerca de 40%, quando comparados com os conteúdos obtidos utilizando o solvente etanol.

Sugere-se que outros estudos sejam desenvolvidos, utilizando distintos sistemas solventes, para avaliar o comportamento extrator em resíduos de uvas.

5. REFERÊNCIAS

- ¹Grangeiro, L. C.; Leão, P. C. S.; Soares, J. M. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva superior seedless cultivada no vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2002**, *24*, 552-554.
- ²Camargo, R. B.; Peixoto, A. R.; Terao, D.; E. O. Ono, Leonardo Sousa Cavalcanti. Fungos causadores de podridões pós-colheita em uvas apirênicas no pólo agrícola de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. *Revista Caatinga* **2011**, *24*, 15-19.
- ³Djilas, S.; Čanadanović-Brunet, J.; Četković, G. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* **2009**, *15*, 191-202.
- ⁴Abe, T. L.; Mota, R. V.; Lajolo, F. M.; Genovese, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* L. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2007**, *27*, 394-400.
- ⁵Rubilar, M.; Pinelo, M.; Shene, C.; Sineiro, J.; Nuñez, M. J. Separation and HPLC-MS identification of phenolic antioxidants from agricultural residues: almond hulls and grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2007**, *55*, 10101-10110.
- ⁶Makris, D. P.; Boskou, G.; Andrikopoulos, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* **2007**, *20*, 125-132.
- ⁷Cataneo, C. B.; Caliar, V.; Gonzaga, L. V.; Kuskoski, E. M.; Fett, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. *Semina: Ciências Agrárias* **2008**, *29*, 93-102.
- ⁸Costa, J. E.; Belchior, A. P. Elaboração e utilização dos produtos secundários da vinificação. Relatório nacional, Lisboa, **1972**.
- ⁹Costa, J. M. Aproveitamento de subprodutos da vinificação. O bagaço como matéria prima da indústria de óleos e grainha e de fabrico de rações para gado. In: 1º Congresso Nacional das Indústrias Agro-Alimentares, **1983**.
- ¹⁰Spigno, G.; Pizzorno, T., Faveri, D. M. Cellulose and hemicelluloses recovery from grape stalks. *Bioresourch Technology* **2008**, *99*, 4329–4337.
- ¹¹Prozil, S. O.; Evtuguin, D. V.; Lopes, L. P. C. Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces. *Industrial Crops and Products* **2012**, *35*, 178-184.
- ¹²Cabrita, M. J.; Silva, J. R.; Laureano, O. Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. I Seminário Internacional De Vitivinicultura, México, **2003**.
- ¹³Francis, F. J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. *Cereal Foods World* **2000**, *45*, 208-213.

- ¹⁴Souquet, J-M. Phenolic composition of grape stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2000**, *48*, 1076-1080.
- ¹⁵Teissedre, P. L.; Walzem, A. L.; R. L.; German, J. B.; Frankel, E. N.; Clifford, A. J. Composés phénoliques du raisin et du vin et santé. *Bulletin de l'OIV* **1996**, *69*, 781-82, 251-27.
- ¹⁶Tomera, J. F. Current knowledge of the health benefits and disadvantages of wine consumption. *Trend in Food Science Technology* **1999**, *10*, 129-138.
- ¹⁷Määttä-Riihinen, K. R.; Kamal-Eldin, A.; Mattila, P. H.; González-Paramás, A. M.; Törrönen, A. R. Distribution and contents of phenolic compounds in eighteen Scandinavian berry species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2004**, *52*, 4477-4486.
- ¹⁸Pinelo, M.; Rubilar, M.; Jerez, M.; Sineiro, J.; Núñez, M. J. Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* **2005**, *53*, 2111-2117.
- ¹⁹Gruz, A. P. G.; Sousa, C. G. S. E.; Torres, A. G.; Freitas, S. P.; Cabral, L. M. C. Recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2013**, *35*, 1147-1157.
- ²⁰Pozza, M. S. V.; Braga, G. C.; Salibe, A. B. Teores de antocianinas, fenóis totais, taninos e ácido ascórbico em uva 'bordô' sobre diferentes porta-enxertos. *Revista Ceres* **2012**, *59*, 701-708.
- ²¹Negro, C.; Tommasi, L.; Miceli, A. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. *Bioresource Technology* **2003**, *87*, 41-44.
- ²²Teixeira, L. N.; Stringheta, P. C.; Oliveira, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. *Revista Ceres* **2008**, *55*, 297-304.
- ²³Rockenbach, I. I.; Silva, G. L.; Rodrigues, E.; Kuskoski, E. M.; Fettl, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2008**, *28*, 238-244.
- ²⁴Camargo, A. G.; Pieretti, G. G.; Menegotto, R. S.; Jardim, C. D.; Coutinho, M. R. Estudo da extração de antocianinas do resíduo da fabricação de vinho caseiro. *Anais da SIEPE – Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão*, **2009**.
- ²⁵Singleton, V. L. & Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* **1965**, *16*, 144-158.
- ²⁶Marcucci, M. C.; Woisky, R. G. & Salatino, A. Uso de cloreto de alumínio na quantificação de flavonoides em amostras de própolis. *Mensagem doce* **1998**, *46*, 3-8.

- ²⁷Francis, F. J. Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (ed.) Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, **1982**. 181-207.
- ²⁸Brand W. W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* **1995**, *28*, 25-30.
- ²⁹Fu, L.; Xu, B. T.; Xu, X. R.; Gan, R. Y.; Zhang, Y.; Xia, E. Q.; Li, H. B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry* **2011**, *129*, 345-350.
- ³⁰Llobera, A.; Cañellas, J. Dietary fibre content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem. *Food chemistry* **2007**, *101*, 659-666.
- ³¹Silva, M. S.; Alves, R. E.; Silva, S. M.; Coelho, M. A. L. Quantificação de antocianinas totais determinadas na casca e na polpa de uvas tintas destinadas à produção de vinhos. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE), **2011**.
- ³²Malacrida, R. C.; Motta, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. *Boletim do Ceppa* 2006, *24*, 59-82.
- ³³Kato, C. G.; Tonhi, C. D.; Clemente, E. Antocianinas de uvas (*Vitis vinifera* L.) produzidas em sistema convencional. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial* **2012**, *6*, 809-821.
- ³⁴Melo, P. S. Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, **2010**.

BANHEIRO AUTOMATIZADO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA

Edeilson B. Santos¹, Naíse S. Santos² e Emanuel B. Cajueiro³

¹ SENAI – CIMATEC, E-mail: edeilsonbrito@gmail.com;

² UEFS – Feira de Santana, E-mail: nise_fsa@yahoo.com.br;

³ SENAI – CIMATEC, E-mail: emmanuel.cajueiro@fieb.org.br;

RESUMO

Nesse trabalho foi desenvolvido um sistema de automação residencial, com intuito de proporcionar qualidade de vida para pessoas com deficiência física. O sistema foi projetado, tendo o objetivo de otimizar o tempo gasto para a realização de abertura e fechamento da porta do banheiro, com intuito de promover acessibilidade de forma segura, garantindo a privacidade do usuário. Possuindo a capacidade de prevenir e auxiliar em situações do cotidiano domésticos bem como possíveis quedas e situações de emergência, monitorando a integridade física de seus ocupantes, mantendo a privacidade de seus usuários e a segurança na utilização.

Palavras-Chaves: Acessibilidade, Segurança, Cadeirantes, Automação.

ABSTRACT

In this work it was developed in home automation system, aiming to provide quality of life paragraph people with physical disabilities. The system was designed , the objective tendon optimize the pace spent the opening paragraph of achievement and the bathroom door lock with promote order of accessibility safely , ensuring the privacy of the user . having a prevent capacity in assist and situations do everyday domestic well as possible falls and emergency situations , monitoring the physical integrity of its occupants while maintaining the privacy of its users and safety in use .

Key Words : Accessibility, Safety , Chair , Automation .

1. INTRODUÇÃO

A acessibilidade tornou-se uma condição básica para a inclusão social, tendo em vista que por lei os espaços devem ser projetados de modo a proporcionar para todas as pessoas as condições mínimas de acesso. Pensando em concentrar esforços na melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência física a automação é um forte aliado para proporcionar que novos projetos de inclusão sejam desenvolvidos atendendo as necessidades dos cadeirantes em sua locomoção.

De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, há 45 milhões de portadores de deficiências no Brasil; destes, 13 milhões apresentam deficiência física motora, visual, auditiva ou mental. Nos últimos anos, tem-se notado uma preocupação progressiva com as questões da acessibilidade de pessoas de terceira idade e pessoas com deficiência física aos espaços públicos, tendo em vista a criação de leis que visam garantir a essas pessoas seus direitos como cidadão (i.e. [1]). A Lei nº 10098 19/12/2000, traz os aspectos gerais sobre a regulamentação do direito da acessibilidade estabelecendo uma porcentagem mínima de sanitários adaptados, em atendimento aos usuários de cadeiras de rodas, aparelho ortopédicos e idosos (i.e. [2]).

O projeto tem como objetivo contribuir de modo relevante para acessibilidade de pessoas com deficiência física e idosos e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida, utilizando como ferramenta fundamental a automação industrial para auxiliar no desempenho das atividades.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais e Métodos

A partir do convívio com estudantes portadores de deficiência física observou-se dificuldades no processo de abertura e fechamento da porta do banheiro, levando cerca de 1 a 2 minutos, além de não contar com qualquer auxílio em situações de emergência.

Diante das necessidades apontadas, foi desenvolvido um protótipo com intuito de verificar a aplicação da automação industrial e a viabilidade do projeto. Promovendo inicialmente um sistema capaz de diminuir o tempo gasto na abertura da porta, proporcionando segurança em situações de emergência.

2.2. Características eletrônica do Protótipo

No desenvolvimento do protótipo, foram utilizados componentes presentes na automação industrial como sensores, botões, placa controladora e sinalizadores. O protótipo tem como controlador um microcontrolador PIC16F77A (i.e. [4]). A escolha deste dispositivo foi sua utilização em sistema comercial sendo bastante difundida, estando acomodado em uma placa desenvolvida para normatizar os sinais de

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

entradas e saídas. A aplicação do microcontrolador é gerenciar todo o sistema do banheiro e realizar leitura das entradas (inputs) compostas pelos sensores e botões que atuam de acordo com a programação estabelecida. Para as saídas (output), estão sendo atuados os dispositivos eletrônicos: luz, leds, lâmpada, alarmes sonoros, alarmes luminosos e motor.

Para inicialização do processo de automação do banheiro adaptado para deficientes físicos é utilizado um sensor de aproximação infravermelho, ajustado para detecção de objetos a 3mm de distância, tendo o objetivo de enviar informação para placa controladora fazendo o sistema abrir a porta e acionar o sistema de iluminação. Após identificada a presença no interior do banheiro, é iniciado o fechamento da porta após 5 segundos, realizando o bloqueio do sensor de abertura externo. Um sinalizador luminoso na parte frontal do banheiro indicará que o banheiro se encontra ocupado. Para sair é necessário acionar o sensor interno, descrito na figura 1, que fará a porta abrir e ao fechar não estando ninguém em seu interior, acionará a iluminação indicando banheiro desocupado.

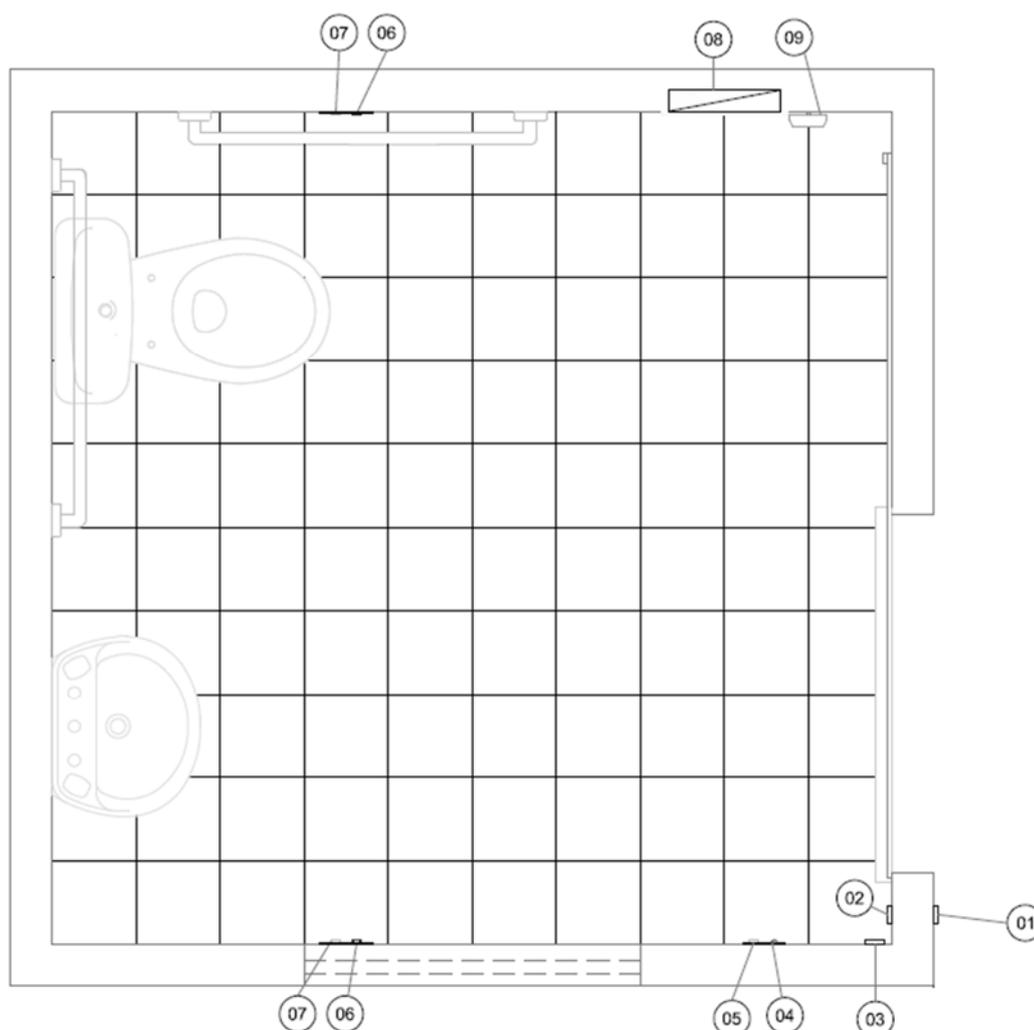


Figura 1 - Disposição dos Sensores - Vista Superior

Legenda: 01 Sensor para acionamento na parte externa; 02 Sensor para acionamento na parte interna; 03 Sensor de barreira; 04 Sinalização luminosa para alerta; 05 Sinalização sonora para alerta; 06 Botão de emergência; 07 Botão de resposta; 08 Quadro de comando e controle lógico; 09 Sensor de presença.

Legenda da figura 1:

Símbolo	Descrição
01	Sensor para acionamento na parte externa
02	Sensor para acionamento na parte interna
03	Sensor de barreira
04	Sinalização luminosa para alerta
05	Sinalização sonora para alerta
06	Botão de emergência
07	Botão de resposta
08	Quadro de comando e controle lógico
09	Sensor de presença

2.3. Sistema de Segurança interno

Para garantir a segurança dos usuários, o protótipo conta com 3 sensores do tipo ópticos de retro reflexão, funcionando como sensores de barreira, a fim de atender os requisitos da NBR9050, instalado para impedir o fechamento da porta sobre a pessoa, no momento de sua passagem pela porta.

Ao iniciar o processo de utilização do banheiro, o sistema verificador é inicializado, contabilizando a permanência no banheiro. Caso o sistema detecte utilização excessiva, o sistema de emergência criado fará soar no interior do banheiro bips para verificação da condição do usuário, no intuito de detectar a sua situação. Caso encontre-se bem, poderá acionar um botão de “reset” como resposta, evitando assim a busca automática por socorro.

2.4. Sistemas de Segurança Externos

O sistema externo trabalha com redundância ao interno, fazendo o uso de botões que podem ser acionados em caso de queda, ou em um possível acidente com perda de consciência. Em caso de acontecimentos desta situação, o sistema de segurança entra em funcionamento para detecção automática, acionado os sinalizadores sonoros e luminosos, habilitando a entrada para que a vítima possa ser socorrida.

Uma chave seletora foi colocada no protótipo podendo ser instalado na coordenação, portaria ou lugares de acesso restrito, para que seja possível habilitar a entrada em caso de situações diversas. Quando acionado o sinalizador de

emergência na parede frontal do banheiro, estará piscando, sinalizando que o sensor externo foi desbloqueado e logo em seguida é habilitada a entrada.

2.5. Gerenciamento da Energia

Por se tratar de um sistema automático e dependente de energia elétrica, foram projetados detectores de energia elétrica, que percebe a falta de energia e aciona o no-break de 700va, a fim de garantir sua total funcionalidade. Em situações em que o banheiro esteja ocupado, este sistema possibilita a saída do interior do banheiro. Para detecção da falta de energia a sinalização de banheiro ocupado e a sinalização no interior do banheiro estarão piscando indicando a falta de energia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Pesquisa Nacional de amostra de domicílio o número de idosos que moram sozinhos triplicou em 2015, chegando ao 3,70 milhões. (i.e. [5]). Com este cenário, o desenvolvimento do protótipo mostra eficiência pois foi desenvolvido em plataformas modulares pensado, para situações reais, cabendo substituição do sistema de abertura mecânica da porta.

Para a montagem em sistema real, o investimento previsto é de R\$4.000,00, pois o sistema apresenta características e equipamentos utilizados na indústria, como sensores e atuadores, sendo os mesmos utilizados em aplicações industriais, premissa adotada no projeto para aumento de confiabilidade na utilização diária. A placa controladora utilizada apresenta características eletrônicas importantes para o projeto sendo que os sinais enviados pelos sensores são tratados pelo sistema controlador, através de opto-acopladores evitando que possíveis curtos-circuitos cheguem a prejudicar o funcionamento do sistema, possibilitando ao protótipo um desempenho eficiência no funcionamento e baixo custo de implementação.



Figura 2 – Protótipo

4. CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido propôs contribuir de modo significativo para acessibilidade de pessoas com deficiência física e idosos, tendo como consequência a melhoria da qualidade de vida, utilizando como ferramenta fundamental a automação industrial para auxiliar no desempenho das atividades. Com a implementação deste protótipo o que se buscou foi torna as tarefas do dia a dia simples e promover inclusão, cumprindo o papel da tecnologia, em tornar as vidas das pessoas acessíveis e confortável.

Além dos resultados obtidos com os testes do protótipo e analisando cada etapa de construção da solução, os seus dispositivos apresentaram comportamento satisfatório demonstrando que o projeto tem potencial para atender ao público portadores de deficiência físicas, já que está cumprindo as normas técnicas vigentes. Novas pesquisas tenderão a garantir melhoria para o dispositivo objetivando reduzir os custos operacionais da solução e possibilitando o incremento de soluções de acesso remoto e disponibilidade de controle pela internet.

5. REFERÊNCIAS

¹EBC.(2015). Acesso em 07 de Julho de 2015, disponível em <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-06-29/pessoas-com-deficiencia-representam-24-da-populacao-brasileira-mostra-censo>

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

²ABNT. (2004). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT.

³MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2006). Acesso em 16 de abril de 2011, disponível em Dados estatísticos: http://www.portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=23426

⁴EMBARCADOS (2014). Acesso em 09 de Julho de 2015, disponível em <http://www.embarcados.com.br/curso-microcontroladores-pic16f/>

⁵FOLHA. (2015). Acesso em 08 de Julho de 2015, disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2013/12/1389765-numero-de-idosos-que-moram-sozinhos-triplica-em-20-anos.shtml>

CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL EM UM LAVADOR DE GASES

Giselle Lopes da Silva Gomes¹, Edna dos Santos Almeida²

¹Pós-graduanda em Gestão Integrada de QSMS – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

²Professora na Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

E-mails: gisellelopes20@hotmail.com, ednasa@fieb.org.br

ABSTRACT:

The Global water crises in the world enforce us inclined to think in more sustainable alternatives for industry. Many companies have goals to accelerate its commitment to help and to solve some of the world's sustainability challenges through innovation and replicability of simple and functional systems. In this context, use of rainwater catchment system appears as a primary alternative for conservation of water resources. In this paper, the main purpose is to evaluate the possibility of rainwater harvesting for industrial use in a Scrubber. In the course of this study It was verified that the full potential of rainwater harvesting in the industry represent a reduction of 80,4% of total water demand, with a savings of R\$ 26.633;60 in 2014. It is possible to conclude that the reuse of rainwater can used as a sustainable program system in the industry.

Keywords: sustainability, rainwater, rainwater catchment

RESUMO:

A escassez dos recursos hídricos no mundo faz com que sejamos levados a pensar em alternativas mais sustentáveis no âmbito industrial. Muitas empresas têm como meta acelerar o seu compromisso de ajudar a resolver alguns dos desafios mundiais de sustentabilidade através da inovação e replicabilidade de sistemas simples e funcionais. Nesse contexto, o aproveitamento de águas pluviais em um sistema de captação aparece como uma alternativa primária de conservação dos recursos hídricos. Nesse artigo, objetivou-se avaliar a possibilidade de captação de água de chuva para utilização industrial em um sistema de Lavador de Gases. Constatou-se durante esse estudo que o potencial total de captação de águas pluviais na indústria representaria uma redução de 80% da demanda total de água, resultando em uma economia de R\$ 26.633,60 em 2014. Conclui-se então que o reaproveitamento de águas pluviais pode ser utilizado como uma forma sustentável na indústria.

Palavras-chave: sustentabilidade, águas pluviais, captação de água de chuva

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível à vida humana. Mais que isso, ela é indispensável à produção industrial e vital para a manutenção dos ciclos ecológicos, químicos e biológicos que mantêm o equilíbrio dos ecossistemas. Atualmente, com o aumento da demanda e contaminação dos mananciais, a água tem se tornado um recurso natural cada vez mais escasso [1].

Segundo a Agência Nacional das Águas - ANA [2], o Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. A disponibilidade hídrica per capita indica uma situação satisfatória quando comparado aos valores dos demais países informados pela ONU. Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro. Cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica estão concentrados na região Amazônica onde se encontra o menor contingente populacional e valores reduzidos das demandas consecutivas. Neste sentido, o conhecimento da distribuição espacial da precipitação e, conseqüentemente, o da oferta de água é de fundamental importância para determinar o balanço hídrico nas bacias brasileiras.

Dono do maior potencial hídrico do planeta, o Brasil corre o risco de ter em 2015 problemas de abastecimento de água em mais da metade dos municípios. Este diagnóstico também está no Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água lançado pela ANA [3]. O levantamento mapeou as tendências de demanda e oferta de água nos 5.565 municípios brasileiros e estimou em R\$ 22 bilhões o total de investimentos necessários para evitar a escassez.

Considerando a disponibilidade hídrica e as condições de infraestrutura dos sistemas de produção e distribuição, os dados revelam que em 2015, 55% dos municípios brasileiros poderão ter déficit no abastecimento de água, entre eles grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte, Porto Alegre e o Distrito Federal. O percentual representa 71% da população urbana do país, 125 milhões de pessoas, já considerado o aumento demográfico. A escassez hídrica de algumas regiões e a adversidade das condições de suprimento de água à população urbana brasileira vem sendo objeto de estudos há anos, sem que, até o momento, tenham sido implantadas soluções globais, que permitam equacionar em definitivo os frequentes déficits de abastecimento [3].

A preocupação com a escassez da água não demanda só da sua quantidade disponível, mas também a sua qualidade. O lançamento de resíduos sólidos, lixos, esgotos domésticos e efluentes industriais são as principais causas da poluição dos rios, lagos e lagoas [4].

Neste contexto, o reaproveitamento e o reuso da água torna-se uma fonte alternativa de economia. Como exemplo, o aproveitamento da água da chuva tornou-se uma prática difundida em várias partes do mundo. Em algumas regiões, a água da chuva é praticamente a única forma de se ter acesso à água para utilização para o cozimento de alimentos, filtragem para beber, lavar roupas e louças. Em outras, ela é usada como forma de preservar os mananciais superficiais e as águas subterrâneas [5].

A captação da água de chuva constitui uma alternativa eficaz como forma de disponibilizar água “de boa qualidade” em diversas regiões e ainda controlar a vazão nos escoamentos superficiais das cidades. Esta alternativa sustentável pode ser feita em residências particulares, edifícios, instalações comerciais, condomínios, indústrias, chácaras, sítios, fazendas, casas de praia e edificações em geral [6].

A implantação do sistema de captação de águas pluviais traz diversas vantagens: redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma; evita a utilização de água potável onde esta não é necessária; os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo; ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios [7].

Na indústria, as águas pluviais são fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na maioria das fábricas. Os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento, em geral, não apresentam custos elevados e podem ser amortizados em períodos relativamente curtos. Esta fonte deve ser utilizada, na maioria das vezes, como complementar as fontes convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas [8].

Andrade Neto [9] afirma que apesar de milenar, a captação e utilização de água de chuva é uma tecnologia moderna quando associada a novos conceitos e técnicas construtivas e de segurança sanitária. No Brasil, a prática de acumular águas de chuva em cisternas vem recebendo maior atenção nos últimos 25 anos.

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) apóia e ajuda projetos de captação de águas pluviais nas regiões semiáridas disseminando informações técnicas sobre as primeiras águas, o manejo e local de construção das cisternas. O objetivo do programa é garantir água de boa qualidade, promovendo um uso racional desse recurso de tal modo que sua escassez relativa não continue a constituir impedimento ao desenvolvimento sustentável da região [10].

As águas de chuva, carregam impurezas, dissolvidas, suspensas e arrastam mecanicamente os sólidos de maior dimensão para um corpo hídrico tributário de que, pode vir a suprir uma captação para tratamento de água potável. Desta forma, essa água sofreu um processo natural de diluição e autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, nem sempre suficiente para realmente depurá-la. Geralmente, após o início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos,

microrganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que normalmente pouco tempo após a mesma já adquire características de água destilada, que pode ser coletada em reservatórios fechados. Em resumo, a água de chuva sofre uma destilação natural muito eficiente e gratuita [11].

Para uso humano, inclusive para como água potável, deve sofrer tratamento, a exemplo de filtração e cloração. Esta utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. Em geral, custo e fornecimento de água potável disponibilizadas pelas concessionárias nas cidades, pelo menos para residências, inviabiliza o aproveitamento econômico da água de chuva para este fim. Já para Indústrias, onde a água tem um maior custo é um insumo importante, sendo usualmente viável esse uso [12].

Em relação a conservação e tratamento da água de chuva, pode-se dizer que ela pode sofrer contaminação de duas maneiras: água muito tempo armazenada sem cloração ou a água que entra no reservatório já com contaminação, proveniente de sua passagem pelo telhado. É fato que o telhado recebe vários tipos de depósitos trazidos pelo vento como folhas, papel, lixo, poeira, etc. Assim sendo, para conservar a água de boa qualidade, deve-se realizar uma limpeza periódica dentro da caixa de captação, tubulações ou bicas de condução. Além disso, uma inspeção interna e externa da caixa de captação é importante para verificar a existência de trincas ou rachaduras evitando perda de água ou a infiltração de impurezas [13].

No contexto atual, as empresas estão cada vez mais comprometidas em ter operações seguras e sustentáveis em suas unidades e, dessa forma, acelerar o seu compromisso de ajudar a resolver alguns dos desafios mundiais de sustentabilidade através da inovação. O reaproveitamento da água pluvial pode ser utilizado como uma das ferramentas de gestão fundamental para a otimização dos recursos hídricos da produção industrial [14].

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de captação de água de chuva para utilização industrial em um sistema de Lavador de Gases, avaliando o atendimento a demanda do equipamento para este uso e os custos envolvidos.

2. METODOLOGIA

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma indústria química, situada em Simões Filho, que possui um Lavador de Gases. Este equipamento é utilizado no controle de poluição do ar, cujo objetivo é a remoção do material particulado de um fluxo de gás, pela colisão destas partículas com gotas de um meio de lavagem, sendo que a empresa utiliza para isto água potável obtida da concessionária local.

Realizou-se o levantamento do consumo de água pelo Lavador de Gases através de um hidrômetro instalado em sua linha de alimentação e, para o referido artigo, utilizou-se o consumo de janeiro a dezembro de 2014. Vale ressaltar que

funcionamento deste equipamento varia de acordo com a produção da fábrica, que opera por demanda.

Foi feito um levantamento das contas de água do ano de 2014 a fim de avaliar a demanda total de água e seu custo anual. A avaliação do potencial de utilização de águas pluviais foi calculada em função da área do telhado e do índice de precipitação mensal na região de Simões Filho.

Para o cálculo de volume de água de chuva aproveitável, utilizou-se o coeficiente de Runoff (C) que descreve a relação entre chuva e vazão. O modelo calcula a conversão de precipitação em escoamento. Um valor muito utilizado para coeficiente de escoamento superficial é de 0,8, ou seja, estima-se que 20% da água precipitada não contribuem para escoamento [14]. A equação abaixo demonstra como o volume de água de chuva é obtido:

$$V = P_{cp} \cdot A \cdot 0,8 \quad (C)$$

Onde,

V = Volume de água de chuva disponível

P_{cp} = Precipitação média da região

A = Área do telhado

O índice pluviométrico foi levantado através do site do Agritempo [15], dados de estações oficiais do governo, onde foram utilizados dados da média da precipitação mensal, de janeiro a dezembro de 2014. Tentou-se realizar o levantamento da cidade de Simões Filho, mas as estações encontradas estavam inoperantes ou só tinham dados da década de 60. Por esse motivo, a estação meteorológica estudada e que fica mais próxima da empresa, fica situada na cidade de Candeias, a 11 km da fábrica.

Foi realizada uma entrevista semi estruturada com o Engenheiro de Projetos onde foi questionado quais os requisitos para o projeto de captação de água de chuva na referida empresa, bem como o custo estimado, e os materiais necessários para a implantação do sistema de captação e quais desses materiais a empresa já dispõe.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O princípio de funcionamento do Lavador de Gases (Figura 1) é receber o gás ácido (SO² e SO³) contendo materiais particulados contaminados que não reagiram na produção. Esse gás entra pela parte de baixo do equipamento e ao subir, encontra-se com um chuveiro de água e com uma solução de soda cáustica. A reação do gás ácido com a água alcalina sai por um dreno em solução de água,

sulfatos e sulfitos que são direcionados para caixas de efluentes. O gás vai para a atmosfera isento de material particulado. [16]

A água utilizada para o Lavador de Gases é da concessionária, pois essa é a única fonte disponível já que a empresa não possui poços artesianos. Não foi encontrado no manual do fabricante (Hurner do Brasil), nem mesmo na literatura, dados sobre padrão de qualidade de água recomendados para uso no equipamento.

De acordo com a experiência profissional do Engenheiro da Área, que tem mais de 20 anos na função, a água de lavagem do Lavador de Gases pode ser facilmente substituída por água pluvial, em função do uso e do equipamento, tomando-se cuidado apenas com os possíveis sólidos em suspensão da água pluvial, que pode ser facilmente removida com a instalação de filtros que separa o material grosso como galhos, folhas, penas e outras partículas.

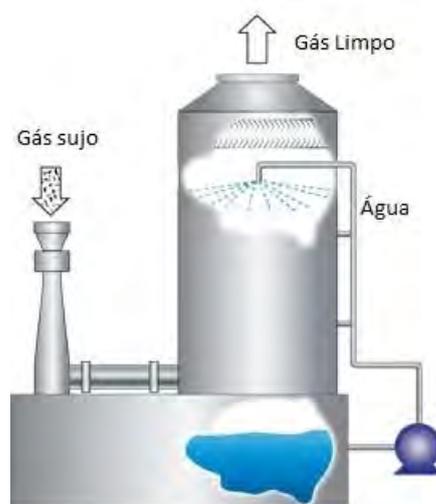


Figura 1: Lavador de Gases. Fonte: OzonioBras

Muito embora não exista padrão de qualidade de água pluvial para utilização no equipamento na empresa estudada, a NBR 15527, que trata de Requisitos Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis[17], sugere que sejam feitos estudos em relação ao alcance do projeto, as calhas e condutores que serão utilizados no sistema, os reservatórios que serão utilizados e a qualidade da água. Ela informa que os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista, de acordo com a utilização prevista.

A Tabela 1 apresenta o consumo mensal de água da empresa e o seu custo mensal e a demanda do lavador de gases e seu custo mensal. O consumo de água

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

pelo Lavador de Gases varia de acordo com a produção da fábrica, que opera por demanda. Um hidrômetro instalado em sua linha de alimentação indica a quantidade de água utilizada diariamente (16m^3).

Verifica-se que o consumo total de água em 2014 foi de 10.481 m^3 e que a demanda do lavador de gases foi de 2.320 m^3 , o que representa 22% do consumo de água potável total consumida na empresa. Para tentar reduzir esses custos foram feitos cálculos com a captação e utilização da água de chuva como uma fonte alternativa de utilização de água.

A área de captação será obtida através de um telhado de um galpão que tem 4000m^2 . Segundo o coeficiente de Runoff, 20% da água precipitada não contribui para escoamento, pois parte dela evapora ou não cai na área de captação.

Tabela 1. Diagnóstico da demanda de água total da Fábrica, custo mensal de água da empresa, demanda do Lavador de Gases e custo mensal da água do lavador de gases.

Mês	Consumo de água da empresa (m^3)	Custo mensal de água da empresa (R\$)	Demanda do Lavador de Gases (m^3)	Custo mensal de água do lavador (R\$)
Janeiro	716	10,274.60	176	2,525.60
Fevereiro	1011	14,507.85	208	2,984.80
Março	860	12,341.00	192	2,755.20
Abril	791	11,350.85	192	2,755.20
Mai	1017	14,593.95	208	2,984.80
Junho	1024	14,694.40	208	2,984.80
Julho	925	13,273.75	192	2,755.20
Agosto	1097	15,741.95	208	2,984.80
Setembro	718	10,303.30	176	2,525.60
Outubro	718	10,303.30	176	2,525.60
Novembro	804	11,537.40	192	2,755.20
Dezembro	800	11,480.00	192	2,755.20
TOTAL ANUAL	10481	150,402.35	2320	33,292.00

Fonte: A autora

A Tabela 2 apresenta a relação entre a demanda do lavador de gases, a precipitação média da região, o potencial volume de água de chuva aproveitável e o atendimento à demanda do lavador de gases.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 2: Demanda do lavador de gases, a precipitação média da região, o potencial volume de água de chuva aproveitável no ano de 2014.

Mês	Demanda do Lavador de Gases (m ³)	Precipitação média (mm)	Potencial Volume de Água de Chuva Vap (m ³)	Atendimento da demanda (%)
Janeiro	176	0	0	
Fevereiro	208	34.6	133	64%
Março	192	55.1	212	100%
Abril	192	74.3	285	100%
Mai	208	87.1	334	100%
Junho	208	20.6	79	100%
Julho	192	31.7	122	100%
Agosto	208	11.3	43	40%
Setembro	176	42.8	164	93%
Outubro	176	29.7	114	65%
Novembro	192	11.2	43	22%
Dezembro	192	109.3	420	100%
TOTAL ANUAL	2320	507.7	1949.6	80%

Fonte: A Autora

A captação de água foi calculada de forma acumulativa, dessa forma, um mês em que a captação pluvial foi acima da demanda aproveitável no lavador de gases, essa água ficará reservada em um tanque para aproveitamento posterior.

Utilizando o sistema de captação de água pluvial, durante o ano de 2014, teria-se uma redução de R\$ 26.633,60 no custo do insumo água, o que representa um percentual de 80,4% de economia.

Observa-se na Tabela 2 que os meses de Março, Abril, Maio e Dezembro de 2014 apresentaram os maiores potenciais de captação de água pluvial, de acordo com o volume médio de precipitação mensal do ano estudado.

Para implantar o projeto, é necessário fazer o desenho do projeto, verificar a área reservada para armazenamento e avaliar os custos dos materiais. Abaixo, segue os custos estimados para implantação do projeto na empresa (Tabela 3), onde não estão sendo considerado o custo do engenheiro de projetos e da mão-de-obra, pois estes serviços serão realizados por colaboradores da empresa, não sendo necessário contratação de serviço de terceiros. Salienta-se que a empresa já dispõe de calhas, tanque de armazenamento 230 m³, que deverá atender a demanda de armazenamento da água de chuva, e tubulações de PVC, assim os custos para a instalação do sistema de captação e utilização de água pluvial serão reduzidos.

Tabela 3: Previsão de custos dos materiais para instalação do sistema

Despesas Previstas	Quantidade	Unidade	Valor unit.	Valor total
Tubulações de PVC 25mmx6mm	50	m	R\$ 17.85	R\$ 892.50
Calhas	200	m	R\$ -	R\$ -
Tanque de armazenamento	230	m ³	R\$ -	R\$ -
Elemento filtrante DGD	2	Un	R\$ 96.13	R\$ 192.26
Tela de Nylon	2	m	R\$ 6.00	R\$ 12.00
Total				R\$ 1,096.76

Fonte: A autora

Desta forma, observa-se que, em função do potencial de captação de água de chuva, da redução de custo e do custo dos materiais ainda não disponíveis na empresa, o tempo de retorno do investimento será em 02 semanas.

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve por objetivo verificar a possibilidade de captação de águas pluviais para utilização em um sistema de Lavador de Gases. Através dele, pôde-se verificar que em 2014, teria-se uma economia de R\$ 26.633,60, o que representa 80,4 % de redução de consumo de água da concessionária para este uso.

Verificou-se que para a implantação na empresa envolveria o uso de mão-de obra interna, materiais já disponíveis e aquisição estimada em R\$ 1.096,76, sendo viável economicamente para a empresa. Além disso, representa uma maneira de reduzir o consumo de água potável, adotando-se uma forma sustentável que contribui para a conservação dos recursos hídricos. Tendo em vista o compromisso ambiental da empresa com a sustentabilidade e o Sistema de Gestão Integrada, esse projeto tem total capacidade de atender às suas metas ambientais.

REFERÊNCIAS

[1] GERLOF, J. Reutilização de Água de Resfriamento de carcaças de frango. Florianópolis, 2008.

[2] ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013, Brasília, 2013, 432p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html>. Acesso em: 29 de abril 2015.

- [3] ANA- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas Brasil : abastecimento urbano de água : resultados por estado / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília, 2010. 2v.
- [4] ALMEIDA, E. S. Tratamento de efluentes. Brasília : Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Departamento Nacional SENAI/DN, 2014.
- [5] KOBIYAMA, M. Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 110p.
- [6] MOREIRA, S. Aproveitamento da Água da Chuva – Desenvolvimento Sustentável. Seminário – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2007.
- [7] AQUASTOCK, 2005 APUD PEREIRA, L.R.; PASQUALETTO, A; MINAMI, MYM. **Viabilidade Econômico/Ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)–Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2008.
- [8] FIRJAN - Manual de conservação e reúso da água na indústria. Rio de Janeiro: DIM, 2006. 32p.
- [9] ANDRADE NETO, C. O., Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: **Anais do XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, 2004.
- [10] COSTA, EST. **A importância do uso de cisternas no assentamento Oziel Pereira – Remigio PB.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa, 2013. 55p. :il.
- [11] CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Reuso de água. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Águas-Superficiais/39-Reuso-de-Água>>. Acessado em: 23 de Maio 2015.
- [12] Portal Metalica Construção Civil. Como fazer captação de água de chuva. Disponível em: <www.metalica.com.br/como-fazer-captacao-de-agua-de-chuva> . Acessado em 11 de Maio 2015.
- [13] ÁGUAPARÁ SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARÁ. - Educação Ambiental para Conservação dos Recursos Hídricos [II]: REUSO DA ÁGUA DA CHUVA. Belém: Série Relatórios Técnicos Nº 4, 2005.
- [14] HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria- Centro de, Santa Maria, 2009.

[15] AGRITEMPO Sítio do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Disponível em <www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 29 de Abril 2015.

[16] ARREGUI, C. et al. **LAB Sulfonation**. Madrid – Spain: Petresa, 2001.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**, Rio de Janeiro, 2007. 8p.

CARACTERIZAÇÃO DE AMÊNDOAS DE CACAU COLETADAS EM DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA

Ana Alice Lima de Gouvêa¹, Emanuelle Andrade Dantas^{1,2}, Ingrid Lessa Leal^{1,3},
Bruna Aparecida Souza Machado^{1,4}

¹Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

E-mail: ana.gouvea@fieb.org.br, emanuelle@fbter.org.br, ingrid.leal@fieb.org.br,
brunam@fieb.org.br

RESUMO

O cacau é um produto de grande relevância na economia brasileira. A composição físico-química e qualidade das amêndoas de cacau dependem de diversos fatores, como a variedade do cacauzeiro, origem, técnicas agrícolas, clima, solo, o grau de maturação e a tecnologia pós-colheita. Desta forma, objetivou-se caracterizar amêndoas de cacau coletadas em diferentes períodos de colheita, por meio da avaliação do pH, atividade de água (aw), umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, fibras, carboidratos e energia. Foram utilizadas amêndoas de cacau de duas fazendas de Itabuna, região cacauzeira da Bahia. As amêndoas apresentaram um valor de pH entre 5,47 (amostra 2) a 5,94 (amostra 3) e, de aw entre 0,67 (amostra 2) a 0,85 (amostra 1). Em relação ao teor de umidade, identificou-se uma grande variação de 7,05% (amostra 4) a 10,72% (amostra 1). Os valores determinados para cinzas apresentaram variação de 3,01% (amostra 2) a 3,41% (amostra 4), para lipídios de 37,61% (amostra 4) a 42,85% (amostra 2), enquanto que os teores de proteínas apresentaram-se entre 12,84% (amostra 1) a 14,33% (amostra 4), e os de fibras 14,93% (amostra 1) a 22,07% (amostra 4). Os carboidratos calculados foram de 32,81% (amostra 1) a 37,60% (amostra 4), e a energia encontrada variou de 546,23 Kcal (amostra 4) a 572,97 Kcal (amostra 2), o que confere aos produtos do cacau, um alto valor energético. As amêndoas demonstraram boa qualidade, entretanto, sua composição físico química foi variável pelas práticas agrícolas, fatores edafoclimáticos e época de produção do cacau na região Sul da Bahia.

Palavras-Chaves: *Cacau; composição química; qualidade; clima; práticas agrícolas.*

ABSTRACT

Cocoa is a product of great importance in the Brazilian economy. The physical- chemical composition and quality of cocoa beans depends on various factors as the variety of cocoa, origin, farming techniques, climate, soil, the degree of maturation and post harvest technology. Thus, this study aimed to characterize cocoa beans collected in different harvest periods, by evaluation of pH, activity water (aw), humidity, ash, lipids, protein, fiber, carbohydrates and energy. Were used Cocoa beans from two farms of Itabuna, cocoa region

of Bahia. The beans exhibited a pH value of 5,47 (sample 2) to 5,94 (Sample 3) and, aw of 0,67 (sample 2) and 0,85 (sample 1). Regarding the humidity content, we identified a wide variation of 7,05% (sample 4) 10,72% (sample 1). The values determined for ash changed by 3,01% (Sample 2) 3,41% (sample 4), lipids 37,61% (sample 4) to 42,85% (Sample 2), while Protein concentrations were between 12,84% (sample 1) to 14,33% (sample 4), and fiber 14,93% (sample 1) to 22,07% (sample 4). The carbohydrates calculated of 32,81% (sample 1) to 37,60% (sample 4), and the energy found ranged from 546,23 Kcal (sample 4) to 572,97 Kcal (sample 2), which gives the cocoa products, a high energy value. The beans showed good quality, however, its physical-chemical composition varied by agricultural practices, edaphoclimatic factors and cocoa production season in southern Bahia.

Key Words: Cocoa; chemical composition; quality; weather; agricultural practices

INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é uma cultura perene originária da Floresta Amazônica, com grande expressão econômica no Brasil e no mundo. As primeiras sementes de cacau chegaram ao sul da Bahia no século XVIII. Com o clima quente e úmido da região, rapidamente se desenvolveram, transformando o sul do estado no principal produtor de cacau do país, sendo que, o cacau ou sementes, é o principal ingrediente na produção de chocolate e de seus derivados [1,2].

O Sul da Bahia produz em torno de 95% do cacau brasileiro, ficando o Espírito Santo com 3,5% e a Amazônia em 1,5% da produção nacional, em que 90% desta é com a finalidade para exportação. No período 1975/1980, tempo áureo do chamado fruto de ouro, o Brasil foi o maior produtor mundial, onde o cacau gerou três bilhões e seiscentos e dezoito milhões de dólares. De acordo com os dados da safra internacional 2013/14 da CEPLAC, dos recebimentos acumulados até Julho/2014, aproximadamente 73% são procedentes da Bahia, e o restante para os demais estados. E na safra brasileira 2014/15, dos recebimentos até o mesmo período, aproximadamente 74% foram da Bahia, ressaltando a continuidade do potencial de produção do estado [3,4].

A qualidade das amêndoas e alguns compostos químicos do cacau dependem de muitos fatores, como a variedade do cacau em que cada uma tem um sabor único, condições de crescimento da planta, origem geográfica, manejo agrônomo, fatores do solo, clima, exposição à luz do sol, as chuvas, época de maturação, tecnologia pós-colheita e processo de armazenamento, todos esses fatores contribuem para as variações na formação de sabor final. Além disso, o genótipo influencia diretamente na qualidade das amêndoas, pois tem contribuição nos precursores do sabor e aroma que dependerão também das habilidades e bons cuidados tomados pelos técnicos responsáveis [5-7].

Sendo o cacau um produto de grande relevância na economia brasileira, é importante avaliar o seu aspecto nutricional ao qual dará subsídio a toda a cadeia produtiva à busca de melhorias em componentes que aumentarão o valor agregado do produto final, e ainda,

aliado ao fato de que estudos já evidenciaram o cacau como fonte em flavonoides e antioxidantes [8].

O cacau de alta qualidade denominado de tipo fino e ou especial possui propriedades organolépticas de sabor, cor e aroma bem definidas, e, esta qualidade está relacionada com as boas práticas agrícolas e o correto beneficiamento das amêndoas, que vai desde a colheita até o armazenamento. Este hoje é um dos grandes gargalos do Brasil, pois, em geral a qualidade do cacau é afetada pela falta de infraestrutura e por práticas inadequadas de pós-colheita [9].

No Brasil atualmente, a baixa produtividade da maior região agrícola cacauceira (região sul da Bahia) e a elevada demanda por amêndoas fermentadas e secas pelas indústrias processadoras vêm provocando a redução do tempo de fermentação de 6 a 7 dias para 2 a 3 dias, levando não apenas à queda na qualidade dos produtos de cacau, como também à problemas tecnológicos para o seu processamento pelas indústrias [10].

A amêndoa é o produto de maior valor comercial do cacauceiro, dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo a caracterização físico-química das amêndoas de cacau coletadas em duas fazendas da região Sul da Bahia em épocas diferenciadas.

2. METODOLOGIA

2.1 Amostras

Foram utilizadas amêndoas de cacau secas ao sol de variedades comum (*Forastero*) e híbrido, provenientes de duas fazendas em Itabuna, localizadas na região cacauceira do Sul da Bahia, porém em épocas distintas de produção. As amêndoas foram coletadas no período de agosto, em tempo chuvoso, e em novembro de 2014 com maior predominância de dias ensolarados. As quatro amostras foram encaminhadas ao Laboratório do SENAI, onde foram devidamente armazenadas para a posterior caracterização e identificadas de acordo com o local de coleta, época (estação climática), variedade e tipos de tratamentos aplicados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Amostras identificadas conforme local de coleta na região sul cacauceira/Itabuna-BA

Identificação	Fazendas	Coletas/ Estação Climática	Variedades	Tratamento
1	Santo Antônio	1ª coleta Agosto/2014	Comum e Híbrido	Secagem ao sol: 3 a 7 dias
2	Santa Fé	(Inverno)		
3	Santo Antônio	2ª coleta Novembro/2014		
4	Santa Fé	(Primavera)		

2.2 Caracterização Físico-Química

As amêndoas secas provenientes de cada fazenda foram trituradas em microprocessador antes de serem analisadas. As análises de pH e de proteínas foram realizadas de acordo com os

métodos 970,21 e 970,22, respectivamente, da Association of Official Analytical [11]. O pH das amêndoas foi determinado utilizando-se pHmetro digital (TECNAL, modelo TEC-5). A umidade, cinzas e fibra bruta foram determinadas seguindo o método gravimétrico da Association of Official Analytical [12]. Os lipídios totais foram extraídos a frio e quantificados conforme metodologia proposta por Bligh e Dyer [13]. A atividade de água (aw) foi realizada com um decágono, Lab Master (Novasina), com célula de medição eletrolítica CM-2. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e os valores médios são relatados. Os carboidratos totais foram calculados por diferença: $100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteína bruta} + \% \text{ Lipídios Totais})$ [12]. O valor energético total das amostras foi estimado pela conversão de Atwater, com a soma das porcentagens de proteína bruta e carboidratos totais multiplicados pelo fator 4 (Cal/g) somado ao teor de lipídios totais multiplicados pelo fator 9 (Cal/g) [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química das sementes de cacau, assim como de outras espécies vegetais, depende de alguns fatores como: variedade, origem, técnicas agrícolas, clima, solo, e o grau de maturação dos frutos [15-17]. Na Tabela 2 são apresentados os resultados da caracterização físico-química das amêndoas de cacau de acordo com o período de coleta.

As amêndoas de cacau secas apresentaram um valor de pH médio entre 5,47 a 5,94, sendo importante destacar que a elevada acidez interfere no sabor do produto final. Os resultados encontrados para a primeira coleta (amostras 1 e 2) estão de acordo com Cruz [18] que encontrou para amêndoas da variedade *Forastero* um pH de 5,4 e os de Lopes et al. [19] que encontraram valores de pH de 5,42, exceto para a segunda coleta (amostras 3 e 4) que apresentaram maior potencial hidrogeniônico. Todas as amostras apresentaram quantidades benéficas conforme Dias [20], pois as amêndoas de cacau cujo pH é inferior a 4,5 apresentam um baixo potencial na formação do sabor de chocolate, enquanto valores de pH acima de 5,0 este potencial é aumentado significativamente. Esta característica, segundo Efraim [21] apresenta diferenças em relação ao seu processamento na fazenda quanto ao tempo de fermentação e tipo de secagem, assim considera-se que essas etapas de processamento influenciaram esta variável nos diferentes períodos de colheita neste estudo.

Tabela 2 – Caracterização físico-química das amêndoas de cacau.

Parâmetros	Amostras			
	1	2	3	4
pH	5,56 ± 0,02	5,47 ± 0,01	5,94 ± 0,18	5,86 ± 0,02
Aw	0,85 ± 0,01	0,67 ± 0,01	0,69 ± 0,01	0,68 ± 0,01
Umidade (%)	10,72 ± 0,09	7,31 ± 0,08	7,57 ± 0,12	7,05 ± 0,16
Cinzas (%)	3,06 ± 0,02	3,01 ± 0,04	3,34 ± 0,18	3,41 ± 0,27
Lipídios Totais (%)	40,57 ± 0,48	42,85 ± 0,40	40,40 ± 0,24	37,61 ± 0,35
Proteína (%)	12,84 ± 0,72	13,84 ± 0,04	13,88 ± 0,21	14,33 ± 0,17
Fibra Bruta (%)	14,93 ± 0,76	20,96 ± 0,67	17,25 ± 0,44	22,07 ± 0,48
Carboidratos* (%)	32,81 ± 0,89	32,99 ± 0,48	34,81 ± 0,33	37,60 ± 0,27

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Energia (kcal)**	547,71 ± 2,64	572,97 ± 1,58	558,36 ± 1,60	546,23 ± 2,03
------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Os valores encontrados na análise de atividade de água (aw) variaram entre as amostras, de 0,67 à 0,85, o valor máximo obtido foi para a amostra 1, conseqüentemente a de maior umidade (Tabela 2). No entanto, em estudo desenvolvido por Efraim [22] com 10 variedades de cacau foram determinados valores de 0,631 a 0,692 e foi destacado que a atividade de água deve ser inferior a 0,7 para que seja mantida a qualidade das amêndoas, evitando o crescimento de fungos produtores de toxinas. As amêndoas do presente estudo obtiveram aw inferior a 0,7 com exceção da amostra 1, que pode ser justificado pelo período chuvoso e pela falta de uma secagem adequada na fazenda.

Segundo estudos de Efraim [21] a secagem natural realizada ao sol, é uma operação simples e bastante utilizada em fazendas cacauceiras e permite que a umidade seja reduzida uniformemente do interior à parte externa das amêndoas, favorecendo a redução da atividade de água até valores adequados, com o valor máximo de 8%, que não propicia o desenvolvimento de fungos produtores de toxinas. Porém, torna-se importante destacar que esse comportamento não foi observado na amostra 1, no qual, além de possuir maior umidade e atividade de água, após 21 dias de coletada na propriedade, apresentou desenvolvimento de fungos. Vale salientar que, no período de coleta dessa amostra houve chuva na região que pode ter contribuído para uma umidade maior.

As amêndoas de cacau, assim como todo produto vegetal, apresentam variações em suas características físico-químicas pelas condições edafoclimáticas e tratos culturais durante a maturação do fruto e também pós-colheita, inclusive nas etapas de fermentação e secagem [23]. As amêndoas demonstraram boa qualidade devido a seu bom aspecto externo, aroma natural de cacau, ausência de mofo interno e defeitos, e pela baixa umidade final. Exceto a amostra 1 que apresentou-se fora dos padrões, demonstrando que o cacau não foi bem processado (Tabela2).

O processo de secagem das amêndoas nas fazendas, bem como o binômio tempo-temperatura, e a estação climática influenciaram diretamente no teor final da umidade. Ao analisar 10 variedades de cacau, Shripat et al. [23] determinaram percentuais de umidade que variaram entre 5,80% a 6,78%. Os diferentes teores de umidade apresentados (Tabela 2) são decorrentes da estação climática e o tempo utilizado para a secagem, que variaram de acordo com cada produtor, ressalta-se ainda a falta de padronização na fazenda.

Nas determinações de cinzas foi encontrado para a amostra 2 o menor teor, equivalente a 3,01%, e para a amostra 4 o maior, representado por 3,41%. Com relação ao teor de cinzas, o tempo de fermentação influencia ligeiramente os valores obtidos, de acordo com Efraim et al. [21]. Este fato pode ter contribuído para a variação nos valores obtidos nesse estudo, visto que não ocorre uma etapa específica de fermentação nessas fazendas, esse processo ocorre juntamente com a etapa de secagem.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que o teor de lipídeos totais das amostras variou de 37,61% a 42,85%, corroborando com os resultados de Torres-Moreno et al.[24] que encontraram o valor de 41,93% para amêndoa de cacau cultivada em Gana. O teor na amostra 4 foi menor em relação às outras amostras, e a amostra 2 foi a que apresentou uma

quantidade maior. A variedade do cacau, a estação climática e o tipo de secagem tem influência no conteúdo de lipídios totais das amêndoas. Quanto maior o teor de gordura, maior é o valor comercial das amêndoas, assim a amostra 3 se destaca das demais. Apesar disto, os valores encontrados por Efraim et al.[21] de 54,08% a 55,78% são superiores aos deste estudo.

Com relação ao teor proteico, a variação para as amostras estudadas foi entre 12,84 a 14,33g/100g, sendo que a amostra 4 obteve quantidades maiores de proteína. Destaca-se que os valores foram superiores ao resultado encontrado por Lopes et al. [19] que para proteína foi de 11,49%, entretanto foram inferiores aos apresentados por Efraim et al.[21] de 16,60% a 23,88%. Ressalta-se que a variação encontrada nessa fração é influenciada pela fermentação, etapa onde ocorrem complexas reações bioquímicas, como a hidrólise de açúcares e proteínas [21].

Os valores determinados para fibra bruta das amêndoas variaram de 14,93% a 22,07%, demonstrando a potencialidade das amêndoas de cacau como fonte de fibra. Esses resultados foram equiparados aos de Torres-Moreno et al. [24], 11,30% a 19,47%, no qual, relatam que a composição dos grãos de cacau é modificada de acordo com a origem geográfica, e nesse contexto Lopes et al. [19] complementam ao dizer que o teor de fibras pode variar de acordo com diversos fatores, como: variedade, condições climáticas e estágio de maturação.

O teor de carboidratos variaram de 32,81% a 37,60%, corroborando com os dados de Torres-Moreno et al.[24] de 33,78% e 36,65 % que analisou amêndoas de duas origens. A energia encontrada para as amostras estudadas variaram de 546,23 a 572,97 Kcal, o que confere aos produtos do cacau alto valor energético [25].

4. CONCLUSÃO

A qualidade das amêndoas de cacau está relacionada com as práticas agrícolas e a época de produção. As amostras apresentaram composições físico-químicas distintas de acordo com o período de colheita. Tendo em vista que período chuvoso dificulta a eficácia da secagem ao sol, faz-se necessário uma maior padronização e monitoramento durante o processo de secagem para uma melhor conservação e manutenção da qualidade.

5. REFERÊNCIAS

¹Franco, A. *De caçador a gourmet – uma história da gastronomia*. 3a. ed., Editora Senac: São Paulo, 2001.

²Lopes, U. V.; Monteiro, W. R.; Pires, J. L.; Clement, D.; Yamada, M. M.; Gramacho, K. P. Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* **2011**,1, 73-81.

³Sítio da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Disponível em <http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm>. Acesso em: 10 Junho 2015.

⁴Sítio da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Cacau: Informações do Mercado. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Ano XVI. Disponível em <<http://www.ceplac.gov.br/paginas/infomercado/cartilhas/informa%C3%A7%C3%B5es%20de%20mercado%2023.pdf>>. Acesso em: 10 Junho 2015.

⁵Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990.

⁶Brunetto, M. R.; Gutiérrez, L.; Delgado, Y.; Gallignani, M.; Zambrano, A., Gómez, A.; Ramos, G.; Romero, C. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. *Food Chemistry* **2007**, 100, 459–467.

⁷Afoakwa, E. O. *Chocolate Science and Technology*. 1a. ed., Wiley-Blackwell: England, 2010.

⁸Keen, C. L. Cocoa antioxidants and cardiovascular health. *American Journal of Clinical Nutrition* **2005**, 81, 1.

⁹PWC Brasil. *A Cadeia Produtiva do Cacau no Brasil - Pesquisa de Mercado*. Centro de Serviços em Agribusiness & Agribusiness Research & Knowledge Center Pwc Brasil. Ribeirão Preto, SP, 40p. **2012**.

¹⁰Efraim, P.; Pezoa-García, N. H.; Jardim, D. C. P.; Nishikawa, A.; Haddad, R.; Eberlin, M. N. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2010**, 30, 142-150.

¹¹AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Association of Official Analytical Chemists, 2005.

¹²AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16ed. Association of Official Analytical Chemists, 1997.

¹³Bligh, E.G.; Dyer, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry and Physiology* **1959**, 37, 911.

¹⁴Merril, A.L.; Watt, B.K. *Energy value of foods: basis and derivation*. 1 ed. Washington: United States, 1973.

¹⁵Lopes, A. S. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

¹⁶Mattietto, R. A. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

¹⁷Efraim, P.; Alves, A.B.; Jardim, D. C. P. Review: Polyphenols in cocoa and derivatives: factors of variation and health effects. *Braz. J. Food Technol* **2011**, 14, 3, 181- 201.

- ¹⁸Cruz, C. L. C. V. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- ¹⁹Lopes, A. S.; García, N. H. P.; Vasconcelos, M. A. M. Avaliação das condições de torração após a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum* Schum) e cacau (*Theobroma cacao* L.). *Brazilian Journal Food Technology* **2003**, 6, 2, 309-316.
- ²⁰Dias, J. C. *Dissertação de Mestrado*. Escola Superior de Lavras, 1987.
- ²¹Efraim, P.; Pezoa-García, N. H.; Jardim, D. C. P.; Nishikawa, A.; Haddad, R.; Eberlin, M. N. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos***2010**, 30, 142-150.
- ²²Efraim, P. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- ²³Shripat; C.; Sukha, D.; Spence, J.; Comissiong, E. Resumo “Proceedings of 12th International Cocoa Research Conference”, Salvador, Brasil, **1996**.
- ²⁴Torres-Moreno, M; Torrescasana, E.; Salas-Salvadó , J.; C. Blanch. Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry***2015**, 166, 125–132.
- ²⁵Lopes, A. S.; Pezoa-Garcia, N. H.; Amaya-Farfan, J. Qualidade nutricional das proteínas de cupuaçu e de cacau. *Ciência e Tecnologia de Alimentos***2008**, 28, 2, 263-268.

CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE MANGA DE DIFERENTES ARRANJOS PRODUTIVOS DA BAHIA

Josenai da S. Penha¹, Wagner B. Bramont^{1,2}, Ingrid L. Leal^{1,3}, Janice I. Druzian² e Bruna A. S. Machado^{1,4}

¹Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

E-mails: josenai.penha@fbter.org.br, wagnerb@fiieb.org.br, ingrid.leal@fiieb.org.br, brunam@fiieb.org.br

²Universidade Federal da Bahia,

E-mail: janicedruzian@hotmail.com;

RESUMO

A composição química da manga (Mangifera indica L.) varia de acordo com o local, variedade, estágio de maturação e condições climáticas, sendo cultivada principalmente em regiões tropicais e subtropicais. O manejo da agricultura permitiu o acesso a uma grande variedade de cultivares de manga, a exemplo podem ser citadas as variedades Tommy Atkins, Espada, e Palmer. Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização físico-química de três variedades de mangas coletadas nos arranjos produtivos locais do estado da Bahia (Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio e Juazeiro). Conforme metodologias do Instituto Adolfo Lutz, foram realizadas análises físico-químicas que permitiram identificar uma variação no teor de proteínas de $0,73 \pm 0,16\%$ (E1) a $1,37 \pm 0,21\%$ (P1), lipídios de $0,10 \pm 0,04\%$ (T) a $0,23 \pm 0,06\%$ (E1), atividade de água (Aw) de $0,98 \pm 0,10\%$ (a maior parte das mangas) a $0,99 \pm 0,10\%$ (T), °Brix entre $6,10 \pm 0,10$ (E1) a $16,5 \pm 0,04$ (T), pH de $2,84 \pm 0,10$ (T1) a $5,84 \pm 0,10$ (T), Umidade de $82,07 \pm 0,62\%$ (T) a $86,25 \pm 0,56\%$ (T3), Cinzas de $0,05 \pm 0,05\%$ (P2) a $0,43 \pm 0,09\%$ (P1) Vitamina C de $10,10 \pm 2,54$ (T2) a $18,78 \pm 0,83\%$ (P3) e Acidez Total Titulável de $0,11 \pm 0,01$ (P3) a $1,47 \pm 0,01\%$ (P1) nos cultivares de manga. A partir dos resultados corroborou-se que a composição química da manga é variável conforme o cultivar, local de cultivo, clima, recursos tecnológicos, disponibilidade de água, entre outros fatores.

Palavras-chaves: Composição; Cultivares; Manga; Espada; Palmer; Tommy Atkins.

ABSTRACT

The mango's chemical composition (Mangifera indica L.) varies with the location, type, maturity stage and Climate conditions, being grown mainly in Tropical and subtropical regions. The management of agriculture allowed access to a wide variety of mango cultivars, like can be mentioned varieties Tommy Atkins, Sword, and Palmer. Within this context, the aim of this study was the physicochemical characterization of three varieties of mangoes collected in local clusters of Bahia state (Livramento de Nossa Senhora, Bishop Basil and Juazeiro). As methodologies Adolfo Lutz, were realized physical-chemical analyzes allowed identified a variation in the content Protein $0.73 \pm 0.16\%$ (E1) to $1.37 \pm 0.21\%$ (P1), lipids $0.10 \pm 0.04\%$ (T) to $0.23 \pm 0.06\%$ (E1), Activity Water (Aw) of $0.98 \pm 0.10\%$ (most part of the samples) to $0.99 \pm 0.10\%$ (T), °Brix between 6.10 ± 0.10 (E1) to 16.5 ± 0.04 (T), pH $2.84 \pm$

0.10 (T1) to 5.84 ± 0.10 (T), humidity of $82.07 \pm 0.62\%$ (T) to $86.25 \pm 0.56\%$ (T3), Ash $0.05 \pm 0.05\%$ (P2) to $0.43 \pm 0.09\%$ (P1), Vitamin C of 10.10 ± 2.54 (T2) to $18.78 \pm 0.83\%$ (P3) titratable acidity of 0.11 ± 0.01 (P3) to $1.47 \pm 0.01\%$ (P1) in mango cultivars.

Keywords: Composition; Cultivars; Mango; Espada; Palmer; Tommy Atkins.

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.), nativa do sudeste da Ásia, é uma fruta tropical climatérica cultivada em 90 países e sua composição química varia de acordo com o local de cultivo, variedade e estágio de maturação. A qualidade da manga é influenciada por suas propriedades organolépticas que caracterizam atrativamente esse fruto, aumentando seu consumo mundial. Como características nutricionais, é considerada como uma fonte de vitamina C, pró-vitamina A e compostos bioativos (polifenóis e carotenoides) [1,2,3].

De acordo com a EMBRAPA [5], os principais cultivares desse fruto são: *Espada*, *Rosa*, *Kent*, *Haden*, *Palmer* e *Tommy Atkins* que diferem entre si pelo tamanho, forma, coloração, polpa e semente, e a escolha do cultivo é embasada nas condições climáticas da região que se pretende produzir.

A manga *Tommy Atkins* é bastante apreciada para a exportação devido à resistência a antracnose e danos mecânicos, tendo assim, maior tempo de conservação após a colheita. Além disso, apresenta facilidade para indução floral em estações quentes e alta produtividade. Já a manga *Espada* apresenta elevada produtividade, polpa amarelada, sendo também resistente à antracnose, enquanto que a manga *Palmer* apresenta frutos grandes, bastante aromáticos, compridos, firmes e desprovidos de fibras [5].

A EMBRAPA [4] apresenta o Brasil como o sétimo colocado nas exportações de manga no mundo com uma produção anual de 1.546.000 toneladas, sendo a manga *Tommy Atkins* o principal cultivar exportado. Em destaque nessa produção encontra-se a região Nordeste com uma participação nacional de 76%, sendo as áreas importantes de cultivo o Vale do Submédio São Francisco (as cidade de Juazeiro/BA e Petrolina/PE) e a Mesorregião do Centro-Sul baiano (Municípios de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio).

Torna-se importante destacar que a manga *Tommy Atkins* é preferível por produtores e consumidores para exportação devido à coloração intensa, bom rendimento e resistência ao transporte de longas distâncias, bem como o maior tempo de vida de prateleira. Entre os principais destinos da manga *Tommy* está a União Europeia e América do Norte [5].

Os produtores do Vale do Submédio São Francisco, em sua maioria, são grandes empresas com elevada estrutura e tecnologia o que lhes permitem ter alta produtividade e os padrões necessários para as exigências do mercado internacional. Há também um grupo de pequenos produtores com baixa infraestrutura e capital, assistidos por amparos institucionais como o Projeto CODEVASF (Companhia do Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Paraíba).

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Já no arranjo produtivo de Livramento de Nossa Senhora há problemas agrônômicos como pragas e doenças (doenças: seca da mangueira, antracnose, furariose e oídio; pragas: mosca da fruta, ácaros, trips, lagarta da mangueira), o manejo inadequado de irrigação e da cultura (uso inadequado de agrotóxicos). Já existem ações em andamento que visam minimizar tais problemas através do monitoramento coordenado pela Associação de Mangas de Livramento de Nossa Senhora. Todavia, essa é uma das regiões que mais produzem mangas para a exportação no estado da Bahia [6].

O presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização das mangas *Tommy Atkins*, *Palmer* e *Espada*, coletadas nos arranjos produtivos locais do estado da Bahia (Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio e Juazeiro).

2. METODOLOGIA

2.1 Coletas das amostras

As amostras foram coletadas nos principais ‘Arranjos Produtivos Locais’ (Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio e Juazeiro) do Estado da Bahia no período de dezembro/2014 e março/2015, sendo caracterizados como regiões com sistemas agrícolas convencionais. De acordo com Maciel [1], os sistemas agrícolas convencionais são sistemas com envolvimento do solo e uso elevado de adubos químicos e pesticidas.

A Tabela 1 apresenta a relação de amostras de mangas coletadas e caracterizadas, além de informações referentes à data da coleta e tipo de manga (variedade).

Tabela 1. Relação de amostras de mangas submetidas a análises de caracterização.

Identificação (ID)	Amostra	Local de coleta	Quantidade	Data de coleta (Mês/Ano)	Data de Análise (Mês/Ano)
T1	<i>Tommy Atkins</i>	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	6	Dezembro/2014	Janeiro/2015
E1	<i>Espada</i>	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	4	Dezembro/2014	Janeiro/2015
P1	<i>Palmer</i>	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	6	Dezembro/2014	Janeiro/2015
P2	<i>Palmer</i> (Produtor1)	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	6	Março/2015	Março/2015
P3	<i>Palmer</i> (Produtor 2)	Livramento/BA e Dom	5	Março/2015	Março/2015

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

		Basílio/BA			
T2	Tommy Atkins (Produtor 2)	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	11	Março/2015	Março/2015
T3	Tommy Atkins (Produtor 3)	Livramento/BA e Dom Basílio/BA	10	Março/2015	Março/2015
T	Tommy Atkins	Juazeiro/BA	11	Março/2015	Março/2015

As amostras foram disponibilizadas por produtores da região.

Inicialmente foi realizada a higienização das amostras (limpeza com detergente neutro e sanitização com hipoclorito de sódio 0,6% por 15 minutos) e posteriormente as mangas foram descascadas e processadas em forma de polpa para a caracterização físico-química (Tabela 2).

Tabela 2. Análises físico-químicas com as metodologias e referências utilizadas para sua realização.

Parâmetros	Metodologia	Referência
Umidade	Secagem em estufa com circulação de ar.	Instituto Adolfo Lutz [8]
Cinzas	Incineração em mufla.	Instituto Adolfo Lutz [8]
pH	Através de pHmetro (Tecnal Tec-5 [®]).	Instituto Adolfo Lutz [8]
Acidez titulável	Titulação ácido-base.	Instituto Adolfo Lutz [8]
°Brix	Uso de refratômetro ABBE.	Instituto Adolfo Lutz [8]
Vitamina C	Oxidação do iodato de potássio pelo ácido ascórbico.	Instituto Adolfo Lutz [8]
Proteínas	Método de <i>Kjeldahl</i> de determinação do nitrogênio total, utilizando fator de 6,25 para conversão.	<i>Kjeldahl</i> [9]
Lípidios	Método de <i>Bligh-Dyer</i> .	<i>Bligh-Dyer</i> [10]
Atividade de água	Utilizando um decágono da marca Novasina [®] , modelo <i>Lab Master Aw</i> em uma temperatura de 25° C.	Instruções do manual.
Textura	A textura das amostras foi determinada através do texturômetro Texture Analyze CT3 [®] . Foi utilizado a ponta de prova TA39 (cilindro de alumínio com diâmetro de 2 mm) carga <i>trigger</i> de 4g a uma velocidade 1mm/s.	Instruções do manual.
Colorimetria	Para análise de cor foi utilizado o colorímetro Konyca Minolta [®] , tendo como parâmetros a luminosidade (L*) e cromaticidade (a* e b*).	Instruções do manual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nas análises de caracterização das amostras.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 3. Caracterização físico-química das três variedades de manga coletadas em diferentes arranjos produtivos da Bahia (valores médios da triplicata das amostras e os seus respectivos desvio padrão).

Local	ID	Proteína	Lipídios	Aw	° Brix	pH	Umidade	Cinzas
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	T1	0,87±0,43	0,14±0,11	0,97±0,10	8,50±0,10	2,84±0,10	85,14±0,79	0,20±0,09
	E1	0,73±0,16	0,23±0,06	0,99±0,10	6,10±0,10	2,88±0,10	85,05±0,19	0,28±0,10
	P1	1,23±0,14	0,17±0,05	0,98±0,10	7,10±0,10	2,91±0,10	84,51±0,63	0,43±0,09
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	P2	0,84±0,04	0,12±0,08	0,98±0,10	7,40±0,40	4,07±0,10	83,27±0,39	0,05±0,05
	P3	1,37±0,21	0,20±0,03	0,98±0,10	16,10±0,20	5,84±0,10	84,84±0,06	0,15±0,04
	T2	1,00±0,27	0,14±0,05	0,98±0,10	13,90±0,20	4,61±0,10	86,20±0,27	0,15±0,05
	T3	1,00±0,24	0,15±0,05	0,98±0,10	9,00±0,10	3,91±0,10	86,25±0,56	0,21±0,02
Juazeiro (BA)	T	0,84±0,02	0,10±0,04	0,98±0,10	16,50±0,40	3,78±0,10	82,07±0,62	0,25±0,22

O plantio na melhor época e região permite produtividade, qualidade e menor custo de produção, a literatura afirma que composição das frutas depende da espécie, condições climáticas de cultivo, fase de maturação e como é cultivada. No caso da manga o melhor período de produtividade está entre os meses de outubro a dezembro, logo após a primavera. Além disso após ser colhida, essa fruta passa por alterações bioquímicas que promovem o aumento da taxa respiratória, *flavor*, dos sólidos solúveis totais (°Brix), amolecimento dos tecidos, hidrólise de estruturas complexas em moléculas mais simples, cor e diminuição da acidez, dentre outras mudanças que dependerão do tipo de cultivar [3,4].

Os resultados destacam que a manga *Palmer* (P3) apresenta a maior quantidade de proteínas com uma média de 1,37±0,21% do que as mangas *Tommy Atkins* (T2) (1,00±0,27%) e *Espada* (E1) (0,73±0,16%). Proteínas correspondem a menos de 3% da massa fresca das frutas, corroborando assim, os dados [13]. O conteúdo proteico das mangas colhidas em dezembro na cidade de Livramento/BA foi menor em relação às mangas colhidas em março. Estudos já revelaram que o conteúdo proteico diminui com a maturidade do fruto [1], o mês de dezembro compreende o verão onde as temperaturas mais elevadas promovem uma maior taxa respiratória que por sua vez aumenta a transformação de estruturas complexas em moléculas simples. Nesse contexto, a quantidade de proteínas nos frutos nesse período pode ser menor em relação ao mês de março (Outono), pois essas macromoléculas são transformadas em moléculas simples que promoverão, por exemplo, o *flavor* da fruta [11].

Os resultados demonstram que as mangas avaliadas apresentam um baixo percentual de lipídios, sendo em média (0,23±0,06%) para *Espada* (E1), seguida por *Palmer* (P3) (0,20±0,03%) e *Tommy Atkins* (T3) (0,15±0,05%). Valores abaixo de 1% são esperados na maioria das frutas, com exceção do abacate que apresenta mais de 14% de lipídios [13]. A atividade de água em frutas está acima de 0,80 que confirma os dados das amostras que apresentaram com A_w na faixa de (0,97-0,99), bem como o trabalho de Silva & Calisto [3] sobre a atividade de água na manga *Tommy Atkins* in natura. Nesse caso, não houve diferença significativa entre os cultivares. Segundo Maia et al. [12], o teor de sólidos solúveis (°Brix) em frutas está entre 5,7 até 25 °Brix, sendo os sólidos solúveis compostos principalmente de açúcares. Com o amadurecimento há um aumento progressivo dos sólidos

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

solúveis totais e isso pode estar relacionado a redução de água durante a maturidade da manga. Além disso, o valor do °Brix determina a qualidade da fruta [1].

De acordo com a Embrapa [5], as variedades de manga mais indicadas para o cultivo são aquelas que apresentam um °Brix acima de 17. A manga Espada tem um valor 18, a *Palmer* 21,6 e a *Tommy Atkins* 16 °Brix. Foram encontrados nas amostras de 6,1 a 16,5 °Brix, sendo que a manga *Tommy Atkins* (T) (16,5 °Brix) do Vale do São Francisco (Juazeiro/BA) apresentou uma maior quantidade de sólidos solúveis totais. Esse resultado pode ser útil na escolha do fornecedor para a indústria de bebidas, principalmente para as que fabricam sucos de frutas, pois essa variedade seria ideal, tendo em vista que nessa tecnologia o valor esperado da matéria-prima é de 11 a 14 °Brix [4].

Foi observado os valores de pH variaram de $2,84 \pm 0,10$ (T1) a $5,84 \pm 0,10$ (P3) das amostras, sendo considerado ácido. Tais resultados foram maiores do que os encontrados por Brunini et al. [13]. As mangas apresentaram um percentual elevado de umidade entre 82,07% (T) a 86,25% (T3) concordando assim com Paglarini [14] que afirma que a porcentagem de umidade em mangas está entre 80% a 90%. Os resultados confirmam o trabalho de Maciel [1], sobre a taxa de umidade de 88,07% nas frutas verdes e 86,58% nas maduras em mangas de sistema agrícola convencional. No entanto, apesar da cidade de Livramento ser suscetível as secas, a manga *Tommy* dessa região apresentou um maior valor de umidade.

A manga *Tommy Atkins* da região de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio (BA) apresentou o menor valor de cinzas (0,20%). A manga *Palmer* da mesma região apresentou o maior valor (0,43%), tais resultados foram superiores aos encontrados por Maciel [1] nas mangas de sistemas agrícolas convencionais. Possivelmente, o solo dessas cidades apresenta um maior valor de micronutrientes devido a poucas quantidades de chuva, do que a cidade de Juazeiro/BA.

Destaca-se que o amadurecimento das frutas ocasiona uma diminuição dos ácidos orgânicos, como o ácido cítrico predominante em mangas [1]. Maciel [1] verificou que a acidez total titulável é menor no estágio de amadurecimento completo do fruto, podendo ser assim um indicador de maturidade. O autor verificou que a faixa de acidez varia 0,30 a 1,10 g (ácido cítrico 100 g⁻¹).

Dentre os valores encontrados, a manga *Palmer* (P3) apresentou a menor quantidade de ácido cítrico, 0,11 g, enquanto que o maior valor foi encontrado na manga *Palmer* (P1), 1,47 g. Possivelmente, a manga *Palmer* (P3) estava madura no momento que foi analisada (Tabela 4).

Tabela 4. Determinação da acidez das três variedades de manga coletadas em diferentes arranjos produtivos da Bahia (valores médios com desvio padrão).

Local	ID	Acidez Total (%)	Acidez Ac. Cítrico (g/100g)
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	T1	15,33±0,29	0,98±0,02
	E1	16,84±0,09	1,08±0,01
	P1	22,93±0,20	1,47±0,01
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio	P2	16,55±0,14	1,06±0,01
	P3	1,77±0,08	0,11±0,01

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

(BA)	T2	8,81±0,24	0,56±0,01
	T3	19,79±0,08	1,27±0,01
Juazeiro (BA)	T	3,69±0,16	0,23±0,01

Todas as amostras apresentaram luminosidade (L^*) maior que 40. Os valores do eixo a^* foram mais próximos ao verde e do b^* para o amarelo (Tabela 5). O desenvolvimento da coloração amarela em mangas é decorrente da acumulação de carotenoides armazenados no mesocarpo [4].

Tabela 5. Determinação da colorimetria das três variedades de mangas coletadas em diferentes arranjos produtivos da Bahia (valores médios com desvio padrão).

Local	ID	L^*	a^*	b^*
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	T1	94,07±0,01	-0,30±0,01	3,65±0,01
Mês/ano: Dezembro/2014	E1	57,91±0,03	-4,32±0,01	38,06±0,04
	P1	61,38±0,01	-3,85±0,02	27,14±0,09
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	P2	63,05±0,03	-4,78±0,01	27,99±0,04
Mês/ano: Março/2015	P3	51,72±0,01	-3,48±0,02	30,08±0,01
	T2	44,33±0,02	-1,22±0,02	34,76±0,01
	T3	53,14±0,06	-4,71±0,02	24,42±0,07
Juazeiro (BA)	T	46,08±0,02	-2,30±0,01	36,90±0,07

Segundo Nobrega et al. [15], a textura é a junção das características físicas do alimento que através das sensações do tato (papilas gustativas) e da audição - maciez, fibrosidade, suculência, resistência e elasticidade se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob a aplicação de uma força. Desta forma, o mesmo autor considera que a textura como um dos atributos relevantes quanto à aceitação de frutas e verduras processadas. Segundo Andrade [16], a textura garante qualidade aos frutos e a perda de água promove a diminuição da textura ao promover o amaciamento do tecido vegetal.

Na Tabela 6 todas as amostras apresentaram altos valores de dureza e mastigabilidade, percebe-se assim, que as mangas foram firmes, pois requereram alta força de compressão (dureza). Consoante Andrade [16], o grau de resistência dos tecidos vegetais a compressão está relacionado com a composição e solubilização das pectinas das paredes celulares e da lamela média. Além disso, a autora afirma que a perda de textura é decorrente do amadurecimento do fruto a partir de suas taxas de respiração. Cruz [17] afirma que a mastigabilidade é a energia necessária para degradar um alimento antes de ser deglutido. A mesma autora diz que valores iguais ou maiores a 46,26N em maçã estão relacionados a uma maior mastigabilidade, desta forma as amostras E1, P1, T3 e T possuem alta mastigabilidade conforme a Tabela 5.

Tabela 6. Determinação dos valores de Textura das mangas de diferentes regiões e cultivares (valores médios com desvio padrão).

Local	ID	Atributos	Valores (N)
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	T1	Dureza	3393,67±265,58
		Resiliência	0,15±0,01
		Coesividade	0,32±0,02
		Mastigabilidade	36,63±6,35
	E1	Dureza	3680,00±241,81
		Resiliência	0,17±0,03
		Coesividade	0,30±0,02
		Mastigabilidade	263,73±397,82
	P1	Dureza	5247,67±1110,59
		Resiliência	0,22±0,02
		Coesividade	0,39±0,39
		Mastigabilidade	88,67±61,80
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	P2	Dureza	918,33±132,08
		Resiliência	0,41±0,05
		Coesividade	0,77±0,06
		Mastigabilidade	31,97±7,09
	P3	Dureza	1380,00± 657,00
		Resiliência	0,25± 0,01
		Coesividade	0,57±0,05
		Mastigabilidade	31,30± 12,85
	T2	Dureza	1214,67±379,22
		Resiliência	0,00±
		Coesividade	0,41±0,10
		Mastigabilidade	19,70±7,60
T3	Dureza	1414,00±260,31	
	Resiliência	0,22±0,04	
	Coesividade	0,43±57,28	
	Mastigabilidade	56,67±2423,32	
Juazeiro (BA)	T	Dureza	2146,00±2423,32
		Resiliência	0,30±0,25
		Coesividade	0,52±0,29
		Mastigabilidade	70,30±110,25

De acordo com Cruz [17], a coesividade é uma propriedade da textura que está relacionada às forças de coesão interna do alimento, verifica-se que para ambas as variedades de diferentes regiões as taxas de coesão não foram altas, pois segundo a autora valores abaixo de 0,69N na maçã da variedade *Smith* permite afirmar que a integridade estrutura dos tecidos pode ser perdida. É sabido que a resiliência é uma propriedade física que significa a capacidade de um corpo voltar ao estado normal após sofrer algum tipo de força externa. As amostras apresentaram valores baixos de resiliência desta forma a manga pode ser considerada uma fruta altamente sensível aos impactos externos na sua manipulação.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da determinação do teor de Vitamina C nas amostras estudadas. Destaca-se que Maciel [1] encontrou um valor de 22,48±1,09 para manga

Tommy Atkins verde cultivada através do sistema convencional. Além disso, nesse mesmo trabalho o autor afirma que a manga é rica em vitamina C e é esperado que seus frutos verdes apresentem um maior valor de ácido ascórbico. Neste trabalho não foi definido o estado de maturação dos frutos, no entanto, o maior valor de vitamina C foi encontrado na manga *Palmer* (P3) (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de Vitamina C em amostras de mangas de diferentes cultivares coletadas em diferentes arranjos produtivos da Bahia (valores médios com desvio padrão).

Local	ID	Vitamina C (mg/100g)
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	T1	11,45±0,94
	E1	11,28±1,09
	P1	18,54±0,93
Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio (BA)	P2	16,61±0,01
	P3	18,78±0,83
	T2	10,10±2,54
	T3	10,82±0,53
Juazeiro (BA)	T	18,21±1,09

Os resultados das amostras dos diferentes cultivares de manga foram concordantes com a literatura, no entanto, aparentemente a manga *Tommy Atkins* da cidade de Juazeiro/BA apresentou um melhor aspecto visual e livre de doenças como a antracnose que foi encontrada em mangas das cidades de Livramento/BA.

4. CONCLUSÃO

Através da caracterização das amostras de manga dos arranjos produtivos do estado da Bahia foi possível perceber que os distintos cultivares dessa fruta diferiram entre si nas variáveis analisadas nesse trabalho. As diferenças encontradas podem ser atribuídas as diferentes condições climáticas de cultivo, disponibilidade de água, estágio de maturação, tecnologias e as características intrínsecas da manga *Tommy Atkins*, *Palmer* e *Espada*.

REFERÊNCIAS

¹Maciel, L. F. *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal da Bahia, 2009.

²Damodaran, S.; Parkin, K.L.; Fennema, O.R. *Química de Alimentos de Fennema*. 4a.ed. Artmed: Porto Alegre, 2010.

³Silva, D.A. Calisto, S.M.M. *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

⁴Ibarra-Garza, I.P.Ramos-Parra, P.A.Hernandez-Brenes, C.H. Jacobo-Velásquez, D.A. Efeito de pós-colheita de maturação sobre as propriedades físico-químicas e nutracêuticos de manga (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Revista Postharvest Biology and Technology*, 2015, 103, 45-54.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

⁵Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/custos.htm>. Acesso em: 01 de dezembro de 2014.

⁶Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/cultivares.htm>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2014.

⁷Instituto Brasileiro de Frutas. *Programa Sebrae de Cadeias Produtivas Agroindustriais: Estudo da Cadeia Produtiva de Fruticultura do Estado da Bahia*. IBRAF: São Paulo, 2005.

⁸Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008.

⁹SILVA, P.H.F. da; CARVALHO, M.C.L. de. Determinação de nitrogênio em leite pelo método de Kjeldahl. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*. **1993**,48,30-36. 1993.

¹⁰BLIGHT, E.G.; DYER, W.J.A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem.* **1959**, 1,911- 917.

¹¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:<http://bbeletronica.cnph.embrapa.br/2007/cot/cot_46.pdf>. Acesso em 08 de Agosto de 2015.

¹²Maia, G.A.; Sousa, P.H.M.; Lima, A.S. *Processamento de Sucos de Frutas Tropicais*. 1a ed. Edição UFC:Fortaleza, 2007.

¹³Brunini, M.A. Durigan, J.F. Oliveira, A.L. Avaliação das alterações em polpa de manga ‘Tommy atkins’ congeladas. *Revista Brasileira de Fruticultura***2002**, 24, 3.

¹⁴Paglarini,C.S.; Silva, F.S.; Porto, A.G.;Moron, A.L. *Congresso de Iniciação de Científica*, Cárceres, Brasil, 2010.

¹⁵Nobrega, A.M.M.C.; Duarte, M.E.M.;Nunes,L.S.;Mata,M.E.R.M.C. *VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande*, Campina Grande, Brasil, 2010.

¹⁶Andrade, M.E.L. *Tese Doutorado*, Universidade Federal do Semi-árido, 2013.

¹⁷Cruz, A.C.P.N. *Dissertação de Mestrado*, Instituto Politécnico de Viseu, 2012.

CARROS MOVIDOS A CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL: A NOVA APOSTA AUTOMOTIVA

Discente: Gabriel S. Borges¹

Orientador: Júlio C. Câmara²

¹SENAI – Cimatec, E-mail: gabrielsb@gmail.com

²SENAI – Cimatec, E-mail: jcamara@cimatec.fieb.org.br

RESUMO

Devido à forte demanda atual por automóveis mais eficientes, visando redução de consumo e emissões de CO₂, cada vez mais as fabricantes automotivas estão investindo em novas tecnologias e meios de propulsão capazes de fornecer ao consumidor melhores resultados de desempenho e eficiência.

O presente trabalho tem por objetivo analisar os veículos movidos a célula de combustível (com foco no Toyota Mirai), descrever seu funcionamento, as características da infraestrutura necessária para tornar viável a sua utilização, bem como comparar este com outros veículos híbridos, e de combustão interna visando esclarecer as vantagens e desvantagens de cada tipo.

Conclui-se que, apesar do alto custo atual, os modelos de célula a hidrogênio já representam um grande avanço na tecnologia automotiva, e a medida em que os projetos e a infraestrutura das cidades sejam amadurecidos, estes poderão se tornar muito mais vantajosos.

Palavras-chaves: *Hidrogênio; Híbridos; Célula de combustível*

ABSTRACT

Due to the currently strong demand for more efficient vehicles in order to reduce consumption and CO₂ emissions, more and more automotive manufacturers are investing in new technologies and propulsion alternatives able to provide best performance and efficiency to the customer.

This study aims to analyze the fuel cell vehicles (focusing on Toyota Mirai), to describe its operation, the needed infrastructure to make it feasible, and to compare it with other hybrid vehicles, and combustion internal aiming to clarify the pros and cons of each. It was concluded that, although the high H₂ costs, the FCEVs already represent a major breakthrough in automotive technology, and as soon as the projects and the infrastructure of cities become mature, FCEVs may worthwhile.

Keywords: *Hydrogen; Hybrids; Fuel Cell;*

1. INTRODUÇÃO

Devido à forte demanda atual por automóveis mais eficientes, visando redução de consumo e emissões de poluentes, cada vez mais as fabricantes automotivas estão investindo em novas tecnologias e meios de propulsão capazes de fornecer ao consumidor final os mesmos, ou até melhores, resultados de desempenho aliados a excelentes taxas de consumo e autonomia.

A redução de cilindradas do motor e a sobrealimentação através de turbo compressores são bons exemplos do conceito *downsizing*, que hoje já está sendo aplicado globalmente, em veículos movidos por motores de combustão interna, pela maioria das grandes fabricantes a fim de cumprir com as legislações e requisitos de cada mercado, notoriamente mais rígidos com o passar dos últimos anos à exemplo das normas Euro 5/6 e do Proconve L6, regulamento europeu e brasileiro, respectivamente.

No entanto, a preocupação ambiental com as emissões de gases poluidores da atmosfera e com a provável escassez das reservas de petróleo, acabaram abrindo a porta também para o aparecimento de novas fontes de propulsão, como por exemplo os veículos movidos à energia elétrica, híbridos (motor de combustão interna aliado a motores elétricos ou hidráulicos/pneumáticos) e também à célula de combustível (hidrogênio), sendo este último o principal foco de estudo deste trabalho.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar os veículos movidos a célula de combustível (com foco no recém lançado Toyota Mirai), descrever seu funcionamento, as características da infraestrutura necessária para tornar viável a sua utilização, bem como comparar estes com outros veículos híbridos, elétricos e de combustão interna já disponíveis no mercado vislumbrando esclarecer para os consumidores as vantagens e desvantagens de cada tipo.

3. ESTUDO DE CASO - TOYOTA MIRAI

Assim como o Toyota Prius - primeiro veículo híbrido do mundo produzido em massa, lançado ainda em 1997 e que em setembro de 2014 alcançou a marca de mais de 4 milhões de unidades vendidas [1] - e o puramente elétrico Tesla Roadster - um dos primeiros elétricos verdadeiramente esportivos produzido em série entre os anos de 2008 e 2011 (2.600 unidades), capaz de chegar aos 100km/h em 3,9 segundos e autonomia aproximada de 350km [2], o Toyota Mirai é um novo exemplo de “divisor de águas”.



Figura 1. Toyota Mirai. [5]

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

O Mirai é o primeiro veículo movido à hidrogênio (*Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV*) de produção em massa e pode alcançar impressionantes 502km [3], o que o classifica como o veículo do tipo zero-emissões de maior autonomia atualmente [4]. Além disso, seu reabastecimento poderá ser realizado em aproximadamente 5 minutos. Ainda segundo a fabricante, quanto aos outros números de desempenho, o veículo é capaz de acelerar de 0 à próximo dos 100km/h em 9 segundos.

Funcionamento

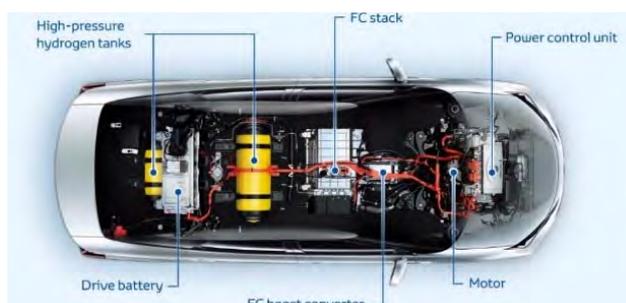


Figura 2. Sub-sistemas do Toyota Mirai. [5]

A geração de energia elétrica para funcionamento do motor é proveniente de uma reação eletroquímica entre hidrogênio e oxigênio. O hidrogênio deve ser o combustível alimentado no sistema, enquanto o oxigênio é absorvido da atmosfera. Os únicos produtos da emissão da reação são calor e água. Para o perfeito funcionamento do sistema como um todo, este é compreendido de seis sub-sistemas básicos, como descritos a seguir:

Unidade de célula à combustível (*FC Stacks*)

Essa unidade é a responsável por gerar eletricidade a partir de uma reação eletroquímica entre hidrogênio e oxigênio, gerando como único resíduo a água e calor.



Figura 3. Corpo da unidade de célula de combustível. [5]

A dita célula de combustível consiste de membranas trocadora de prótons que estão imprensadas entre separadores. Essa membrana é feita de polímero sólido com camadas de catalisador aplicadas. No entanto, como uma célula só é capaz de gerar menos de um volt, centenas dessas são necessárias e logo ligadas em série para aumentar a tensão. A combinação de cerca de 370 dessas células gera a chamada unidade de célula de combustível. Desenvolvida pela própria Toyota, essa unidade gera potência máxima de 114 kW (ou 155 cv) e possui densidade de potência de 3,1 kW/L, o que segundo a própria fabricante a torna líder

no segmento [5]. Diferentemente de unidades desenvolvidas anteriormente, essa não precisa de umidificador para as membranas (facilita o transporte de prótons) uma vez que usa a própria água gerada [6].

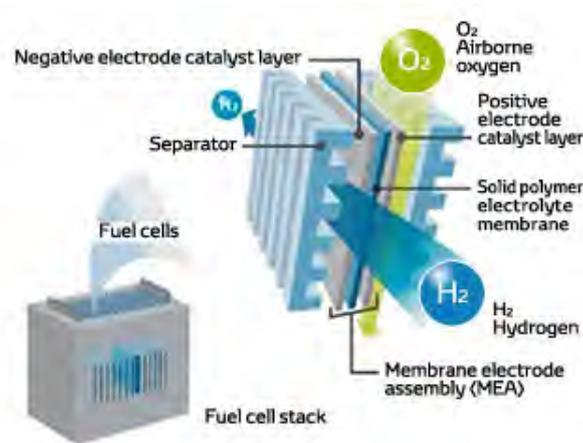


Figura 4. Representação do interior de uma unidade de célula de combustível. [5]

Para a geração efetiva de eletricidade, alguns passos são seguidos:

O hidrogênio armazenado nos tanques é direcionado para o eletrodo negativo (ânodo);

As moléculas de hidrogênio quando ativadas pelo ânodo liberam os seus elétrons;

Esses elétrons passam do ânodo para o cátodo e geram uma corrente elétrica;

As moléculas de Hidrogênio que perderam elétrons se tornam íons e se movem através da membrana eletrolítica para o eletrodo positivo (cátodo);

O ar ambiente (contendo Oxigênio) é orientado para o eletrodo positivo;

Esses mesmos íons se juntam com as moléculas de oxigênio e formam água;

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

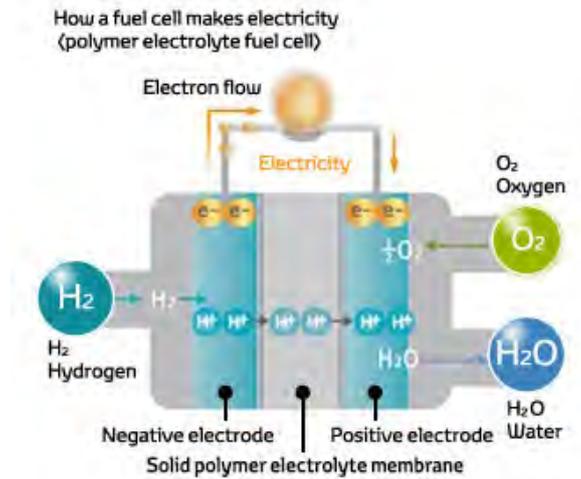


Figura 5. Representação do interior de uma unidade de célula de combustível. [5]

Conversor de tensão da unidade de célula de combustível

Este é responsável por possibilitar o aumento de voltagem de saída para 650V, reduzir o número de células de combustível da unidade e reduzir volume e peso do sistema como um todo. Permite ainda a utilização junto a sistemas dos veículos híbridos da marca, o que representa uma enorme redução de complexidade e custos.



Figura 6. Conversor de tensão da unidade. [5]

Bateria

A bateria recarregável, feita de níquel-hidreto metálico, alimenta o motor elétrico ligado as rodas dianteiras e pode armazenar energia durante a desaceleração deste. Fica localizada atrás dos bancos traseiros.



Figura 7. Bateria de níquel-hidreto metálico. [5]

Motor elétrico

Foi utilizado um motor/gerador elétrico de corrente alternada que tanto pode receber energia da bateria como diretamente da unidade de célula de combustível. Este entrega uma potência máxima de saída de 113 kW (154 cv) e torque máximo de 34,2 kgf.m.



Figura 8. Motor/ gerador elétrico. [5]

Unidade de Controle

Essa unidade corresponde a um inversor de frequência que pode converter corrente contínua (CC) em alternada (CA) para fornecedor energia ao motor ou mesmo entre CC/CC que pode consumir ou recarregar energia da bateria e outros sistemas. Exerce um controle de bastante precisão sobre a energia advinda das células de combustível e controla a carga/descarga da bateria sob variadas condições de uso.



Figura 9. Unidade principal de controle. [5]

Tanques de hidrogênio

O Mirai possui dois tanques para armazenagem de hidrogênio sob alta pressão (700 bar ou 70MPa) [6]. O de maior capacidade (62,4 litros) se acomoda atrás do banco traseiro, e o outro (60 litros) fica sob o banco. Ambos possuem três camadas de proteção. A mais ao interior, revestimento de plástico que retém o gás, a intermediária de fibra de carbono e a mais externa feita de fibra de vidro para proteção de superfície. Em termos de massa de hidrogênio, como normalmente medido, podem ser armazenados aproximadamente 5 Kg [5].

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



Figura 10. Tanque de hidrogênio sob o banco traseiro. [5]

4. COMPARATIVO

Uma vez que a montadora Toyota foi a primeira a oferecer no mercado (Estados Unidos) um veículo movido a célula de combustível fabricado em série (Toyota Mirai), e além disso conta com o popular híbrido Prius plug-in na sua lista de modelos, esta foi então utilizada como referência para o comparativo a seguir, que descreve dados relativos a eficiência energética de três dos seus modelos.

Tabela 1. Comparativo da eficiência de modelos com diferentes meios de propulsão. [7]

Modelo	Toyota Corolla L 1.8 (automático)	Toyota Prius (plug-in)	Toyota Mirai
Propulsão	Gasolina	Híbrido	Célula de combustível
Potência combinada (cv)	134	136	155
Autonomia combinada (Km)	679	869	502
Consumo equivalente em modo combinado (Km/l-e)	13,5	21,3	28,5
Tempo de reabastecimento/recarga ⁸	3-5 min	1-3 h	3-5 min
Emissões de CO ₂ (g/Km)	171,5	82,6	0
Capacidade do tanque	50 l	40 l	5 kg
Valor de compra (US\$)	17.775	29.990	45.500¹³
Custo anual com abastecimento (US\$)	1.510	906	1.920

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Fatores de conversão:

1 *horsepower* (hp) = 1,014 cv

1 galão = 3,785 litros

1 galão = 33.7 kWh de energia

1 milha (mi) = 1,609 km

1 milha por galão equivalente (mpg-e) = 0,43 km/l-e

1 grama/milha (g/mi) = 0,6 g/km

Premissas:

Custo (dólares) de 1 galão de gasolina = US\$3,25 [9]

Custo (dólares) de 1 kWh de energia elétrica = US\$0,12 [7]

Custo (dólares) de 1 kg de Hidrogênio = US\$7,99/kg [10]

Distância média percorrida anualmente = 24.140,2km [7]

Percurso combinado considera 45% de uso na cidade e 55% na estrada [7]

Com base na tabela 1, pode ser observado que o Toyota Mirai possui o melhor consumo equivalente entre os três veículos apresentados, porém quando considerado o custo atual do hidrogênio (US\$7,99/kg) [10] e o da gasolina (US\$3,25/galão) [9], o Corolla se mostra mais vantajoso quanto ao valor total anual para percorrer 15.000 milhas (24.140 km) [7] podendo chegar a aproximados \$400 dólares mais barato. Levando-se em conta que veículos movidos a célula de combustível são aproximadamente 2 a 2,5 vezes mais eficientes do que um motor de combustão interna a gasolina [11] pode ser concluído que o custo de US\$8/kg de hidrogênio possui uma energia equivalente a uma gasolina com custo variando entre US\$3-4/galão.

Mas, apesar da boa autonomia de 502 km atingida pelo Mirai, esta não supera a do seu “irmão” híbrido, o Prius plug-in com seus 869 km (modo elétrico mais motor à gasolina), que devido ao bom consumo equivalente (21,3 km/l) e a capacidade do seu tanque (40 litros) pode ir mais longe sem necessidade de parada para re-abastecimento. Sendo híbrido, e portanto permitindo o uso do motor elétrico associado ao motor de combustão (10 a 18 km de autonomia) [7], o Prius, suportado ainda pelo baixo valor considerado para o custo da energia elétrica (US\$0,12/kWh), consegue cumprir o mesmo percurso anual com o menor custo entre os três veículos apresentados.

5. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Observando-se do ponto de vista do consumidor e levando em conta somente o custo de compra bem como o custo atual de cada fonte de energia, ainda hoje o veículo de combustão interna possui melhor razão custo/benefício. Eliminando-se da análise os custos de manutenção, seguro, entre outros normalmente aplicados, levaria cerca de 25 anos para que o Prius plug-in fosse finalmente considerado como melhor custo/benefício [7].

Do ponto de vista ambiental, o Mirai, que possui maior eficiência energética entre os três veículos analisados, apresenta ainda o nível zero para emissões de carbono na atmosfera assim como os veículos puramente elétricos, no entanto, também dispõe de uma maior

autonomia. O tempo de recarga, quando comparado aos veículos elétricos também é um fator de vantagem para os carros movidos a hidrogênio (comparável aos de combustão interna).

O gás hidrogênio não é tóxico, é seguro e usado em larga escala industrial, podendo ser produzido a partir de uma variedade de fontes, como biomassa, gás natural, carvão ou através da própria eletrólise da água [8]. Além disso, ele também é considerado um excelente modo de armazenamento de energia obtida de fontes renováveis, como eólica ou solar [12].

No entanto, atualmente o hidrogênio possui custos de transporte, armazenagem e fornecimento bastante altos, associados a um reduzido tamanho da rede de abastecimento. Além disso, uma vez que nos Estados Unidos, a maior parte do gás ainda é obtida através da reforma de gás natural à vapor, o baixo impacto ambiental do combustível poderia ser questionado, segundo setores de oposição [13].

Com preços iniciais estimados entre US\$7/kg a US\$10/kg [11] para o consumidor final e conforme verificado na tabela 1, o combustível Hidrogênio ainda não se tornou definitivamente vantajoso frente aos atuais custos praticados da gasolina e eletricidade (considerando o mercado norte americano).

6. CONCLUSÃO

Como toda e qualquer nova tecnologia, apesar dos veículos movidos a célula de combustível possuírem boa eficiência – como a sua larga autonomia – e serem de baixo impacto ambiental – considerando sua emissão de água através do escapamento, ainda há grandes entraves, como por exemplo a falta da infraestrutura de reabastecimento necessária à essa modalidade de veículos bem como o custo final de venda do combustível.

No entanto, já é possível verificar alguns investimentos e parcerias sendo realizadas em prol da oferta de novos produtos. Entre os principais interessados estão as montadoras e fornecedores de gases industriais, como por exemplo a associação entre a japonesa Toyota e a francesa Air Liquide que visa a criação de uma grande rede de abastecimento preparada para uma esperada alta demanda nos próximos anos. Atualmente, o Japão já conta com cerca de 17 postos, enquanto a Alemanha possui 15, entre outros países como a Coreia, Dinamarca e Reino Unido que juntos possuem planos para mais de mil novas unidades de abastecimento até 2020 [13].

Cientes da necessidade de criar atrativos financeiros aos seus novos produtos, algumas montadoras se utilizam de condições especiais, como por exemplo três anos de custo gratuito de abastecimento (limitado a US\$15 mil) e dois anos de manutenção gratuita (primeiras 25 mil milhas percorridas), oferecidos pela Toyota aos consumidores da Califórnia [4]. Enquanto isso, a também japonesa, Honda, já finaliza o projeto *FCEV Concept*, com autonomia declarada como sendo superior aos 700km.

Conclui-se que, apesar do alto custo atual (dos veículos e do combustível), os modelos de célula a hidrogênio já representam um grande avanço na tecnologia automotiva, e a medida

em que os projetos e a infraestrutura das cidades sejam amadurecidos, estes poderão se tornar muito mais vantajosos em todos os aspectos quando comparados aos modelos movidos à gasolina, híbridos e aos elétricos.

6. REFERÊNCIAS

¹Toyota – Venda de híbridos no mundo. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/especial-publicitario/empresas-maggi/noticia/2015/01/toyota-vende-7-milhoes-de-veiculos-hibridos-no-mundo.html> >. Acesso em: 21 junho 2015.

²Tesla Roadster – Resultado ciclo EPA. Disponível em: < http://electricvehiclesnews.com/Cars/BEV/Tesla_Roadster.htm>. Acesso em: 21 junho 2015.

³Toyota Mirai – Resultado ciclo EPA. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2015/06/20150630-mirai.html> >. Acesso em: 21 junho 2015.

⁴Mirai – Economia de combustível. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/matthewdepaula/2015/06/30/toyota-mirai-fuel-economy-numbers-are-in-it-gets-67-miles-per-gallon/>>. Acesso em: 21 junho 2015.

⁵Toyota – Sistemas de célula de combustível. Disponível em: <http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/>. Acesso em: 5 julho 2015.

⁶Ashley, Steven. *Can Toyota's Mirai be the next Prius?*. SAE. Automotive Engineering International Online. Vol.1. N° 6. 2014.

⁷Comparativo de consumo de combustível. Disponível em: < <http://www.fueleconomy.gov/>>. Acesso em: 09 julho 2015.

⁸Um guia para entender o impacto dos veículos de célula de combustível. Disponível em: < http://cafcp.org/sites/files/W2W-2014_Final.pdf>. Acesso em: 07 agosto 2015.

⁹Preços de combustíveis nos Estados Unidos. Disponível em: < <http://www.californiagasprices.com>>. Acesso em: 07 agosto 2015.

¹⁰Preços de combustíveis alternativos nos Estados Unidos. Disponível em: < www.altfuelprices.com>. Acesso em: 07 agosto 2015.

¹¹A transição para o Hidrogênio. Disponível em: < <http://steps.ucdavis.edu/files/08-13-2014-08-13-2014-NextSTEPS-White-Paper-Hydrogen-Transition-7.29.2014.pdf>>. Acesso em: 07 agosto 2015.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

¹²Mitchell, William J., Borroni-Bird, Christopher E., Burns, Lawrence D. *Reinventing the Automobile: personal urban mobility for the 21st century*. The MIT Press. Inglaterra, 2010.

¹³Ashley, Steven. *Can Toyota's Mirai be the next Prius?*. SAE. Automotive Engineering International Online. Vol.1. Nº 6. 2014.

CONSTRUÇÃO DE UM CONTROLADOR ANTECIPATIVO E POR REALIMENTAÇÃO DE PLATAFORMAS OFFSHORE SUJEITAS ÀS FORÇAS HIDRODINÂMICAS

Luciano da Silva¹; Diego Smith Silva Rodrigues Santos²; Emanuele Magno Santos Oliveira³; Letícia Carvalho Machado⁴; Oscar Alberto Zanábria Sotomayor⁵.

¹ Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecatrônica

² Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecatrônica

³ Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecatrônica

⁴ Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo

⁵ Universidade Federal de Sergipe, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica

E-mails: trixluc@hotmail.com, diego_smith93@hotmail.com,
manumagno13.em@gmail.com, leticia_cm@hotmail.com.br, oazs2007@hotmail.com

ABSTRACT

In this study a discrete pre-emptive and feedback control was applied to the model of an offshore platform fixed type jacket subjected to hydrodynamic forces induced self excited waves which were simulated using the non-linear equation Morison. The discrete controller design was based on the linear quadratic control theory (LQ) and consists of two consecutive loops: an inner loop (nominal design) to regulate the linear part of the platform's dynamic, and an outer loop (compensatory project) to dealing with nonlinearities while maintaining overall system stability. Simulation results carried out on the model of a platform type three-story steel jacket demonstrated the effectiveness of the proposed control scheme by reducing the internal oscillations in the system, thereby generating a smoother response of the structure.

Keywords: Offshore platform; Vibration; Discreet Control; Oil;

RESUMO

Nesse trabalho um controlador discreto antecipativo e por realimentação foi aplicado ao modelo de uma plataforma offshore fixa tipo jaqueta sujeita a forças hidrodinâmicas auto excitadas de ondas induzidas, as quais foram simuladas usando a equação não linear de Morison. O projeto do controlador discreto foi baseado na teoria de controle linear quadrático (LQ) e é composto por duas malhas consecutivas: uma malha interna (projeto nominal) para regular a parte linear da dinâmica da plataforma, e uma malha externa (projeto compensatório) para lidar com as não linearidades, mantendo a estabilidade geral do sistema. Resultados de simulações realizadas no modelo de uma plataforma tipo jaqueta de aço de três

andares demonstraram a efetividade do esquema de controle proposto, reduzindo as oscilações internas no sistema, gerando, assim, uma resposta mais suave da estrutura.

Palavras-chaves: Plataforma Offshore; Perturbações; Vibração; Controle Discreto; Petróleo.

1. INTRODUÇÃO

Plataformas offshore fixas são aquelas que se estendem até o fundo do mar, suportadas por uma fundação que mantém a plataforma fixada no local de instalação por um longo período. Estas estruturas têm a finalidade básica de sustentar o convés e os módulos de operação e, uma vez instalada, estarão imersas no mar, em meio líquido corrosivo, sujeitas a condições de operação extremas.

Localizado em ambiente hostil, estruturas offshore são expostas a todos os tipos de cargas como ventos, ondas, correntes, terremotos, etc. Entre todas as perturbações mencionadas, a força dinâmica de onda induzida é a mais importante carga no ambiente marinho. Para a segurança da estrutura, as respostas do deslocamento e velocidade da plataforma offshore podem ser atenuadas por métodos dissipativos de energia. Em décadas recentes, dispositivos e métodos de controle incluindo o controle passivo, controle ativo e a combinação de seus esquemas têm sido propostos para estruturas offshore sujeitas a forças de onda induzida.

De todo o material encontrado na literatura há muitos estudos sobre controle ativo contínuo tal como [6] que usaram a técnica de controle ótimo para reduzir a resposta dinâmica de plataformas offshore sujeitas aos abalos sísmicos; [18] usaram um controlador baseado na teoria de controle linear quadrático por realimentação multimalha no controle da plataforma; [13] utilizaram o controle ótimo no modelo contínuo de plataforma offshore com o espectro de Pierson-Muskowitz na equação de Morison; [17] utilizaram a técnica de controle ótimo no domínio da frequência, em um modelo contínuo, a qual minimiza a norma H_2 da função de transferência; [21] utilizaram uma modelagem contínua usando dois controladores, o primeiro é não linear baseado na teoria de Lyapunov e o segundo controlador utiliza o controle robusto linear por realimentação de estados baseado na teoria do controle ótimo.

Dentro desse contexto, o presente trabalho trata sobre o projeto e aplicação de um controlador ótimo LQ discreto antecipativo e com realimentação, visando controlar a resposta dinâmica da plataforma offshore de aço sujeita a perturbações hostis de natureza marinha.

2. MODELO DINÂMICO DO SISTEMA

Durante a ação das forças hostis sobre a plataforma offshore a máxima conjunção de forças e pressões ocorre no 1º andar da plataforma, porém o controle é feito no convés, conforme mostrado na Figura 1.

Aplicando o método de elementos finitos, uma plataforma fixa offshore pode ser modelada como um sistema com múltiplos graus de liberdade (MDOF). Porém, dado que a resistência típica às ondas da estrutura offshore é projetada para ter uma frequência fundamental maior que a frequência de onda dominante, a resposta da estrutura é sempre dominada pelo primeiro (e segundo) modo(s) de vibração. Assim, os primeiros modos de resposta são os que mais contribuem na concepção do modelo dinâmico e, portanto, a plataforma pode ser representada como um sistema de ordem reduzida de 1DOF ou 2DOF. Em geral, essa simplificação é

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

adequada para o estudo de controle de vibrações [12]. Como exemplos, [8], [11, 12] e [20] usaram um modelo de 1DOF, enquanto que [18], [21] e [19] têm usado um modelo de 2DOF. Para os propósitos do presente trabalho, um modelo de 2DOF será considerado para representar uma plataforma offshore tipo jaqueta, conforme proposto em [1, 2], e cujo diagrama esquemático é mostrado na Figura 1.

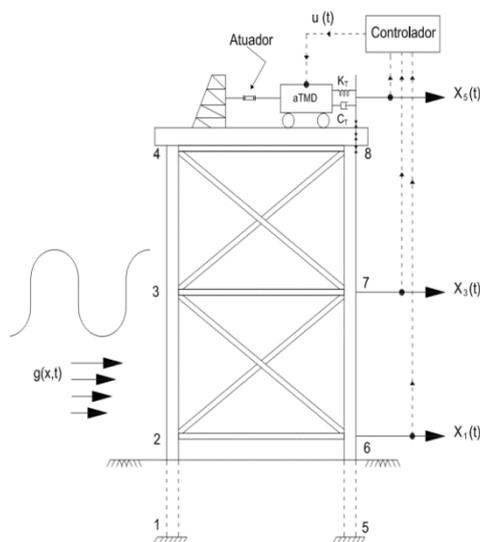


Figura 1. Plataforma offshore com controle ativo

As Tabelas 1 e 2 possuem os dados necessários para o cálculo e modelagem do sistema.

Tabela 1: Parâmetros dos tubos de aço cilíndricos [21]

Membros	Diâmetro Externo (m)	Diâmetro Interno (m)	Área (m ²)	Momento de Inércia (m ⁴)
Vertical	1,22	1,14	0,141	0,02301
Horizontal	0,61	0,59	0,023	0,00096
Diagonal	0,61	0,59	0,023	0,00096

Tabela 2: Dados de projeto dos membros da estrutura [21]

Membros	Área A_p (m ²)	Volume B_p (m ³)	Massa (kg)
1	---	---	---
2	---	---	---
3	55,74	53,38	98080,60
4	55,74	53,38	98080,60
5	37,16	35,58	86462,00
6	37,16	35,58	86462,00
7	---	---	20706,12
8	---	---	20706,12
9	---	---	8087,58
10	27,87	13,34	29274,63
11	27,87	13,34	29274,63
12	18,58	8,89	23328,93

Considere o seguinte modelo da plataforma

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = -2\xi_1 w_1 \dot{z}_1 - w_1^2 z_1 - \phi_1 K_T (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \phi_1 K_T y \\ \quad - \phi_1 C_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) + \phi_1 C_T \dot{y} - \phi_1 u + f_1 + f_2 \\ \ddot{z}_2 = -2\xi_2 w_2 \dot{z}_2 - w_2^2 z_2 - \phi_2 K_T (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \phi_2 K_T y \\ \quad - \phi_2 C_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) + \phi_2 C_T \dot{y} - \phi_2 u + f_3 + f_4 \\ \ddot{y} = -2\xi_T w_T \dot{y} + 2\xi_T w_T (\phi_1 \dot{z}_1 + \phi_2 \dot{z}_2) - w_T^2 y + \\ \quad + w_T^2 (\phi_1 z_1 + \phi_2 z_2) + \frac{1}{m_T} u \end{cases} \quad [1]$$

sendo que Z_1 e Z_2 são as coordenadas generalizadas dos modos vibracionais 1 e 2, respectivamente; y é o deslocamento horizontal do aTMD; W_1 e W_2 são as frequências naturais dos primeiros dois modos de vibração; ξ_1 e ξ_2 são os fatores de amortecimento nos dois primeiros modos de vibração, respectivamente; ϕ_1 e ϕ_2 são o primeiro e o segundo vetores de forma modal, respectivamente; F_{TMD} é o vetor de força de controle passivo devido ao aTMD; F_a é o vetor de força de onda; ξ_T é o fator de amortecimento do aTMD; $w_T = \sqrt{K_T/m_T}$ é a frequência natural do aTMD; K_T e m_T são a rigidez e a massa do aTMD, respectivamente; U_8 é o deslocamento horizontal da junção 8 na estrutura offshore; u é a ação de controle; e f_1 , f_2 , f_3 e f_4 são os termos da força hidrodinâmica auto excitada não linear, cuja derivação é apresentada a seguir.

As frequências naturais dos modos de vibração 1 e 2 são $W_1 = 1,818$ Hz e $W_2 = 10,8683$ Hz, respectivamente. O amortecimento estrutural em cada modo é considerado 0,5 %, i.e. $\xi_1 = \xi_2 = 0,005$, e as contribuições das formas modais são $\phi_1 = -0,003445$ e $\phi_2 = 0,00344628$. Os parâmetros do aTMD são escolhidos para estar em sintonia com o primeiro modo, tal que $W_T = 1,819$ Hz, $\xi_T = 0,15$, $K_T = 1551,5$ e $C_T = 256$ [21].

Para simulação, os dados da onda são [21]: $H = 12,19$ m, $h = 76,2$ m, $\lambda = 182,88$ m e $U_{ow} = 0,122$ m/s. A densidade do aço é $7730,7$ kg/m³, a densidade da água é $\rho_w = 1025,6$ kg/m³ e o peso do convés de concreto suportado pela estrutura de aço é 6672300 N. Com estes dados, conjuntamente com os dados das Tabelas 1 e 2, os parâmetros de força de onda em cada junção da estrutura podem ser calculados.

O modelo físico da estrutura a ser controlada da Figura 1 é descrito pelo seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Fg(x, t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases} \quad [2]$$

$$A^T = \begin{bmatrix} 0 & -w_1^2 - K_T \phi_1^2 & 0 & -K_T \phi_1 \phi_2 & 0 & w_T^2 \phi_1 \\ 1 & -2\xi_1 w_1 - C_T \phi_1^2 & 0 & -C_T \phi_1 \phi_2 & 0 & 2\xi_T w_T \phi_1 \\ 0 & -K_T \phi_1 \phi_2 & 0 & -w_2^2 - K_T \phi_2^2 & 0 & w_T^2 \phi_2 \\ 0 & -C_T \phi_1 \phi_2 & 1 & -2\xi_2 w_2 - C_T \phi_2^2 & 0 & 2\xi_T w_T \phi_2 \\ 0 & \phi_1 K_T & 0 & \phi_2 K_T & 0 & -w_T^2 \\ 0 & \phi_1 C_T & 0 & \phi_2 C_T & 1 & -2\xi_T w_T \end{bmatrix} x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ -\phi_1 \\ 0 \\ -\phi_2 \\ 0 \\ \frac{1}{m_T} \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$g(x, t) = \begin{bmatrix} f_1 + f_2 \\ f_3 + f_4 \end{bmatrix} \quad [3]; \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad [4]$$

Em que A^T é a matriz transposta de A .

3. PROJETO DO CONTROLADOR POR REALIMENTAÇÃO MULTIMALHA

3.1. Controlador ótimo LQ

O controle ótimo teve suas origens no cálculo variacional no século XVII (Fermat, Newton, Leibnitz e Bernoullis). O cálculo variacional foi desenvolvido posteriormente no século XVIII por Euler e Lagrange, e no século XIX por Legendre, Jacobi, Hamilton e Weierstrass. No começo do século XX, Bolza e Bliss deram o refinamento final no assunto. Em 1957, Bellman dá uma nova visão da teoria de Hamilton-Jacobi, o qual chamou de programação dinâmica, que é basicamente um esquema de controle por realimentação. Em 1962, Pontryagin estendeu o cálculo variacional para lidar com restrições de desigualdade na variável de controle, enunciando seu elegante princípio máximo. Também, nos inícios dos anos 60, Kalman, Bucy, Athans entre muitos outros mostraram como aplicar o cálculo variacional no projeto de controladores digitais ótimos por realimentação para sistemas dinâmicos lineares com ruído. A partir de 1980 até a atualidade, a pesquisa está direcionada em fazer com que o controle ótimo por realimentação seja mais robusto a perturbações na planta e a erros no modelo.

O controle ótimo LQ é uma teoria elegante e bem estabelecida [14]. Esta técnica trata o problema de encontrar uma lei de controle de um sistema linear em espaço de estados, de dimensão finita, que minimize um índice de desempenho quadrático, na regulação/acompanhamento do erro e nas variáveis de controle.

Dependendo da natureza do sistema linear a ser controlado, o controle LQ pode ser determinístico, conhecido como regulador linear-quadrático (LQR), ou estocástico, chamado de compensador linear-quadrático gaussiano (LQG) ou controlador. Referências padrões sobre o assunto podem ser encontradas em [7], [3] e [4]. O LQR é considerado a pedra fundamental da teoria de controle moderna. A partir da sua concepção nos anos 60, o LQR tem sido objeto de inúmeras pesquisas. Basicamente, o LQR é, nada mais que, a solução de um problema de otimização, que tem algumas propriedades muito atrativas. Especialmente, o controlador ótimo assegura um sistema estável em malha fechada, alcança níveis garantidos de robustez e é simples de ser calculado [10]. A presente pesquisa trata do LQR discreto por realimentação de estados. Dado que este assunto é amplamente abordado em vários livros e artigos de pesquisa, neste item a síntese deste controlador será brevemente apresentada, e está de acordo com o livro de [15].

Seja o sistema linear determinístico, discreto, dado por:

$$\begin{cases} x(k+1) = A_d x(k) + B_d u(k) \\ y(k) = C_d x(k) \end{cases} \quad [5]$$

Com a condição inicial $X(0) = X_0$. Em que A_d , B_d e C_d são as versões discretas das matrizes A , B e C . O objetivo é encontrar uma sequência de entradas ou uma lei de realimentação que minimize a função de custo quadrática da forma (problema de otimização em malha aberta):

$$V_p = x^T(p)Q_t x(p) + \sum_{k=0}^{p-1} [x^T(k)Qx(k) + u^T(k)Ru(k)] \quad [6]$$

Sendo Q_t e Q matrizes reais, simétricas, semi-definidas positivas e R uma matriz real, simétrica, definida positiva. Se p for um número finito, será um problema de horizonte finito, e se $p = \infty$, será um problema de horizonte infinito.

3.2 O problema de LQ de Horizonte Infinito

Para processos contínuos operando sobre um longo período de tempo é razoável resolver o seguinte problema de horizonte infinito:

$$J_k(z) \equiv \min_{u(\cdot)} \left\{ V_\infty \equiv \lim_{p \rightarrow \infty} \sum_{i=0}^{p-1} [x^T(k)Qx(k) + u^T(k)Ru(k)] \right\} \quad [7]$$

Neste caso, a DRE é para ser inicializada em $S(p) = Q$ e resolvida de frente para trás. Assumindo que, depois de um número finito de iterações, a solução da DRE converge à sua solução estacionária (S_∞), então temos que:

$$S_\infty = A_d^T S_\infty A_d + Q - A_d^T S_\infty B_d (B_d^T S_\infty B_d + R)^{-1} B_d^T S_\infty A_d \quad [8]$$

A qual é chamada de equação de Ricatti algébrica discreta (DARE).

A equação [8] admite, em geral, muitas soluções. Porém uma única solução estacionária é obtida se forem impostas condições de estabilidade e detectabilidade.

Teorema: Se o par (A_d, B_d) for estabilizável e o par $(A_d, Q^{T/2})$ for detectável, então a DARE [8] terá uma única solução positiva semi-definida, com todos os autovalores de $(A_d - B_d L_\infty)$ dentro do círculo unitário.

Sendo assim, a lei de controle ótimo por realimentação é dada por:

$$u(k) = -L_\infty x(k), \quad \forall k = 0, \dots, \infty \quad [9]$$

Em que L_∞ é o ganho estabilizante de realimentação de estados definido como:

$$L_\infty = (B_d^T S_\infty B_d + R)^{-1} B_d^T S_\infty A_d \quad [10]$$

Que gera um sistema estável em malha fechada, com um custo ótimo de horizonte infinito:

$$J_\infty(x_0) = x_0^T S_\infty x_0 \quad [11]$$

A síntese anterior descreve o famoso LQR convencional conforme derivado por [5]. É possível adicionar restrições, nos estados e nas entradas, ao LQR. Nesse caso, não é possível usar a programação dinâmica para o desenvolvimento do controlador, sendo necessário o uso de algum algoritmo de otimização on-line. O LQR com restrições é também chamado de controle ótimo LQ (de horizonte infinito) com restrições.

3.3. Projeto do controlador antecipativo e com realimentação

O projeto do controlador consiste em dois estágios formando, dessa forma, duas malhas de realimentação. A primeira malha, conhecida como projeto nominal é caracterizado por estar

livre de não linearidades e a outra malha chamada de projeto compensatório acomoda e trata das não linearidades.

No projeto nominal a equação de espaço de estados tem o termo $g(x, t) = 0$, o ganho estabilizante da parte nominal é dado por:

$$k_n = (B_d^T S_n B_d + R_n)^{-1} B_d^T S_n A_d \quad [12]$$

As matrizes ponderadoras do projeto nominal de estado e de controle de entrada são Q_n e R_n . No projeto compensatório a equação de espaço de estados leva em consideração o termo $g(x,t)$, o ganho estabilizante da parte do projeto compensatório é dado por:

$$k_c = (B_d^T S_c B_d + R_c)^{-1} B_d^T S_c A_c \quad [13]$$

Em que a matriz A_c é dada por $A_c = A_d - A_d k_n$. As matrizes ponderadoras do projeto nominal de estado e de controle de entrada são Q_c e R_c .

Dessa forma a lei de controle do compensador por realimentação é dado por:

$$u(k) = -(k_n + k_c)x(k) \quad [14]$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto do sistema de controle LQ é relativamente simples e fácil de ajustar. A lei de controle [14] assume uma completa medição de estados para realimentação. Se os estados não estão disponíveis, um observador de estados precisa ser desenvolvido.

No presente trabalho o vetor de estados está composto de deslocamentos e velocidades dos modos da estrutura offshore, os quais são assumidos disponíveis e mensuráveis. Considerando um tempo de amostragem $T_s = 0,01s$ as matrizes do modelo discreto da plataforma na forma da Equação [5] são:

$$A_d = \begin{bmatrix} 0,9998 & 0,01 & 0 & 0 & -0,0003 & 0 \\ -0,0332 & 0,9996 & 0,0002 & 0 & -0,0533 & -0,0091 \\ 0 & 0 & 0,9941 & 0,01 & 0,0003 & 0 \\ 0,0002 & 0 & -1,1784 & 0,9930 & 0,0532 & 0,0090 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,9998 & 0,01 \\ -0,0001 & 0 & 0,0001 & 0 & -0,0330 & 0,9944 \end{bmatrix} \quad B_d = 10^{-4} \begin{bmatrix} 0,0017 \\ 0,3433 \\ -0,0017 \\ -0,3428 \\ 0,0011 \\ 0,2124 \end{bmatrix}$$

$$C_d = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Utilizando a teoria do controle ótimo para o problema de horizonte infinito e seguindo diretrizes práticas dadas em [9], os parâmetros de ajuste do controlador são:

Projeto nominal:

$$Q_n = 10^{19} H \text{ em que } H = (C_d^T) (C_d);$$

$$R_n = 1;$$

Projeto compensatório:

$$Q_c = 10^{21} H \text{ em que } H = (C_d^T) (C_d);$$

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

$$R_c = 1/2 \mu;$$

$$\mu = 256;$$

O desempenho da estrutura com controle ótimo LQ aos efeitos das forças no ambiente offshore é mostrado a seguir. Para uma frequência de onda $\Omega = 0,5773$ Hz as amplitudes das oscilações pico a pico dos três andares sofreram uma redução de 18%, o comportamento de picos múltiplos testemunhado na resposta descontrolada é completamente eliminado, ficando a resposta dinâmica muito mais suave com o controle aplicado conforme ilustrado na Figura 2.

Para uma frequência de onda $\Omega = 1,8$ Hz, próximo à frequência de ressonância, as amplitudes das oscilações pico a pico dos três andares sofreram uma redução de 84% nas respostas dinâmicas dos três andares, Figura 3. Ou seja, com uma frequência de onda próximo da frequência de ressonância da plataforma, o controle reduz a amplitude das oscilações dos deslocamentos para o nível da situação de uma frequência de onda de $\Omega = 0,5773$ Hz [16]. Esse fato mostra o bom desempenho do controlador LQ.

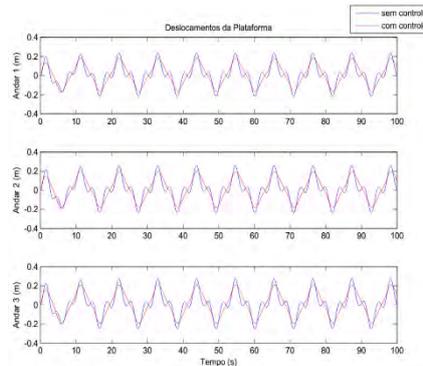


Figura 2: Resposta da plataforma com controle para uma frequência de onda de $\Omega = 0,5773$ Hz

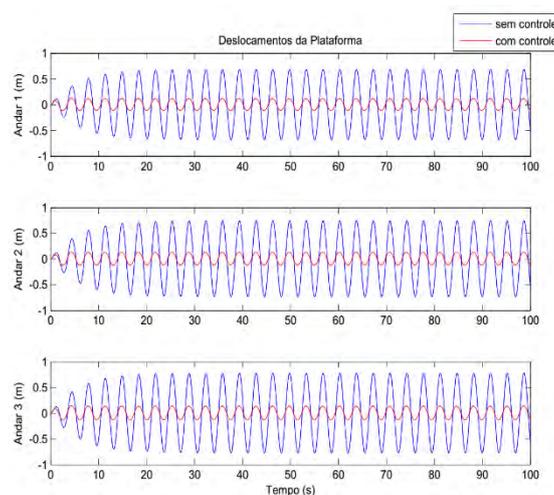


Figura 3: Resposta da plataforma com controle para uma frequência de onda de $\Omega = 1,8$ Hz

5. CONCLUSÃO

Este artigo trata do desenvolvimento de um controlador discreto antecipativo e com realimentação. O controlador LQ se mostrou adequado no controle de oscilações da plataforma offshore provocadas por perturbações persistentes de ondas e correntes marinhas. Para uma frequência de onda 0,5773 Hz, o controlador conseguiu suavizar a resposta dinâmica e diminuir um pouco as amplitudes de oscilações. Para a frequência de onda de 1,80 Hz, houve uma redução de 84% na amplitude dessas oscilações no momento de maior perigo, i.e., quando ocorre o fenômeno de ressonância na estrutura. Os resultados da simulação com e sem controle mostram o bom desempenho do sistema criado, em função da seleção adequada dos parâmetros de ponderação. A aplicação dessa técnica em plataformas offshore vem trazer um aumento na vida útil da estrutura e uma melhor estabilidade para as operações no convés da plataforma offshore.

REFERÊNCIAS

- ¹ABDEL-ROHMAN, M. Control of nonlinear vibrations in civil structures. Kuwait University Press, 1993.
- ²ABDEL-ROHMAN, M. Structural control of a steel jacket platform. Structural and Engineering Mechanics, 4(2): 125-138, 1996.
- ³ANDERSON, B.D.O.; MOORE, J.B. Optimal control - Linear quadratic methods. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc, 1990.
- ⁴DORATO, P.; ABDALLAH, C.; CERONE, V. Linear-quadratic control: An introduction. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc, 1995.
- ⁵KALMAN, R.E. Contributions to the theory of optimal control. Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana, 5(2):102-119, 1960.
- ⁶KAWANO, K.; VENKATARAMANA, K. Seismic response of offshore platform with TMD. In: Proceedings of the 10th Earthquake Engineering World Conference, Rotterdam, The Netherlands, 1992.
- ⁷KWAKERNAAK, H.; SIVAN, R. Linear optimal control systems. New York: John Wiley, 1972.
- ⁸LI, H.J.; HU, S.-L.J.; JAKUBIAK, C. H_2 active vibration control for platform subjected to wave loading. Journal of Sound and Vibration, 263(4): 709-724, 2003.
- ⁹LIN, CH.-F. Advanced control system design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc., 1994.
- ¹⁰LUBLIN, L.; ATHANS, M. Linear quadratic regulator control. In: The control handbook, Levine, W.S. (Ed.), p.635-650. Boca Raton, Florida: CRC Press and IEEE Press, 1996.

¹¹MA, H.; TANG, G.-Y.; HU, W. Feedforward and feedback optimal control with memory for offshore platforms under irregular wave forces. *Journal of Sound and Vibration*, 328(4-5): 369-381, 2009.

¹²MA, H.; TANG, G.-Y.; ZHAO, Y.-D. Feedforward and feedback optimal control for offshore structures subjected to irregular wave forces. *Ocean Engineering*, 33(8-9): 1105-1117, 2006.

¹³MAHADIK, A.S. and JANGID, R.S. Active control of offshore jacket platforms. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, India. *Int. Shipbuild. Progr.*, 50, pp. 277-295, no. 4 (2003).

¹⁴MÄKILÄ, P.M. Linear quadratic control revisited. *Automatica*, 36(1): 83-89, 2000.

¹⁵MORARI, M.; LEE, J.H.; GARCÍA, C.E. Model predictive control. Prentice-Hall, (No prelo), .2002.

¹⁶SILVA, L. Análise modal e controle de plataformas offshore sujeitas às perturbações persistentes. 2014, 120p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, São Cristóvão-SE.

¹⁷SUHARDJO, J.; KAREEM, A. Feedback-feedforward control of offshore platforms under random waves. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 30(2): 213-235, 2001.

¹⁸TERRO, M.J.; MAHMOUD, M.S.; ABDEL-ROHMAN, M. Multi-loop feedback control of offshore steel jacket platforms. *Computers and Structures*, 70(2): 185-202, 1999.

¹⁹ZHANG, B.-L.; HAN, Q.-L.; ZHANG, X.-M.; YU, X. Integral sliding mode control for offshore steel jacket platforms. *Journal of Sound and Vibration*, 331(14): 3271-3285, 2012.

²⁰ZHANG, B.-L.; TANG, G.-Y. Active vibration H_{∞} control of offshore steel jacket platforms using delayed feedback. *Journal Sound and Vibration*, 332(22): 5662-5677, 2013.

²¹ZRIBI, M.; ALMUTAIRI, N.; ABDEL-ROHMAN, M.; TERRO, M. (2004). Nonlinear and robust control schemes for offshore steel jacket platforms. *Nonlinear Dynamics*, 35(1): 61-80.

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE LÍQUORS DE CACAU DA REGIÃO SUL CACAUEIRA DA BAHIA

Emanuelle Andrade Dantas¹, Alice Lima de Gouvêa^{1,2}, Ingrid Lessa Leal^{1,3}, Bruna Aparecida Souza Machado^{1,4}

¹ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

E-mail: emanuelle@fieb.org.br, ana.gouvea@fieb.org.br, ingrid.leal@fieb.org.br, brunam@fieb.org.br

RESUMO

O líquido de cacau é o principal ingrediente na fabricação do chocolate, contudo sua qualidade advém das amêndoas e do seu pré-processamento. Desta maneira, define particularidades para cada tipo de produto final. Nesse contexto, objetivou-se caracterizar os líquidos (massa) de cacau obtidos de cinco diferentes produtores localizados na Região Sul da Bahia. Foram determinados, por meio de análises físico-químicas, os teores de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), atividade de água (Aw), umidade, cinzas, proteínas, lipídios, bem como, realizadas as análises de textura e colorimétrica. O líquido de cacau apresentou pH de 5,18 a 5,86 e acidez titulável que variou de 3,79 a 9,38 em NaOH/meq, classificando de boa qualidade. Obteve-se como resultado para análise de aw valores de 0,25 a 0,51 e para o teor de umidade uma variação de 0,43 a 4,36. O valor determinado para cinzas apresentou pouca variação entre as amostras (2,21 e 3,65), enquanto que o teor de proteínas apresentou-se entre 13,37 a 16,95% e o de lipídios em uma faixa de 51,46% a 63,03%. A fraturabilidade variou entre 3.719,33g a 6.659,33g e, de acordo com o sistema CIELAB, os parâmetros L, a* e b* da amostra 4 (Camacan/BA) foram superiores aos demais, sendo mais clara do que as demais para o teor de L*, os valores a* e b* estando positivos classificam como marrom sendo característico do produto chocolate. Os líquidos apresentaram características próprias de composição, sendo classificados de boa qualidade para o produto final.*

Palavras-chaves: líquido; cacau; qualidade; chocolate.

ABSTRACT

The cocoa liquor is the main ingredient in chocolate manufacture, yet their quality comes from beans and its pre process. This way, defines particularities for each type of final product. In this context, this study aimed to characterize the liquors (mass) coca obtained from five producers located in the South of Bahia. Were determined by means of physical-chemical analysis, the pH levels, total acidity, total soluble solids (°Brix), activity water (Aw), humidity, ash, protein, lipids, too the texture analysis and colorimetric. The cocoa liquor had pH from 5,18 to 5,86 and total acidity ranging from 3,79 to 9,38 NaOH / meq classifying good quality. Were obtained as a result for analysis aw values from 0,25 to 0,51 and the humidity content ranged from 0,43 to 4,36. The value determined for ashes showed little variation between the samples (2,21 and 3,65), while the protein content presented between

13,37 to 16, 95% and lipid in a range of 51,46% to 63,03%. The fracturability ranged from 3.719,33g the 6.659,33g and, according to the CIELAB system, the L^* parameters, a^* and b^* Sample 4 (Camacan/BA) were superior to the others, being lighter than the other to the content L^* , a^* values and b^* positive being classified as being characteristic brown chocolate product. The Liquors showed characteristics of composition and classified good quality for the final product.

Keywords: liquor; cocoa; quality; chocolate.

INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é um fruto que apresenta um formato oval, e uma casca rígida de coloração vermelha ou amarela quando maduro. O fruto apresenta também um grande volume de polpa branca utilizada na produção de geleias e sucos, e as amêndoas (sementes) que após processadas dão origem a um dos produtos alimentícios mais conhecidos no mundo, o chocolate [1 - 2]. Ele é apreciado pelo seu sabor e alto teor de compostos bioativos e, compõe o grupo de frutas com potencial benéfico para a saúde [3].

Atualmente, a região cacauífera do Sul da Bahia é o principal pólo de produção da cacauicultura nacional, sendo responsável por 63,5% da produção total de cacau [4]. Entretanto, é importante destacar que este produto nobre e tradicional da agricultura brasileira tem passado por problemas como a devastação promovida pela doença fúngica conhecida por “vassoura-de-bruxa”, que diminuiu a produção do país [5 - 7].

Em geral, o processamento do cacau se dá com as operações de abertura dos frutos, retiradas das sementes para fermentação. Em seguida, tem-se as etapas de secagem, torração e moagem das amêndoas inteiras. A massa de cacau obtida passa por uma moagem fina resultando no *líquor* de cacau. Este é prensado para a obtenção da manteiga de cacau e da torta. A partir da torta de cacau, origina-se o cacau em pó, que poderá ainda ser alcalinizado. O *líquor*, a manteiga e o cacau em pó são os principais produtos utilizados na fabricação de chocolates e alimentos derivados de cacau [2, 8 - 11].

O *líquor*, também denominado de massa ou pasta de cacau é o produto obtido por processo tecnológico considerado seguro para a produção de alimentos [12]. É definido também, como uma dispersão de partículas de cacau, envolvidas por uma fase gordurosa contínua, composta pela manteiga de cacau [9].

A caracterização do *líquor* de cacau determinará os valores nutricionais, colorimétricos e de textura, sendo um dos métodos para avaliação da qualidade da matéria prima no chocolate. Dentro desse contexto, avaliou-se a qualidade dos *líquors* de cacau obtidos de cinco diferentes produtores da região Sul da Bahia.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta das amostras

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Foram utilizados *líquors* de cacau provenientes de cinco diferentes indústrias da região cacauceira da Bahia, localizada na região Sul do Litoral do Estado (Figura 1). As amostras foram coletadas no mês de Novembro de 2014 e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Alimentos do SENAI CIMATEC, onde foram devidamente armazenadas para a posterior caracterização. A Tabela 1 apresenta a identificação das amostras e seu local de coleta.

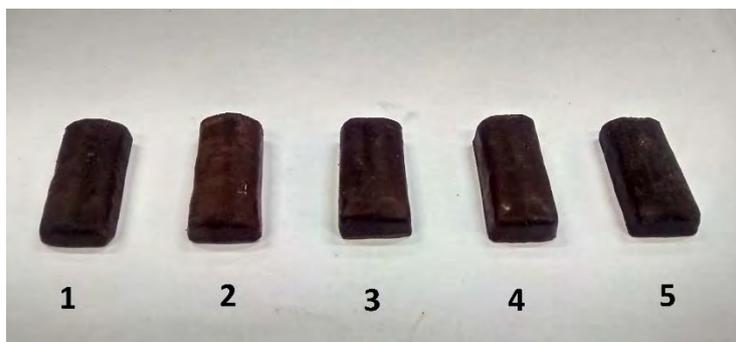


Figura 1. Amostras de líquidos de cacau coletadas em cinco diferentes indústrias da região Sul da Bahia.

Tabela 1. Amostras separadas conforme local de coleta na Região Sul Cacauceira/BA

Amostra	Município
1	Ilhéus/BA
2	Ilhéus/BA
3	Ilhéus/BA
4	Camacan/BA
5	Ilhéus/BA

2.2 Caracterização do líquido de cacau

2.2.1 Caracterização Físico-Química

Para a caracterização das diferentes amostras de *líquor* de cacau, utilizou-se a metodologia da Association of Official Analytical [13] para os seguintes parâmetros: pH, acidez total titulável (ATT), umidade e teor de cinzas e proteína bruta pelo método de Kjeldahl-Micro, onde o valor de nitrogênio encontrado foi multiplicando por um fator de conversão 6,25. Todas as determinações foram realizadas em triplicata. Para a determinação de sólidos solúveis totais (SST), utilizou-se o método da Association of Official Analytical [14] - valor em °Brix a 25°. Os lipídios totais foram extraídos e quantificados conforme metodologia proposta por Bligh e Dyer [15]. A atividade de água foi realizada com um decágono, Lab Master (Novasina), com célula de medição eletrolítica CM-2.

2.2.2 Análise de textura

Foi realizada a análise da determinação instrumental de textura, e para isso, utilizou-se o Analisador de Textura Brockfield CT3-10Kg, equipado com a ponta de prova TA7 e o software Texture Pro. As amostras foram derretidas em banho-maria e enformadas em placas

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

de PVC, obtendo barras padronizadas com 8,5cm x 2,2cm x 1,0cm (Figura 2). As barras foram acondicionadas em uma temperatura média de 22°C. Foi aplicado o teste de compressão às amostras de *líquor* de cacau. As condições de teste programadas no equipamento foram: velocidade de teste de 1,7 mm/s, carga de trigger de 5g, distância de 10mm e distância entre as bases da probe de 4cm. A análise foi feita em triplicata.



Figura 2. Ilustração da barra de *líquor* submetida à análise de textura.

2.2.3 Análise colorimétrica

Foi determinada a cor das diferentes amostras de *líquors* de cacau, e as leituras foram realizadas em sistema Cielab (L^* , a^* , b^*) utilizando colorímetro modelo CR-410 (Konica Minolta, Japão). Nesse sistema de cores L^* representa a luminosidade ($L^*=0$ – preto e $L^*=100$ – branco) e a^* e b^* são as coordenadas de cores responsáveis pela cromaticidade: ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ é o verde, $+b^*$ é o amarelo e $-b^*$ é o azul). As amostras (Figura 3) foram derretidas em Banho Maria, a $50^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, até a homogeneização. Após o procedimento, foram colocadas na cubeta de vidro própria para a leitura no equipamento.

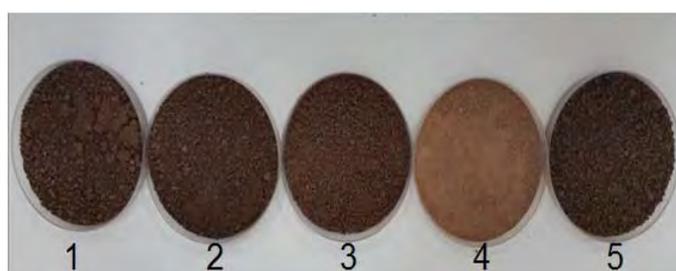


Figura 3. Ilustração do *líquor* triturado antes da etapa de derretimento para análise de cor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização físico-química do *líquor* de cacau estão apresentados na Tabela 2.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 2. Composição físico-química dos *líquors* de cacau em base seca (Média \pm Desvio Padrão)

Parâmetros	Amostras				
	1	2	3	4	5
pH	5,86 \pm 0,04	5,64 \pm 0,03	5,29 \pm 0,05	5,18 \pm 0,02	5,80 \pm 0,02
ATT (NaOH/meq)	3,79 \pm 0,65	9,38 \pm 0,53	7,27 \pm 0,46	6,79 \pm 0,96	4,20 \pm 0,56
STT (°Brix)	8,40 \pm 1,73	12,07 \pm 0,58	11,07 \pm 0,58	13,73 \pm 0,58	10,40 \pm 1,73
Aw	0,25 \pm 0,01	0,33 \pm 0,01	0,40 \pm 0,02	0,51 \pm 0,02	0,37 \pm 0,01
Umidade (%)	0,43 \pm 0,09	2,46 \pm 0,25	2,51 \pm 0,09	4,36 \pm 0,44	2,78 \pm 0,51
Cinzas (%)	3,65 \pm 0,02	3,17 \pm 0,11	2,21 \pm 0,12	2,30 \pm 0,11	2,23 \pm 0,12
Proteínas (%)	16,95 \pm 0,23	14,24 \pm 0,36	14,05 \pm 0,18	14,32 \pm 0,11	13,37 \pm 0,54
Lipídios (%)	51,46 \pm 0,98	54,89 \pm 0,71	56,68 \pm 0,73	63,03 \pm 0,96	55,08 \pm 0,77

As amostras apresentaram o pH de 5,18 a 5,86 tendo uma variação entre as médias de 0,68, estando de acordo com Luna et. al. [16] determinaram valores de pH de 5,6 a 6,3 apresentando uma oscilação de 0,70 entre as médias. O pH está diretamente relacionado com as características aromáticas, em que vários fatores podem influenciar como variedade do cacau, maturação do fruto, época de colheita, região de plantio e, principalmente, o processo fermentativo [17].

A acidez total titulável variou de 3,79 a 9,38 NaOH/meq entre as amostras de massa de cacau. Os valores das amostras 1 e 5 encontraram-se abaixo dos apresentados pelo estudo realizado por Efraim et. al. [2] de 3,89 a 5,53 meqNaOH.100g⁻¹, quando avaliaram amostras de *líquors* de cacau de 10 diferentes variedades.

Os resultados encontrados para sólidos solúveis totais das amostras variaram entre 8,40 a 13,73°Brix, sendo que a amostra 1 foi a que apresentou o menor valor. O grau Brix afere o teor de açúcares ou de carboidratos solúveis, quanto maior seu grau Brix maior será seu teor de açúcar, desta maneira as amostras de 2 a 5 são bem similares.

A partir da análise de atividade de água nos *líquors* de cacau, obteve-se valores de 0,25 a 0,51, demonstrando uma variação de apenas 0,26. Em estudo, Leite [18] encontrou valores entre 0,287 a 0,375, próximos aos resultados obtidos nas amostras 1, 2, 3 e 5. Porém Efraim [19] quantificou de 0,414 a 0,517, valores dentro do encontrado apenas para as amostras 3 e 4 e superiores aos encontrados nas demais amostras. Segundo Barufaldi et. al. [20] a faixa de aw onde os microrganismos se desenvolvem está compreendida entre 0,65 a 1. Dessa forma, os *líquors* de cacau estudados estão fora dessa faixa, possuindo um baixo teor de aw, o que confere boa qualidade e maior vida de prateleira.

Tendo a atividade de água como um fator que afeta diretamente nas características dos alimentos e na sua estabilidade, ela é considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos, uma vez que expressa o teor de água que se encontra no estado livre para ocorrerem as transformações ou crescimento de microrganismos [21]. Com base nisso, Gonçalves et. al. [22] adicionaram porcentagens de *líquor* em barras de doce de

leite, o que resultou em um decréscimo da atividade de água, e conseqüentemente, num aumento na vida de prateleira.

Os teores de umidade encontrados foram bem distintos. Na amostra 1 foi de 0,43%, abaixo das amostras 2, 3 e 5 que obtiveram 2,46%, 2,51% e 2,78% respectivamente. Resultados próximos ao encontrado por Neto et. al. [23], onde o teor médio de umidade foi de 2,70%, corroborando com os valores de Oliveira et. al. [24] de 2,26%. Já a amostra 4 apresentou valor acima dos resultados citados na literatura consultada, com 4,36%. Os valores de atividade de água apresentam relação com os valores de umidade, pois quanto maior o valor de atividade de água maior o teor de umidade.

Os valores de cinzas variaram de 2,21% a 3,65%, sendo próximos ao resultado médio de 2,30% encontrado por Neto et. al. [25] e entre 3,1 a 3,7% encontrados por Phuc [26].

As quantidades de proteínas das amostras de 2 a 5 foram de 13,37% a 14,32%, sendo semelhantes as citadas por Phuc [26] de 12,8% a 14,1%, porém, superiores ao resultado médio encontrado por Cohen et. al. [9] de 12,27%. A amostra 1 com 16,95%, teve o maior valor dentre as amostras em estudo, sendo que na literatura foi encontrado o valor intermediário de 15,2% por Gonçalves et. al. [22].

Os lipídios foram quantificados em uma faixa de 51,46% a 63,03%. De acordo com os autores (Cohen et. al. [9]; Luna et. al. [16]; Oliveira et. al. [24]; Phuc [26]) foi determinada uma faixa de teores de lipídeos entre 47,2% a 55,1% para líquido de cacau. Os valores encontrados neste estudo foram, em sua maioria, superiores a essa faixa citada, onde as amostras 3, 4 e 5 são maiores. Desta maneira, os altos valores de lipídeos são de grande interesse comercial sendo de significativo retorno econômico tanto na indústria de alimentos como de cosméticos.

As análises colorimétricas demonstraram que cada líquido de cacau possui uma cor específica. Na Tabela 3, encontram-se os dados da análise de medições de cor das amostras de líquido de cacau.

Tabela 3. Análise da cor dos líquidos de cacau realizadas de acordo com os valores de L^* , a^* e b^* .

Amostra	L^*	a^*	b^*
1	22,83±0,02	6,33±0,03	5,51±0,03
2	23,14±0,02	5,99±0,01	5,00±0,02
3	23,36±0,01	7,80±0,03	5,14±0,02
4	24,06±0,01	8,26±0,03	5,95±0,02
5	22,81±0,01	5,38±0,05	4,30±0,02

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, a amostra 4 possuiu uma coloração mais clara, explicitado na Figura 3, visto que o valor do parâmetro L^* nesta amostra foi maior do que nas demais, indo de 22,81 a 24,06. Cohen et. al. [9], em seu trabalho, encontrou valores médios superiores ao encontrado neste estudo, que foram 44,67, 4,85 e 7,10, para L^* , a^* e b^*

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

respectivamente. Já Phuc [26], em sua análise com *líquor* de cacau proveniente da Gana, obteve valores mais próximos aos resultantes neste estudo, tendo para L^* de 26,6, para a^* de 6,2 e para b^* de 4,6.

Um fator que influencia na determinação do parâmetro L^* é a relação do aumento da concentração de *líquor* com a redução da atividade de água, pois a luminosidade e atividade de água são diretamente proporcionais [22]. Para os parâmetros de cromaticidade (a^* e b^*), pode-se afirmar que todas as amostras apresentaram-se nas regiões do vermelho e amarelo, pois seus valores são positivos, o que resultou na coloração marrom [18].

A distribuição do tamanho das partículas tem uma influência sobre a cor dos chocolates, produto originado a partir do *líquor*, pois o fator de dispersão num meio denso está inversamente relacionado com o tamanho das partículas [27]. Partículas mais finas espalham mais luz, e a coloração final do meio será mais leve e mais saturada do que com partículas mais grossas [28].

Parâmetros de textura são extremamente importantes para avaliação das propriedades mecânicas do *líquor* de cacau, demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5. Análise de textura das diferentes amostras de *líquors* de cacau.

Amostra	Fraturabilidade (g)	Deformação na Dureza (mm)
1	5034,00±175,55	2,19±0,18
2	6659,33±215,86	2,00±0,23
3	3739,00±53,03	2,39±0,27
4	4350,67±64,08	2,30±0,09
5	3719,33±144,44	2,39±0,17

Na análise de textura, com relação a fraturabilidade, obteve-se de 3.719,33g a 6.659,33g. A força de quebra obtida por Vissotto et. al. [29], ao analisarem 14 formulações de barras de chocolate dietético e regular, foi de 3.023,32g a 5.213g. Em um produto análogo ao chocolate ao leite, utilizando o *líquor* de cupuaçu em substituição parcial ao *líquor* de cacau, Cohen et. al. [30] encontraram 4.600g e Cohen [31] relatou para o chocolate ao leite um valor de 4.250g. As amostras 1 e 2 tiveram valores superiores ao relatados por esses autores, sendo explicado devido a diferença na modificação da estrutura ocasionada pelo acréscimo de outros ingredientes.

A força necessária para a quebra das barras elaboradas com os *líquors* 3 e 5 foi menor quando comparada com as demais. Maiores valores da força para a fraturabilidade são desejáveis, pois permite ao produto melhor comportamento durante a produção, armazenamento e acondicionamento até o momento do consumo. Destaca-se que análise de textura pode assumir uma grande importância na indústria de alimentos no controle do processo de fabricação, matérias primas, produto final e pesquisa de desenvolvimento de novos produtos [18].

A deformação na dureza variou entre 2,00mm/s a 2,39mm/s de força para rompimento da barra feita com os líquor estudados. Diante dos dados expostos na tabela 5, observa-se que quanto maior a fraturabilidade, menor a deformação na dureza, desta maneira os líquors 3 e 5 proporcionaram uma maior fixação das partículas. A dureza do chocolate deve ser alto suficiente para que em 20°C o produto se quebre sem deformação. Propriedades reológicas são principalmente influenciadas pela distribuição do tamanho de partículas e composição de processamento (ingredientes), que afetam a textura de um produto final e o perfil de derretimento, sendo também crucial para a indústria [28].

4. CONCLUSÃO

Os líquors de cacau analisados apresentaram valores distintos nas características físico-químicas, colorimétricas e nos parâmetros de textura. Apesar da diferença entre os resultados, atribuída aos fatores agrônômicos, variedade do cacau, maturação do fruto, época de colheita, região de plantio e o processo fermentativo, os líquors foram classificados como de boa qualidade.

REFERÊNCIAS

¹Oetterer, M.; Regitano D'Arce, M. A. B.; Spoto, M. H. F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 613 p., Ed. Manole, São Paulo, **2006**.

²Efrain, P.; Pezoa-García, N. H.; Jardim, D. C. P.; Nishikawa, A.; Haddad, R.; Eberlin, M. N. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2010**, 30, 142-150.

³Oliveira, T. B.; Rogero, M. M.; Genovese, M. I. Polyphenolic-rich extracts from cocoa (*Theobroma cacao* L.) and cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex Spreng. K. Shum) liquors: A comparison of metabolic effects in high-fat fed rats. *Journal PharmaNutrition* **2015**, 3, 20–28.

⁴PWC Brasil. *A Cadeia Produtiva do Cacau no Brasil - Pesquisa de Mercado*. Centro de Serviços em Agribusiness & Agribusiness Research & Knowledge Center Pwc Brasil. Ribeirão Preto, SP. 40p. **2012**.

⁵Parente, V. M.; Júnior, A. R. O.; Costa, A. M. Projeto potencialidades regionais: estudo de viabilidade econômica-Piscicultura. *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Superior de Administração e Economia/Fundação Getúlio Vargas e SUFRAMA*. Manaus, 3, 2003.

⁶Pereira, P. R. G. Relação da qualidade do cacau no mercado atual e no mundo. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/mercadoatual.htm/>>. Acesso em: 10 Junho 2015.

⁷Moreira, J. S.; Ferreira, A.; Viana, T. G.; Ahnert, D.; Mello, D. L. N.. Potencial de Produção de Cacau Orgânico em Assentamentos Rurais no Sul da Bahia. In: *II Mostra de Iniciação Científica do IF Baiano. Programa e resumo*. Catu, 2010.

⁸Beckett, S. T. *Fabricación y utilización industrial del chocolate*. Zaragoza: Editorial Acribia, p.432, 1994.

⁹Cohen, K. O.; Luccas, V.; Sousa, M. V.; Jackix, M. N. H. Processamento tecnológico das amêndoas da cacau e de cupuaçu. *Embrapa Amazônia Oriental*, Belém, 2004.

¹⁰Bragante, A. G.; Processamento de cacau e fabricação de chocolate. Disponível em: <<http://abgtecalim.yolasite.com/resources/Processamento%20de%20Cacau%20e%20Chocolate.pdf2010>>. Acesso em: 10 Junho 2015.

¹¹Efrain, P.; Alves, A. B.; Jardim, D. C. P. Revisão: Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. *Braz. J. Food Technol.* **2011**, 14, 3, 181-201.

¹²Brasil. Resolução RDC nº 264, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Chocolate e Produtos de Cacau. *Diário Oficial da União*, Brasília, de 23 de setembro de 2005.

¹³AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16ed. Association of Official Analytical Chemists, 1997.

¹⁴AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Association of Official Analytical Chemists, 2005.

¹⁵Bligh, E.G.; Dyer, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry and Physiology* **1959**, 37, 911.

¹⁶Luna, F.; Crouzillat, D.; Cirou, L.; Bucheli, P. Chemical Composition and Flavor of Ecuadorian Cocoa *Liquor*. *J. Agric. Food Chem.* **2002**, 50 (12), 3527-3532.

¹⁷Zamalloa, C. W. A. Caracterização físico-química e avaliação de metilpirazinas no desenvolvimento do sabor em dez cultivares de cacau (*Theobroma cacao L.*) produzidos no Estado de São Paulo. *Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP. Campinas, Brasil, 1994.

¹⁸Leite, P. B. Caracterização de chocolates provenientes de variedades de cacau *Theobroma cacao L.* resistentes a vassoura de bruxa. *Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos*. Faculdade de Farmácia. Universidade Federal da Bahia, 2002.

¹⁹Efrain, P. Contribuição à melhoria de qualidade de produtos de cacau no Brasil, através da caracterização de derivados de cultivares resistentes à vassoura de bruxa e de sementes danificadas pelo fungo. *Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009.

²⁰Barufaldi, R.; Oliveira, M. N. *Fundamentos de tecnologia de alimentos*. São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte: Atheneu, 3, 301, 1998.

- ²¹Alzamora, S. M. Preconservacion de frutas por métodos combinados. *In: Congresso Mundial de Tecnologia de Alimentos, Anais*. Buenos Aires: [s.n.], 1984.
- ²²Gonçalves, G. R. F.; Oliveira, J. S.; Bonomo, R. C. F.; Neto, B. A. M.; Leite, C. X. S.; Gomes, G. M. S. Caracterização Físico-Química do Doce de Leite em Barra com Diferentes Concentrações de Líquor de Cacau. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2014**, 16, 1, 27-32.
- ²³Melo Neto, B. A.; Carvalho, E. A.; Mello, D. L. N.; Ferreira, A. C. R.; Anjos, A. C.; Bonomo R. C. F. Obtenção e Caracterização do *Líquor* de Cacau Superior Bahia. *VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. Palmas, Tocantins, 2012.
- ²⁴Oliveira, T. B.; Genovese, M. I. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International* **2013**, 51, 929-935.
- ²⁵Melo Neto, B. A.; Carvalho, E. A.; Mello, D. L. N.; Anjos, A. C.; Ferreira, A. C. R.; Sacramento, C. K. Classificação de amêndoas e qualidade de líquido de cacau (*Theobroma Cacao L.*) Superior Bahia. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2013**, 15, 4, 391-396.
- ²⁶PHUC, C. H. N. *Quality of Vietnamese cocoa liquor and butter*. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen. Academiejaar. Universiteit Gent. 2013
- ²⁷Saguy I.S. and Graf E. Particle size effects on the diffuse reflectance of a sucrose–caramel mixture. *Journal of Food Science* **1991**, 56, 1117–1120.
- ²⁸Afoakwa, E. O.; Paterson, A.; Fowler, M.; Vieira, J. Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition. *European Food Research Technology* **2008**, Berlin, 227, 1215–1223.
- ²⁹Vissoto, Z. F.; Gomes, C. R.; Batista, B. J. L. Caracterização do Comportamento Reológico e da Textura de Chocolates Sem Sacarose. *Braz. J. Food Technol.* **2005**, 8, 2, 107-111.
- ³⁰Cohen, K. O.; Sousa, M. V.; Jackix, M. N. H. Produto alimentício elaborado com sementes de cupuaçu e de cacau. *Embrapa Cerrados*. Planaltina, **2009**, 267, 25.
- ³¹Cohen, K. O. O Estudo do processo de temperagem do chocolate ao leite e de produtos análogos elaborados com líquido e gordura de cupuaçu. 296 f. *Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2003.

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA.

Juliana Silva Reis¹, Marilice Alves de Andrade², Alexandro dos Santos Reis³

¹Universidade Norte do Paraná, E-mail: julyemegy23@hotmail.com

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, E-mail: liceandrade_2011@hotmail.com

³ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, E-mail: alexbahia_3@hotmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil é uma das mais importantes atividades do setor econômico-social, responsável pela geração de resíduos sólidos em excesso que causam danos ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico preliminar sobre a situação dos RCC em Vitória da Conquista, Bahia. Foram aplicados princípios metodológicos da pesquisa exploratória por meio de levantamentos bibliográficos, e um estudo de caso no município de Vitória da Conquista, localizado na região sudoeste da Bahia. Com isso, observou-se durante o estudo a disposição de RCC em terrenos baldios, próximos de rodovias e em áreas de preservação ambiental. Dessa forma é de fundamental importância a aplicação de políticas na região, que visem um desenvolvimento sustentável e consciente, através de novas tecnologias que apresentem vantagens econômicas tanto para as indústrias de construção como também ao meio ambiente.

Palavras-chave: diagnóstico, impactos ambientais, resíduos da construção civil.

ABSTRACT

The construction industry is one of the most important activities of the economic and social sector, responsible for the generation of excess waste that cause environmental damage. The present study aimed to conduct a preliminary assessment of the situation of the RCC in Vitória da Conquista, Bahia. Methodological principles were applied exploratory research through literature surveys, and a case study in Vitória da Conquista city, located in the southwestern region of Bahia. Thus, it was observed during the study RCC layout in vacant lots, near highways and in areas of environmental preservation. Thus it is of fundamental importance to implement policies in the region, aimed at sustainable and conscious development through new technologies that have economic advantages for both construction industries as well as the environment.

Keywords: diagnosis, environmental, construction waste.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil representa uma das atividades do desenvolvimento econômico e social mais importante da atualidade, contribuindo com cerca de 6% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional [1]. Além disso, é importante ressaltar que este setor figura-se como maior empregador da economia nacional, gerando aproximadamente 3,92 milhões de empregos [2]. No entanto esse segmento também é responsável por inúmeros impactos ambientais.

Os resíduos de construção civil (RCC) são popularmente conhecidos por entulhos, e estes quando são lançados no meio urbano, causam grandes impactos para a população de ordem ambiental, econômica, além dos custos sociais envolvidos.

A destinação inadequada desses resíduos é uma prática que ocorre em boa parte dos municípios brasileiros, sendo dispostos nas margens de rios e córregos, em terrenos baldios, provocando o entupimento e o assoreamento de cursos d'água e bueiros que provocam constantes enchentes.

Uma análise de dados levantados nos Estados Unidos, considerados válidos para a construção civil nos demais países industrializados, aponta para os seguintes indicadores: utilização de 30% das matérias primas, 42% do consumo de energia, 25% para o de água e 16% para o de terra. O segmento contribui com 40% da emissão atmosférica, 20% dos efluentes líquidos, 25% dos sólidos e 13% de outras liberações. Estes números demonstram a relevância do tema e a necessidade da busca por ações que visem à redução do impacto ambiental nesse setor [3]. Na contextualização é importante que se implemente programas de gestão dos RCC, visto que o grande quantitativo gerado não somente representa riscos à saúde, mas também a disposição na natureza provoca degradação ambiental, além disso, sua destinação final em aterros sanitários ocupa grandes espaços diminuindo a vida útil dos aterros. Com isso entrou em vigor em 2 de janeiro de 2002 a resolução nº 307 CONAMA, que proíbe o envio dos resíduos da construção civil em aterros de resíduos domiciliares, assim como em áreas de bota-fora, encostas, corpos d'água e em áreas que são protegidas por lei [4], incluindo a Lei Federal 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, *dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis*”

A quantidade de entulho gerado nas construções que são realizadas nas cidades brasileiras demonstra um enorme desperdício, uma vez que esse excedente poderia ser reaproveitado. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho.

Uma alternativa viável para reduzir a geração e perdas de resíduos, é reutilizar os materiais que sobram como matérias primas para a fabricação de outros produtos através da reciclagem, esse processo reduz os custos de uma obra e além de cumprir com seu papel ambiental.

Em se tratando de Vitória da Conquista terceira maior cidade do estado da Bahia e do interior do Nordeste juntamente com Caruaru, a problemática dos RCC em Vitória da Conquista, não é uma questão recente, uma vez que há dados na literatura que mostra alguns pontos de deposições irregulares espalhados pela cidade. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico preliminar sobre a situação dos RCC em Vitória da Conquista, Bahia.

2. METODOLOGIA

No intuito de atingir os objetivos definidos da pesquisa, o presente estudo foi dividido em três etapas (Figura 1), descritas a seguir:

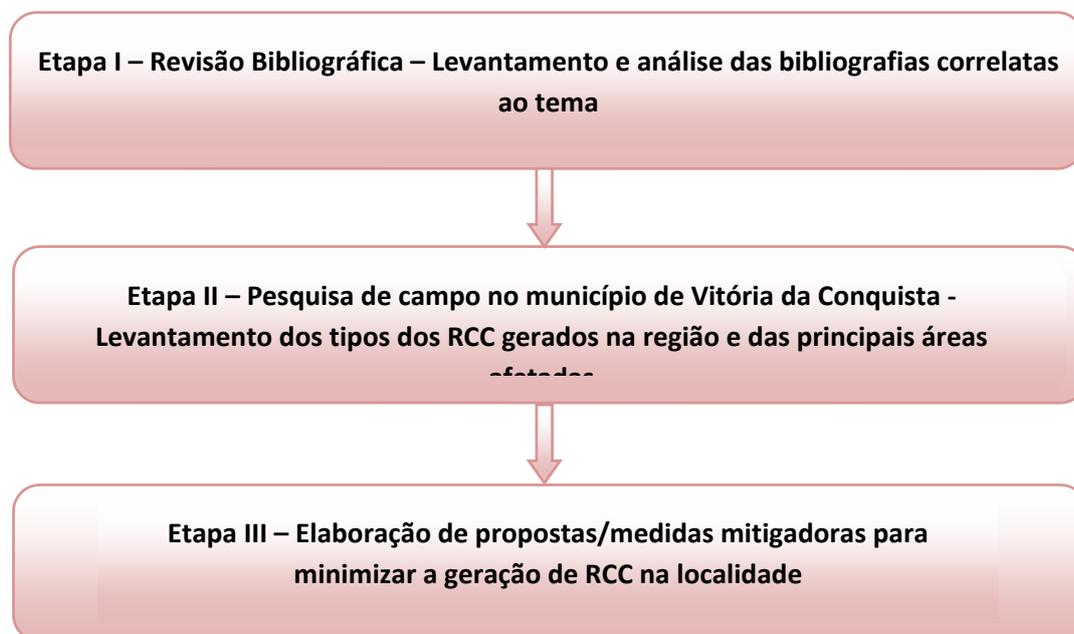


Figura 1- Fluxograma ilustrativo dos procedimentos metodológicos

Fonte: Própria

Para a realização da primeira etapa foi feito um levantamento bibliográfico através da análise de dissertações, teses, artigos e legislações, concernentes ao tema em estudo. A segunda etapa do trabalho constou de uma pesquisa de campo, na qual foram realizadas visitas com o objetivo de identificar a situação atual dos resíduos da construção civil no município, incluindo as áreas que apresentam maiores irregularidades de deposições de entulhos, a causa e os efeitos provocados ao ambiente e também a população.

Ainda como parte integrante da segunda etapa, foi realizada uma análise visual por meio de registro fotográfico, ilustrando a forma incorreta de deposição desse tipo de resíduo em áreas irregulares do município. A etapa final constou na elaboração de propostas para redução da geração de RCC no Município de Vitória da Conquista, através da implantação de uma Usina de Reciclagem para um melhor aproveitamento desses entulhos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, assim como em outros municípios brasileiros a situação não é diferente, com o desenvolvimento e o crescimento populacional o volume de resíduos aumenta a cada dia trazendo problemas degradantes para o meio ambiente, além dos transtornos para a cidade e moradores.

Outro ponto observado durante a realização da pesquisa refere-se ao grande número de resíduos domésticos descartado pela população nas caçambas de entulho, que são reservadas exclusivamente para resíduos da construção civil. Essa ação mostra a falta de conscientização de alguns moradores com relação à problemática, e a necessidade de um Programa de Educação Ambiental, pois este tipo de resíduo deve ser recolhido exclusivamente pelos caminhões destinados a essa coleta.

Embora as empresas contratadas responsáveis pelo recolhimento do entulho espalhem suas caçambas em alguns pontos da cidade, ainda assim, são vistos resíduos da construção civil em terrenos de algumas localidades. Um dos pontos que foi constatada a presença de entulho durante a pesquisa foi o terreno baldio próximo ao Cemitério Parque da Cidade, onde uma pilha de RCC localizava-se próximo ao asfalto, visível aos olhos de quem trafega pela rodovia, degradando o ambiente, causando um impacto visual na cidade. (Figura 2).



(a)



(b)

Figura 2 - Registro de Disposição Inadequada de RCC: (a) Próximo a Rodovia BR 316 e (b) Terreno Baldio na Área Urbana. Fonte: Própria

Identificou-se ainda no presente estudo a disposição de RCC na Reserva Florestal do Poço Escuro que é uma área municipal protegida por lei. Essas áreas cujo bioma característico se encontra em transição entre Mata de Cipó, Mata Atlântica e Caatinga deveriam ser conservadas. Contudo, o que se observa é a degradação causada pela comunidade do entorno. Diante dos problemas expostos a Prefeitura de Vitória da Conquista, por meio da Secretaria Municipal de Serviços Públicos e da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, determinou que as empresas transportadora de entulho deveriam dispor RCC apenas em locais regulamentados pela Secretaria de Serviços Públicos.

Assim, uma das alternativas dos órgãos municipais foi destinar parte desses RCC na cascalheira que fica ao lado da Usina de Asfalto da Empresa Municipal de Urbanização (EMURC), para que os entulhos preencham as crateras abertas, provocadas por fortes erosões devido à intensa exploração do cascalho (Figura 3).



*Figura 3 - Preenchimento de Solos Degradados com RCC.
Fonte: Própria*

De acordo com informações levantadas com proprietários de algumas empresas de recolhimento de entulhos, uma das maiores dificuldades está na falta de locais apropriados para os despejos, pois a cidade apresenta um grande volume de entulho e locais reduzidos para a disposição.

Diante dos argumentos expostos anteriormente, é notório a importância de políticas que priorizem a gestão dos RCC. No entanto, essas medidas não são suficientes para resolver o problema, já que Vitória da Conquista é um dos municípios que mais gera resíduos dessa tipologia, assim o presente estudo sinaliza como proposição futuros estudos para levantar informações sobre a viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem de RCC.

Vale ressaltar que neste contexto, é importante a participação direta da prefeitura municipal, a qual viabilizaria a implantação de uma usina de reciclagem na cidade, possibilitando o reaproveitamento dos resíduos provenientes da construção civil.

4. CONCLUSÃO

A destinação dos resíduos da construção civil é um dos problemas de maior relevância, visto os argumentos mencionados anteriormente. A disposição de resíduos em locais inadequados representa um grande impacto socioambiental, para a população, além de constituírem em fator interveniente no processo de limpeza urbana.

Com isso, é importante que se adote medidas que objetivem fornecer elementos as comunidades locais, propiciando o desenvolvimento da conscientização ambiental, assim como incentivo a cursos em canteiros de obras para qualificação de profissionais da construção civil.

A Disposição de RCC observados durante o estudo em áreas de preservação ambiental é uma fato que corrobora para a implementação de políticas que visem à redução da quantidade de resíduos gerados, como no caso a usina de reciclagem e o aumento de fiscalização dos órgãos ambientais, além do programas de educação ambiental para todos os atores envolvidos. Isso é de extrema importância para reduzir os impactos causados ao meio ambiente, além de contribuir com a competitividade do setor, através da redução de custo. Por fim, estudo a continuidade do estudo para a coleta de dados mais consistentes bem como a avaliação de novos cenários.

5. REFERÊNCIAS

¹ CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Disponível em: <http://www.cbic.org.br/>. Acesso em 10/08/2015.

² ROTH, C.G. (2008). Resíduos sólidos da construção de edificações: a solução pela gestão urbana. Dissertação de Mestrado 126 f.

³FARIAS, J. V. O. F. e FURTADO, M. R. C. Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil para Produção de Peças Pré-Moldadas: Resíduo de Concreto. Belém, 2012. 52p.

⁴FURTADO, J. S. Atitude ambiental sustentável na Construção Civil: ecobuilding&produçãolimpa.<http://www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa.html> acessado em Janeiro/2011.

ESTIMAÇÃO DE TORQUE DE MOTOR DE INDUÇÃO POR MEIO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Francisco A. S. Picanço¹, Emanuel B. de A. Cajueiro¹, Lazaro E. B. Silva²

¹ SENAI CIMATEC- Avenida Orlando Gomes, 1845- Piatã, 41650010, Salvador, Bahia, Brasil.

email: - chicopicanco@yahoo.com.br - emanuelbenicio@gmail.com

² PPGEE, UFBA- Rua Aristides Novis n.02, 4º andar, sala 23 Federação Salvador, Bahia, Brasil

email: -lazaro.brito@uol.com.br

RESUMO

Neste artigo, a estimação do comportamento do torque de um motor de indução trifásico (MIT) é obtida. utilizou-se uma rede neural artificial tipo Perceptron, disposta em multicamadas, que devidamente treinada por retropropagação, a partir do modelo do circuito elétrico, variação de escorregamento e valor eficaz da corrente de estator forneceu na saída o torque desejado. A fonte de dados empregada no estudo dispõe de um vetor de características simuladas a partir do modelo clássico do motor de indução parâmetros obtidos por meio de testes experimentais de rotor travado e sem carga acoplada. O treinamento da rede utilizou o algoritmo Levenberg Marquardt, o que contribuiu para uma convergência do erro médio quadrático na ordem de 10^{-5} , em cerca de pouco mais de 4 minutos e 595 interações. Com a rede neural treinada, um vetor de dados simulados foi aplicado a entrada desta, resultando valores estimados de torque eletromecânico na saída. Os resultados obtidos, com a metodologia proposta, revelaram uma alternativa no estudo e identificação de motores trifásicos, visto que, comparando se os valores simulados e os valores estimados pela rede, o erro médio observado ficou dentro da faixa de valores esperada.

Palavras-chaves: estimação de torque; motor de indução; redes neurais artificiais.

ABSTRACT

In this paper, the estimation of the three phase induction machines torque behavior is obtained. The methodology used an artificial neural network type Perceptron, arranged in multilayers, that properly trained by backpropagation, from the electrical circuit model, slip variation and effective value of the stator current supplied in output the desired torque. The source of data used in the study arranged a simulated feature vector from the classic model parameters induction motor obtained through experimental testing with locked rotor and no load. The network training used the Levenberg Marquardt algorithm, which contributed to a convergence of the mean square error in the order of 10^{-5} , at about just over 4 minutes and 595 interactions. With the trained neural network, a simulated data vector was applied to the input of this resulting estimate of electromechanical torque on output. The results obtained with the proposed methodology, revealed an alternative in the study and identification of three phase inductions machines, since comparing the simulated values and the values estimated by the network, the observed average error was within the expected value range.

Keywords: torque estimation; induction machines; artificial neural networks.

1. INTRODUÇÃO

Os motores de indução trifásicos são equipamentos eletromecânicos com grande aplicação em processos industriais que necessitam de movimentação e transporte de cargas e produtos. Por meio do fenômeno físico da indução eletromagnética, estes equipamentos podem converter energia elétrica em mecânica com robustez, simplicidade e custo, relativamente baixo, comparado com outros equipamentos industriais.

A busca pelo uso eficiente da energia elétrica tem provocado estudos sobre a melhoria dos processos industriais. Neste contexto os motores de indução trifásicos representam um dos objetos de estudo. No caso particular dos motores, o estudo envolve a análise das equações do modelo dinâmico, mais precisamente a determinação de parâmetros como corrente por fase, resistência de estator e torque eletromagnético [1].

No estudo de técnicas de identificação dos parâmetros do motores elétricos de indução tipo gaiola de esquilo, [2] apresenta uma proposta baseada no modelo de estado estacionário da corrente de fase e potência de entrada, em função do escorregamento, utilizando um algoritmo não linear de identificação. Tratando especificamente do torque, [3] apresenta uma abordagem de identificação baseada em sistemas *fuzzy*. A proposta deste trabalho consistiu na utilização de sistemas *fuzzy* como uma alternativa aos métodos tradicionais para levantamento do

comportamento de carga e, em processos de controle, onde há a necessidade de conhecimento do comportamento do conjugado aplicado ao eixo do motor.

O torque é uma grandeza física associada ao movimento de rotação que, no caso de motores, está relacionada ao rotor, em razão da força eletromagnética provocada pela interação deste com o estator [4]. Já as redes neurais artificiais (RNAs) são estruturas matemáticas, na maioria da vezes concebidas por meio de algoritmos computacionais, que encontram aplicações no reconhecimento e classificação de padrões, geralmente não lineares [5]. Conforme comenta [6], a modelagem matemática ou identificação utilizando RNAs é uma linha de pesquisa que tem provocado entusiasmo entre os pesquisadores. Contudo, grande parte dos estudos envolvendo RNAs e o torque eletromecânico dedicam-se ao reconhecimento de padrões de operação e classificação falhas, conforme pode ser observado no trabalho de [1]. Diante disso, este trabalho apresenta uma alternativa no estudo do torque eletromecânico de motores de indução triásico, utilizando RNAs como elemento de identificação deste torque, a partir da característica de escorregamento e da corrente eficaz do estator do motor, obtido por meio do modelo dinâmico do motor.

2. Modelo Dinâmico do Motor

O estudo do funcionamento, em regime permanente, do motor de indução triásico, tipo gaiola de esquilo, pode ser realizado com o auxílio do circuito equivalente apresentado na Figura 1.

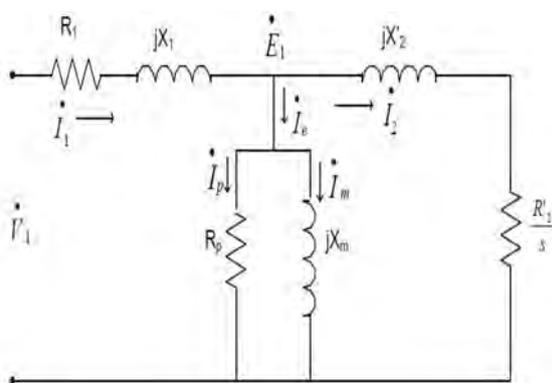


Figura 1. Circuito equivalente do motor

Neste circuito as grandezas são apresentadas na forma de fasores nos quais as magnitudes representam os valores eficazes das seguintes grandezas:

- V_1 - tensão eficaz por fase aplicada no estator;
- jX_1 - reatância de dispersão do estator;
- R_1 - resistência elétrica do estator;
- I_1 - corrente elétrica no rolamento do estator;
- E_1 - tensão de excitação do motor;
- I_e - corrente de excitação do motor;
- I_m - corrente de magnetização do motor;
- R_p - resistência de perdas no ferro do motor;
- I_p - corrente de perdas no ferro no motor;
- X_m - reatância de magnetização;
- I_2 - corrente no rotor referida ao estator;
- X_2' - reatância de dispersão do rotor referente ao estator;
- R_2' - resistência do rotor referida ao estator;
- S - escorregamento do motor.

Para o circuito equivalente ilustrado na Figura 1 é comum colocar uma resistência em paralelo com a reatância de magnetização com a finalidade de representar as perdas no ferro da máquina. Essas perdas são relativas ao fluxo magnético principal da máquina, que produz a força eletromotriz do estator [4]. A partir do circuito equivalente é possível obter relações matemáticas que podem determinar o comportamento do motor em diferentes condições de operação. Duas dessas relações são representadas pelas equações da corrente do rotor e o torque eletromagnético expressas a seguir como sugere [2]:

$$I(s) = V_1 \sqrt{\frac{\alpha^2 + \beta^2}{\gamma^2 + \theta^2}} \quad (1)$$

$$T(s) = 3V_1^2 \frac{p R_p 2R_2' / s}{\omega \gamma^2 + \theta^2} \quad (2)$$

Nas quais

$$\alpha = \frac{R_2'}{s} + R_p \left(1 + \frac{x_2^2}{x_m} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{x_p x_2'}{s x_m} - x_2' \quad (4)$$

$$\gamma = x_1 \left(\frac{x_p x_2'}{s x_m} - x_2' \right) + R_1 \left(\frac{R_2'}{s} + R_p \left(1 + \frac{x_2'}{x_m} \right) \right) \quad (5)$$

$$\theta = x_1 \begin{pmatrix} \frac{R_2'}{x} + R_p \left(1 + \frac{x_2'}{x_m} \right) \\ - R_1 \left(\frac{x_p x_2'}{s x_m} - x_2' \right) \end{pmatrix} + R_p x_2' \quad (6)$$

É possível observar que as equações (1) e (2) dependem do escorregamento do motor. O escorregamento representa a diferença entre a velocidade de rotação do rotor e a velocidade síncrona da máquina, e pode variar de 1 até zero, indicando desde o estado do rotor trancado até o estado do rotor operado sem carga na velocidade nominal. A equação (2) em especial apresenta uma dependência da relação entre a quantidade de polos " p" do motor e a velocidade angular " ω " do rotor. Contudo as funções apresentadas envolvem relações de não linearidade na descrição do estado de regime permanente do motor de indução.

3. ESTIMADOR DE TORQUE NEURAL

O elemento básico de processamento do estimador é o neurônio artificial que é apresentado na Figura 2:

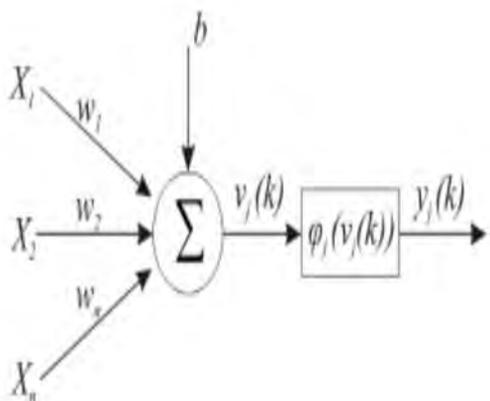


Figura 2. Modelo de Neurônio Artificial

A função matemática de saída desse elemento básico pode ser expressa por:

$$y_j = \varphi(v_j(k)) \quad (7)$$

Na qual:

$$v_j(k) = \sum_{i=1}^n x_i w_i + b \quad (8)$$

E os seus parâmetros são descritos por:

- n - numero de entradas do neurônio artificial;
- X_i - é a i -ésima entrada do neurônio;
- w_i - peso associado a i -ésima entrada;
- b - é o bias associado ao neurônio;
- φ_j - é a função de ativação do neurônio;
- y_j - é a saída do neurônio.

Dessa forma, cada neurônio processa informações presentes em sua entrada e, por meio da função de ativação, fornece um sinal de saída. As funções de ativação são não lineares como as função tangente hiperbólica e sigmoide mas podem ser usadas a função linear ou a linear com saturação. A associação de neurônios de forma que a informação de saída de um alimenta as entradas dos demais, constitui a rede neural artificial. O erro produzido na saída do n -ésimo neurônio artificial, provocado pelo n -ésimo vetor de entrada, e utilizado para ajustar os pesos sinápticos da rede. o erro pode ser calculado pela seguinte equação:

$$E_j = y_j(n) - y_{est_j}(n) \quad (9)$$

Na qual $y_j(n)$ representa o valor desejado na saída da rede e $y_{est_j}(n)$ e o valor estimado obtido na saída da rede. A soma de todos os erros quadráticos, produzidos por cada neurônio de saída, produz uma função de erro que deve ser minimizada por meio do ajuste dos pesos da rede em cada interação. Nesse sentido [7] sugeriram a elaboração do algoritmo de retropropagação para minimização do erro pelo ajuste dos pesos da rede. Neste trabalho foi concebida uma RNA para a estimação do torque do motor de indução, a partir do valor eficaz da corrente no estator e a variação do escorregamento.

4-MATERIAIS E MÉTODOS

A rede utilizada foi do tipo Perceptron Multicamada, (uma camada de entrada com dois neurônios, duas camadas intermediárias com 33 neurônios cada uma e uma camada de saída com um neurônio), com arquitetura feedforward. Os neurônios das camadas intermediárias possuíam função de ativação do tipo tangente sigmoide; já o neurônio de saída possuía função de ativação tipo linear. A escolha do número de camadas da RNA, bem como a quantidade de neurônios que fizeram parte de sua composição, foi feita de forma empírica. Contudo, elementos como tipo de algoritmo de treinamento e funções de ativação dos neurônios seguiram recomendações presentes na literatura como em [5].

A RNA foi implementada em um algoritmo desenvolvido no MATLAB®. Nesse algoritmo foram utilizados dados de testes experimentais de rotor travado e sem carga acoplada, de um motor trifásico 220VAC, 60Hz e 1,5k apresentados em [2]. Esses dados podem ser observados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Tabela de dados

	Parâmetros do Motor(Ω)
Rr	3,84
Xr	6,789
Xs	1,658
Rs	1,93
Xm	38,7

Com as informações apresentadas na Tabela 1 e com as equações (1) e (2) foram gerados 123 dados de corrente e torque eletromagnético, respectivamente, a partir da variação do escorregamento desde a condição do rotor girando sem carga acoplada, até a condição de rotor travado. Do total de dados citados, 103 foram aplicados ao treinamento da RNA e 20 aplicados a simulação.

5. RESULTADOS E SIMULAÇÕES

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

O desempenho da RNA pode ser apreciado na Figura 3 a seguir:

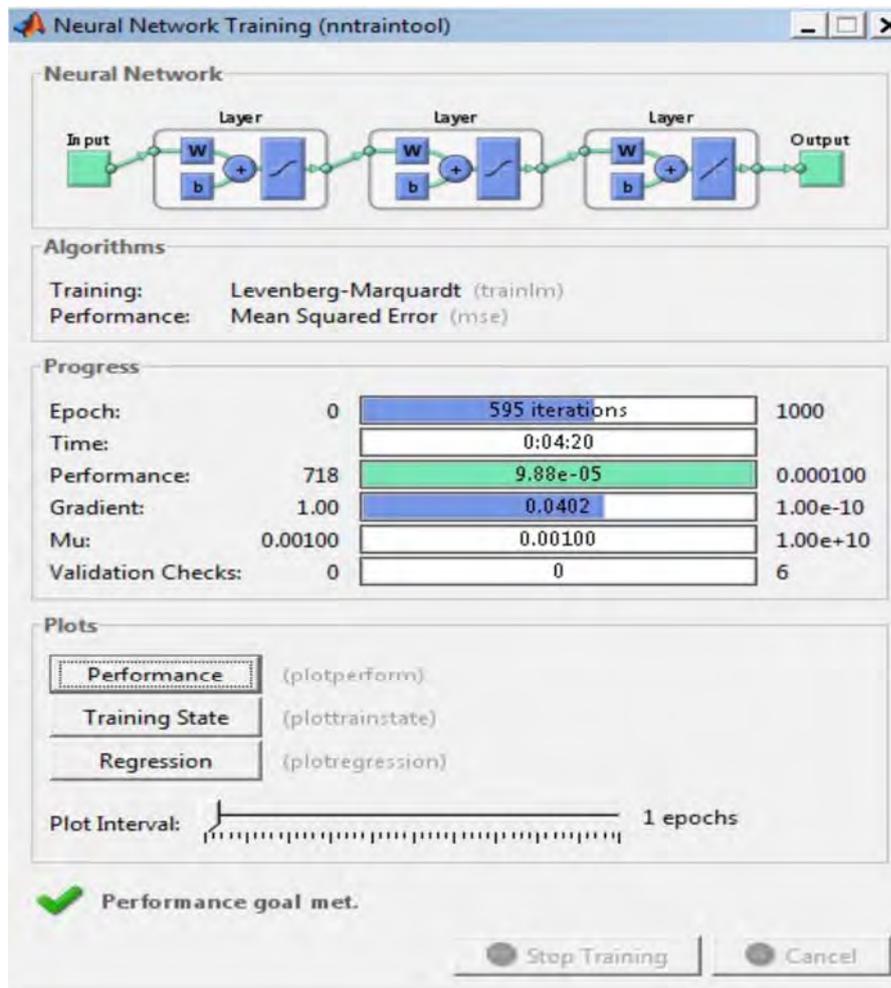


Figura 3. Treinamento da RNA

Conforme é ilustrado na Figura 3, o treinamento da RNA ocorreu durante 4 minutos e vinte segundos, totalizando 595 interações. Durante as interações,

- o algoritmo de retropropagação de treinamento, chamado de Levenberg Marquardt, buscava minimizar o erro entre o valor da saída esperada e o valor da saída estimada, por cada neurônio da rede.
- o erro médio quadrático durante o treinamento chegou ao valor de $9,88 \times 10^{-5}$; e o gradiente alcançado foi de 0,0402 com um momento de 0.00100. Na Figura 4 é possível verificar o comportamento do treinamento a partir da relação entre o erro quadrático médio e o numero de interações.

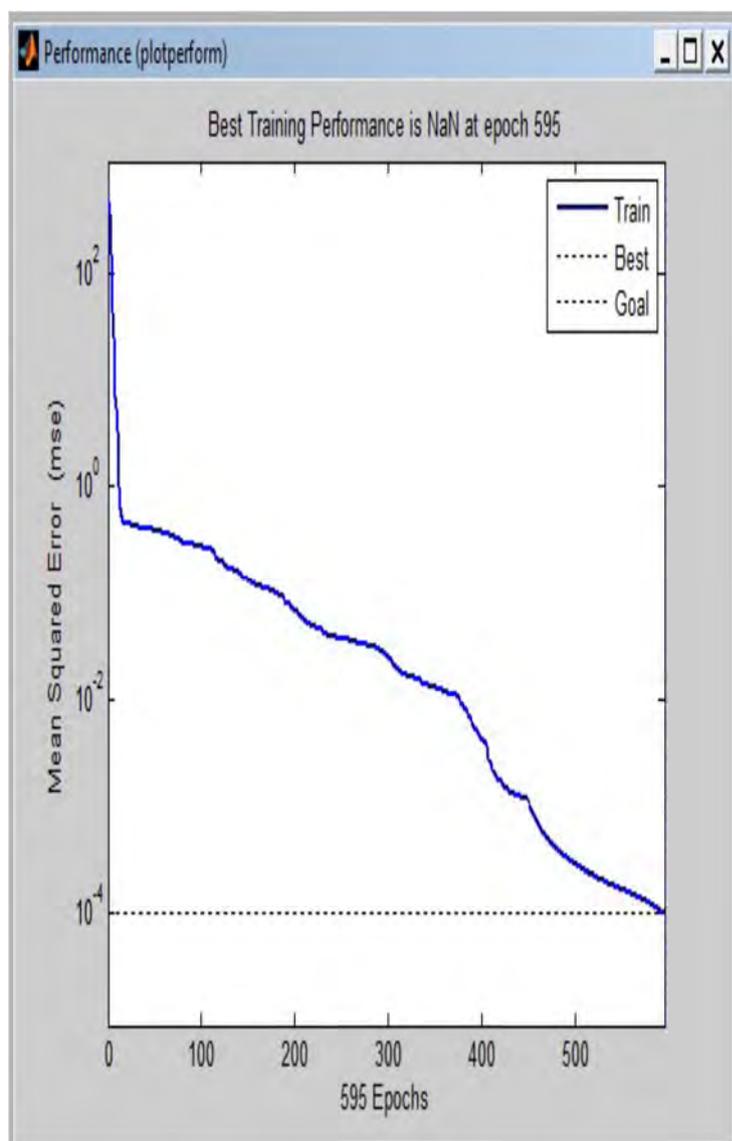


Figura 4. Comportamento do treinamento

Após a etapa de treinamento a RNA foi submetida a um conjunto de vinte dados para simulação apresentados na Tabela 2 apresentada a seguir:

Tabela 2. Dados para simulação de rede treinada

Corrente (A)	Escorregamento	Torque $\left(\frac{N \times m}{rad / s}\right)$

5,4625	0,0181	2,6883
7,2240	0,0667	10,9946
7,6630	0,0991	14,2943
9,4946	0,1558	22,1279
11,8717	0,1882	25,7802
12,7171	0,2206	28,3722
113,9955	0,2611	29,5791
15,7211	0,3421	32,1177
16,3823	0,3178	30,8945
17,4287	0,3502	32,6818
18,2484	0,4069	33,0481
19,0431	0,4555	33,9831
20,0178	0,4393	34,4865
21,5610	0,5770	34,4677
22,3830	0,6742	31,4161
23,6255	0,7552	29,7345
24,4352	0,8362	29,2934
24,7510	0,9739	26,3467
25,0342	0,9334	25,6813
25,2285	0,9982	25,7751

A aplicação dos dados de escorregamento e corrente, observados na Tabela 2, RNA treinada resultou em um vetor de saída, cujos elementos foram comparados com os valores do vetor de torque utilizado para simulação de desempenho da rede. Calculando-se o erro médio quadrático o número encontrado foi $23,166 \times 10^{-5}$.

6. CONCLUSÕES

A partir do modelo do circuito elétrico do motor de indução trifásico e de parâmetros obtidos por meio dos testes de rotor trancado e sem carga acoplada, a rede neural artificial, desenvolvida e treinada em um algoritmo no MATLAB @, foi capaz estimar o valor do torque eletromagnético de um motor depois de ser submetida a uma amostra de valores de escorregamento e corrente de estator. Durante a fase de elaboração e treinamento da RNA, observou-se que o aumento do número de neurônio nas camadas intermediárias interfere no tempo de processamento da rede: quanto mais neurônios maior o tempo de processamento. Já a convergência da rede tem relação com a correta modelagem do sistema adotado para estudo, e por conseguinte, com os dados fornecidos a rede para treinamento e simulação. Apesar do erro quadrático médio, tanto na etapa de treinamento como na etapa de simulação, tender para valores na ordem de 10^{-5} abaixo do esperado que foi 10^{-4} , foi observada divergência entre

os valores absolutos encontrados. Este fato ocorreu porque 4 valores estimados pela rede apresentaram erro superior a 10^{-4} o que comprometeu o erro quadrático médio calculado.

Em linhas gerais, os resultados obtidos, com a metodologia proposta, revelam uma alternativa no estudo e identificação de motores trifásicos.

7. REFERÊNCIAS

- ¹ REIS, A. J. S. Reconhecimento de Padrões de Falhas em Motores em Motores Trifásicos Utilizando Redes Neurais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, **2010**.
- ² LIMA, A. M. N.; JACOBINA, C. B.; FILHO, E. B. d. S. Nonlinear parameter estimation of steady-state induction machine models. IEEE Transaction on Industrial Electronics, v. 44, n. 3, p. 390–397, June **1997**.
- ³ SILVA, S. F. d. Identificação de Torque de Carga em Motores de Indução Usando Abordagem Baseada em Sistemas Fuzzy. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, **2007**.
- ⁴ FITZGERALD, A. E.; JUNIOR, C. K.; UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6th. ed. [S.l.]: Bookman, **2006**.
- ⁵ HAYKIN, S. S. Redes Neurais: princípios e práticas. 2th. ed. [S.l.]: Bookman Companhia Ed, **2001**.
- ⁶ CERQUEIRA, J. d. J. F. Identificação de Sistemas Dinâmicos Utilizando Redes Neurais Artificiais: Uma aplicação a Manipuladores Robóticos. Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica) -Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, **2001**.
- ⁷ RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Parallel Distributed Processing: Exploration in The Microstructure of Cognition. [S.l.]: Cambridge, **1986**.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIDORES DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM UM DINAMÔMETRO AUTOMOTIVO

Pedro Bancillon Ventin Muniz¹, Júlio Câmara¹, Mauricio Bonifati¹

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil

E-mails: Pedro.muniz@fieb.org.br, jcamara@fieb.org.br, mauricio.bonifati@fieb.org.br

RESUMO

Devido ao aumento do uso de inovação tecnológica no desenvolvimento dos novos motores, o número de ensaios realizados em dinamômetros tem aumentado de forma equivalente, isto porque o uso deste tipo de laboratório é mandatário para o desenvolvimento de um novo motor. Durante os testes em dinamômetros, diversas informações são levantadas para averiguação e estudos de pesquisadores e técnicos especialistas. O equipamento utilizado em um laboratório de dinamômetros deve possuir o menor erro de medição possível para que os resultados sejam confiáveis, dessa forma a averiguação e comparação entre medidores de consumo de combustível é um importante ponto na manutenção da qualidade de um dos ensaios realizados em dinamômetro. Atualmente, existem diversos tipos de medidores de consumo de combustível, os estudados neste trabalho são os medidores do tipo Coriolis e do tipo Balança Gravimétrica. Os ensaios realizados consistiram na extração de 3 curvas de consumo de combustível de cada um dos tipos de medidores e na comparação dos mesmos, percebendo que o medidor Balança Gravimétrica apresentou resultados seguros e satisfatórios.

Palavras-Chave: Balança Gravimétrica; Coriolis; Medidor de Combustível em Dinamômetro.

ABSTRACT

Due to the increased use of technological innovation in the development of new engines, the number of trials in dynamometers have increased equivalently, this is because the use of this type of laboratory is mandatory for the development of a new engine. During the tests on dynamometers, various information is collected for investigation and studies of researchers and technical experts. The equipment used on a dynamometer lab must have the lowest possible measurement error for the results to be reliable, that way the investigation and comparison of fuel consumption meters is an important point in maintaining the quality of the trials in dynamometer. Currently, there are various types of fuel consumption meters, studied in this work are the meters of the Coriolis type and the type Balance Gravimetric. The performed tests consisted in extraction three fuel consumption curves for each of the types of meters and comparison of the same, realizing the Gravimetric measuring scale safe and showed satisfactory results.

Key Word: Gravimetric Balance; Coriolis; Fuel Gauge Dynamometer.

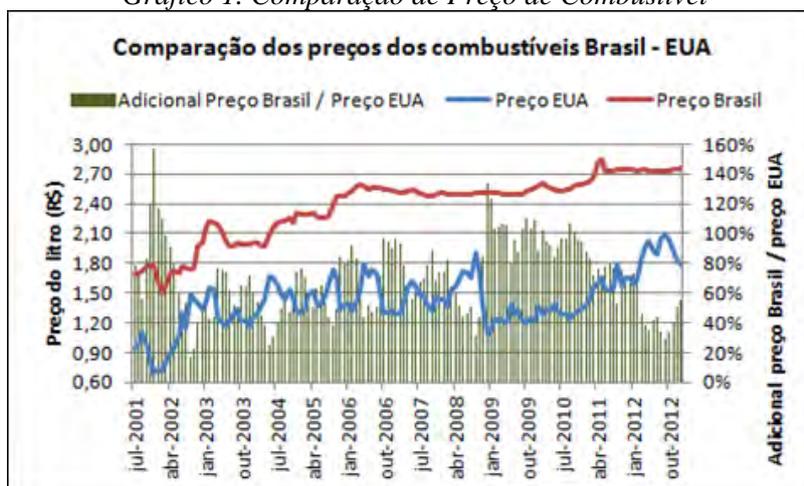
10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

1. INTRODUÇÃO

O mercado mundial de automóveis tem experimentado um crescimento constante na demanda e oferta de modelos. Os volumes de produção, mesmo com as recentes crises de 2008 e 2012, têm sido incrementados notadamente em países emergentes, como Brasil, China e Rússia [1]. Antes de oferecer seus veículos ao mercado consumidor, as montadoras necessitam validar os seus produtos e uma parte destes produtos é o motor de combustão interna. Para a validação, é necessário efetuar testes em bancadas de dinamômetros avaliando, principalmente, o consumo em relação ao desempenho do veículo.

Neste cenário, e considerando a contínua busca por uma diferenciação em um ambiente de alta competitividade as fábricas de automóveis passaram a investir em equipamentos com maior capacidade de determinar com clareza e precisão os parâmetros de funcionamento de um motor de combustão interna. O monitoramento destes parâmetros permite assegurar que o motor desenvolvido atenda as necessidades de durabilidade, desempenho, emissões de poluentes e consumo de combustível. De acordo com o aumento do preço do combustível nos últimos anos (ver gráfico 1), o mercado mundial tem optado pela compra de automóveis mais econômicos.

Gráfico 1. Comparação de Preço de Combustível



Fonte: Anuário de Preços 2014 ANP

Desta forma, é necessário que os testes de consumo proporcionem os resultados verdadeiros para os engenheiros e a escolha do tipo de equipamento utilizado não comprometa os resultados dos ensaios. Atualmente existem diversos modelos de medidores de consumo em um dinamômetro: Medidor de Fluxo Volumétrico, Medidor de Vazão Tipo Turbina, Medidor Tipo Rotâmetro, Medidor de Fluxo Tipo Turbina, Medidor de Fluxo Tipo Palheta, Medidor de Fluxo Tipo Engrenagem e Medidor de Fluxo em Massa. Os que possuem larga utilização industrial, e são abordados neste artigo, são os Medidores de Fluxo em Massa do Tipo Balança Gravimétrica e Coriolis. Estes apresentam grande capacidade de medição, mesmo em intervalos de tempo curtos, bem como confiabilidade nos dados extraídos, porém a diferença de custo entre os medidores estudados é de aproximadamente 300%.

2. METODOLOGIA

O teste foi desenvolvido em um único motor de combustão interna ciclo Otto, 1600 cm³ de cilindrada e 16 válvulas, em que foi submetido à obtenção da curva de desempenho em um teste estático utilizando gasolina tipo C. Estas curvas de desempenho demonstraram informações como torque, potência, consumo específico e rotações por minuto. O estudo foi baseado em informações contidas nos descritivos dos equipamentos de medição de combustível do tipo Balança Gravimétrica - modelo 733S e Medidor de combustível Coriolis – modelo 735S, além de testes realizados em um laboratório de Dinamômetros de Motores no SENAI CIMATEC. Estes equipamentos utilizados encontravam-se calibrados e em funcionamento de acordo com a NBR 1585.

Durante este teste, foram extraídas 3 curvas de desempenho em cada um dos medidores. Após esta etapa, foi gerada uma curva média de cada um dos medidores, afim de compararmos o valor obtido e assegurarmos a informação contida nos manuais e descritivos técnicos dos equipamentos.

3. EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA AUTOMOTIVA

A indústria automotiva evolui com o passar das décadas, fato este que culminou num maior aperfeiçoamento dos elementos e componentes que funcionam em um automóvel. Uma das maiores preocupações foi com o motor de combustão interna, pois o equipamento passou por avanços para ser vendido em diversos países. Um fator que permitiu o avanço destas máquinas foram os testes realizados em dinamômetros de motores. Estas máquinas funcionam como um freio acoplado ao motor em teste e afere, utilizando uma célula de carga, a força gerada em diferentes rotações [2]. O resultado do produto entre a força e a velocidade de rotação determina a potência do motor. Existem diversos tipos de dinamômetros para motores: Inercial, Hidráulico tipo Froude, Hidráulico Tipo Enchimento Variável, Hidráulico Tipo de Disco, Corrente Contínua, Corrente Alternada, Corrente de Foucault e Fricção. Estes diferentes tipos de dinamômetros possuem características distintas como investimento, velocidade de obtenção nos dados, controle e precisão, porém o mais utilizado é o Corrente de Foucault [3], pois é robusto, possui rápida resposta com um fácil controle eletrônico, além de apresentar baixa inércia. O dinamômetro consegue executar alguns tipos de testes, os mais comuns são divididos em testes estáticos e testes dinâmicos ou transientes. Esta definição é proveniente da característica de resposta na absorção de dados de cada um dos testes. No funcionamento do motor, existem pequenas faixas de ciclos que podem interferir no seu desempenho ideal, porém, estas faixas cíclicas possuem um intervalo de tempo muito limitado, o que as torna de difícil determinação.

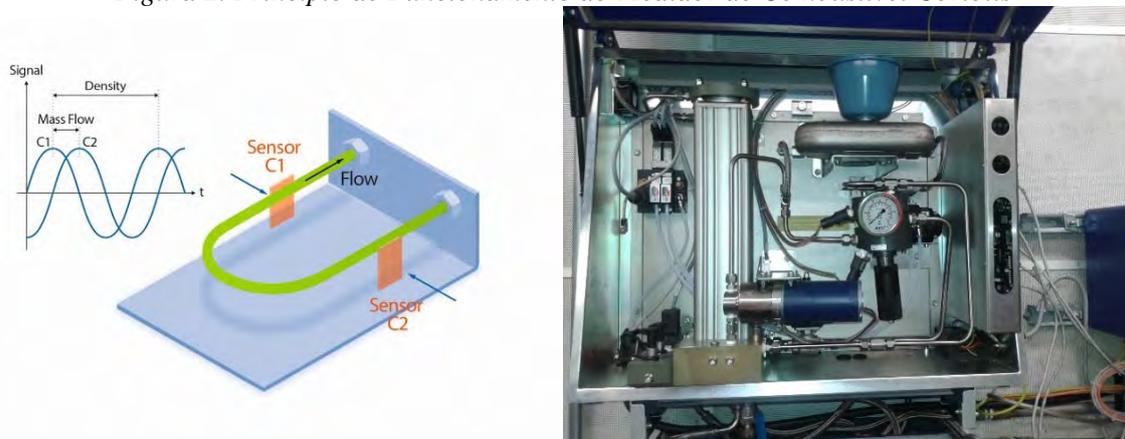
A depender do teste realizado em um dinamômetro, e, principalmente, do objetivo estudado com aquele experimento, pode-se optar por verificar o comportamento destes ciclos ou não. Um teste é tido estático no momento em que o motor é levado a uma condição de trabalho em que esta fase se mantém entre 100ms e 5s [3]. Durante este período de tempo, uma medição é realizada e, a cada período determinado neste intervalo, ocorrem outras medições. No final, os

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

dados são apresentados de forma a calcular a média de diversos pontos no intervalo de tempo de todo o teste. O teste dinâmico é quando ocorrem medições com um intervalo de tempo curto, variações na faixa de 2ms a 50ms [3]. Comumente, a variação entre 50ms é a mais praticada, tendo em vista que medições com intervalo de tempo menor não surtem efeitos técnicos valiosos para estudos em motores. A execução em testes de motores em dinamômetros proporciona a extração de dados como torque, rotação, potência, temperaturas de: óleo lubrificante, água do sistema de arrefecimento, gases de admissão e escape. Para a execução de testes em dinamômetros, é importante o fornecimento de insumos como: água, óleo, ar, gases da exaustão e combustível. O fornecimento do combustível é de vital importância para um laboratório de dinamômetro, pois é a partir desta informação, que será realizada a curva de consumo de um motor, ou seja, a quantidade de combustível consumido durante o tempo de teste do equipamento. Para a medição do combustível comumente são utilizadas duas tecnologias de medição, a balança gravimétrica de combustível e o medidor Coriolis.

O princípio de medição do medidor Coriolis (ver figura 2) consiste em o combustível passar através de um tubo em forma de U, que vibra com a sua frequência natural. Esta frequência é proporcional à densidade do combustível, o que, além do fluxo de massa, é uma variável medida separada e, assim, permite a produção de valores de medição volumétrica. O intervalo de tempo da frequência de vibração C1 a C2 é proporcional ao fluxo de massa.

Figura 2. Princípio de Funcionamento do Medidor de Combustível Coriolis



Fonte: AVL

O princípio de medição de combustível da Balança gravimétrica (ver figura 3) é realizado a partir de um recipiente de medição continuamente ponderada com todas as propriedades do reservatório do veículo. A detecção do peso do combustível é implementada com um sensor de deslocamento capacitivo, que está conectado ao recipiente de medição por meio de um feixe (ver figura 4). Um peso de calibração é usado para realizar o teste de precisão e procedimentos de calibração. A calibração é executada de uma forma totalmente automática em poucos minutos e é integrada por padrão na balança de combustível.

Figura 3. Princípio de Funcionamento do Medidor de Combustível Balança Gravimétrica



Fonte: AVL

Figura 4. Medidor de Combustível Balança Gravimétrica



Fonte: Fonte Própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo como base o estudo comparativo utilizando os manuais de especificação dos equipamentos de medição, observou-se que os mesmos possuem características semelhantes no que diz respeito ao erro de medição, porém, a sua maior diferença está na velocidade com que as balanças conseguem efetuar as medições. O medidor do tipo Coriolis suporta os tipos de testes dinâmicos e estáticos, já que a frequência de um teste dinâmico é de até 20Hz. O medidor do tipo Balança gravimétrica não consegue acompanhar os resultados de um teste totalmente dinâmico, pois a frequência limite de sua medição é 10Hz. Em razão destas informações, foi gerado um experimento em que foi comparado o resultado para um teste estático nos dois medidores, possibilitando aos técnicos em laboratório uma confiança na

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

utilização de qualquer medidor para testes estáticos. A seguir são apresentadas as especificações técnicas dos equipamentos extraídos do fabricante (ver tabela 1):

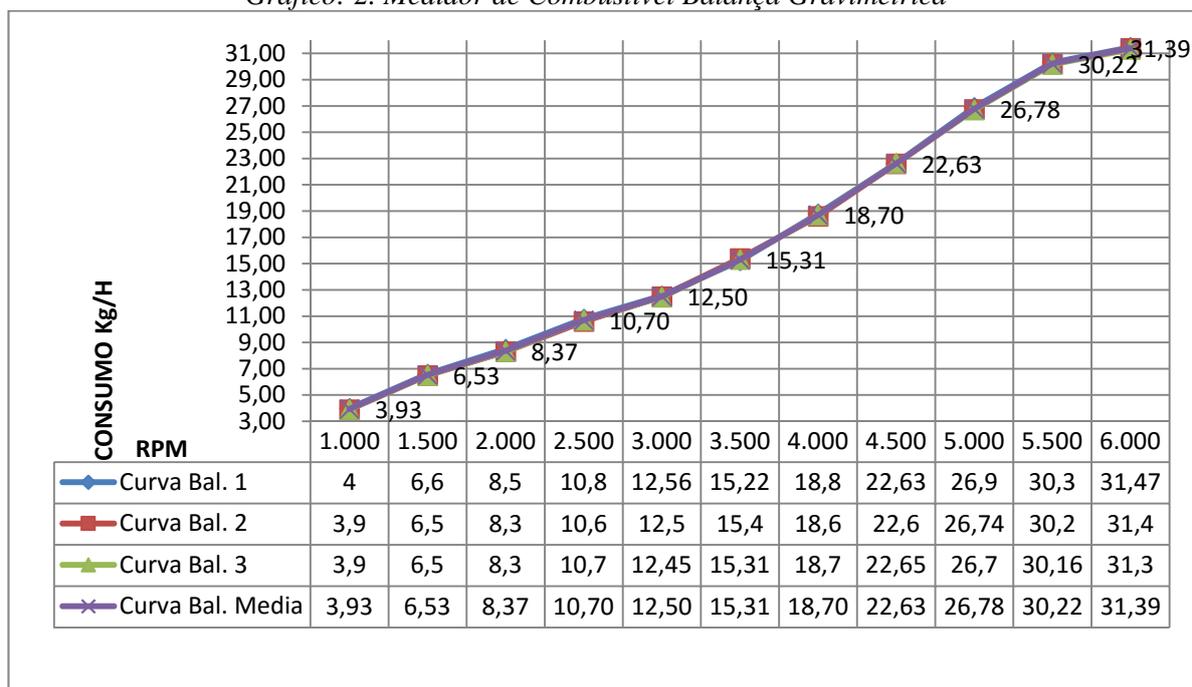
Tabela 3 - Comparativo entre Medidores de Combustível

Informações	Medidor Coriolis – 735S	Medidor Balança Gravimétrica - 733S
Faixa de medição recomendada	0 ... 125 kg/h; 0 ... 165 l/h (a 0,75 g/cm ³)	0 ... 150 kg/h
Incerteza de medição sistemática	Us = 0,12%	Us = 0,12%
Incerteza de medição Densidade	≤ 0,0005 g/cm ³	Não informado
Máxima frequência de medição	20 Hz (saída analógica)	10 Hz
Número de medições (média de execução)	1 ... 99	1 ... 99

Fonte: AVL

Após a avaliação dos manuais, foram realizados os ensaios na sala de dinamômetro. Foram geradas 3 curvas de consumo no medidor Balança Gravimétrica e calculada uma curva com a média dos 3 valores (ver gráfico 2). O resultado obtido neste teste foi o seguinte:

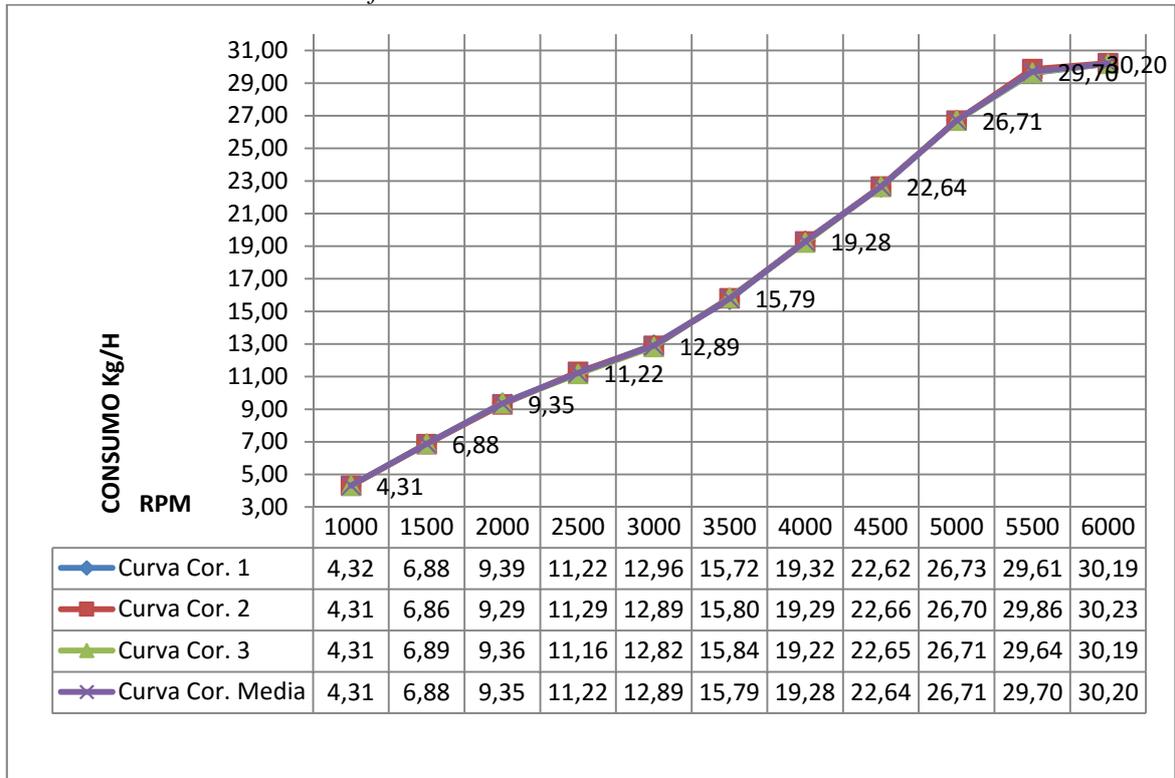
Gráfico: 2. Medidor de Combustível Balança Gravimétrica



Após este teste em na balança gravimétrica, o equipamento de medição foi substituído por um medidor Coriolis, utilizando o mesmo método anterior, obteve-se o seguinte resultado (ver gráfico 3):

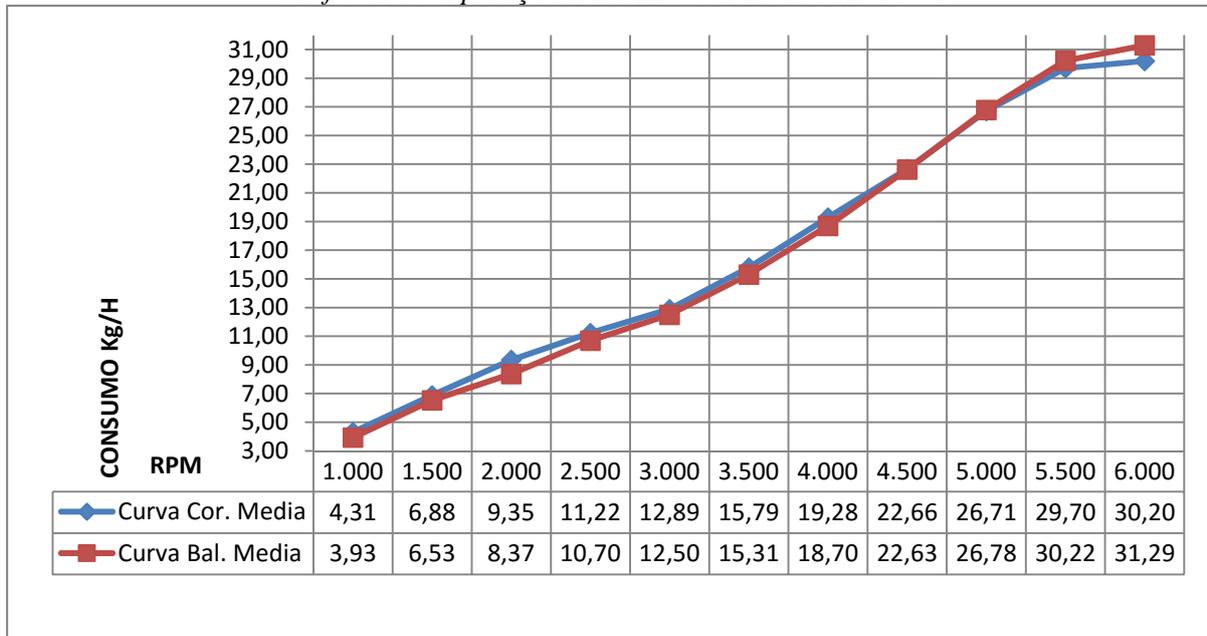
10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Gráfico: 3. Medidor de Combustível Coriolis



Sendo assim, comparamos os valores médios das duas balanças (ver gráfico 4):

Gráfico 4. Comparação entre Medidores de Combustível



Realizando avaliações estatísticas, o desvio padrão de uma amostra é utilizado para determinar a variação ou dispersão estatística entre valores, de modo que um baixo desvio

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

padrão determina que os valores em questão estejam próximos da média. Para a utilização nestas tabelas, calcula-se o desvio padrão das três curvas para cada um dos medidores. Isso gerou um valor de desvio padrão de cada curva. Após isso, foi calculado o desvio padrão entre as médias das curvas, onde os resultados são apresentados na Tabela 2.

Entende-se que os pontos no gráfico são estatisticamente iguais caso o desvio padrão das curvas dos medidores sejam menores que o desvio padrão das médias. Dessa forma, analisando detalhadamente os pontos em questão, é possível perceber que o desvio padrão da curva média nos pontos de 4500, 5000 e 5500 RPM possuem variações que não compreendem os desvios padrões das curvas dos medidores. Neste caso, foi levado em consideração que os cálculos mencionados foram gerados a partir da ferramenta de Estatística Descritiva do Excel, sendo que o grau de confiabilidade para as operações matemáticas são de 95%. A maior variação de divergência está no ponto 5000 RPM entre os valores de desvio padrão da curva média e medidor de Balança Gravimétrica. Esta diferença vale 0,353119%, podendo assumir que o valor é aceitável devido às prerrogativas do cálculo.

Tabela 4. Desvio Padrão entre Medidores

	Medidor de Combustível Coriolis		Medidor de Combustível Balança Gravimétrica		Média entre Balanças	
<i>1000 RPM</i>						
Média	4,3133		3,9333		4,1233	
Desvio padrão	0,0058		0,0577		0,2687	
INTERVALO	4,3076	4,3191	3,8756	3,9911	3,8546	4,3920
<i>1500 RPM</i>						
Média	6,8767		6,5333		6,7050	
Desvio padrão	0,0153		0,0577		0,2428	
INTERVALO	6,8614	6,8919	6,4756	6,5911	6,4622	6,9478
<i>2000 RPM</i>						
Média	9,3467		8,3667		8,8567	
Desvio padrão	0,0513		0,1155		0,6458	
INTERVALO	9,2954	9,3980	8,2512	8,4822	8,2109	9,5025
<i>2500 RPM</i>						
Média	11,2233		10,7000		10,9617	
Desvio padrão	0,0651		0,1000		0,3701	
INTERVALO	11,1583	11,2884	10,6000	10,8000	10,5916	11,3317
<i>3000 RPM</i>						
Média	12,8952		12,5521		12,7237	
Desvio padrão	0,0700		0,0551		0,2734	
INTERVALO	12,8252	12,9652	12,4970	12,6072	12,4502	12,9971
<i>3500 RPM</i>						
Média	15,7985		15,3120		15,5553	
Desvio padrão	0,0611		0,0090		0,3371	
INTERVALO	15,7374	15,8596	15,3030	15,3210	15,2182	15,8923
<i>4000 RPM</i>						

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Média	19,2854	18,7086	18,9970
Desvio padrão	0,0513	0,1000	0,4078
INTERVALO	19,2341 19,3367	18,6086 18,8086	18,5892 19,4048
<i>4500 RPM</i>			
Média	22,6642	22,6321	22,6482
Desvio padrão	0,0058	0,0252	0,0212
INTERVALO	22,6584 22,6700	22,6069 22,6573	22,6269 22,6694
<i>5000 RPM</i>			
Média	26,7133	26,7852	26,7493
Desvio padrão	0,0153	0,1058	0,0471
INTERVALO	26,6981 26,7286	26,6794 26,8910	26,7021 26,7964
<i>5500 RPM</i>			
Média	29,6985	30,2239	29,9612
Desvio padrão	0,1365	0,0721	0,3653
INTERVALO	29,5620 29,8350	30,1518 30,2960	29,5959 30,3265
<i>6000 RPM</i>			
Média	30,2028	31,3899	30,7964
Desvio padrão	0,0231	0,0854	0,8391
INTERVALO	30,1797 30,2259	31,3045 31,4753	29,9573 31,6355

Analisando o teste dinâmico, observa-se por meio da tabela 3, extraída de um banco de dados do laboratório, que a frequência de oscilações do teste está em 10 Hz. Este valor condiz com o limite de medição da balança gravimétrica, por onde se consegue perceber variações mostradas no gráfico de consumo por rotação. Porém, quando utiliza-se uma frequência superior a 10Hz, a balança não possui condições de exercer a medição dos valores testados.

Tabela 5. Teste Dinâmico em Dinamômetro

Tempo	Rotação	Torque	Consumo
S	RPM	Nm	Kg/h
0,1	891	-13,73	1,21
0,2	955	-9,91	1,21
0,3	1029	31,63	1,21
0,4	1109	53,74	1,21
0,5	1213	98,83	1,21
0,6	1300	106,66	1,21
0,7	1382	116,26	1,21
0,8	1454	126,98	1,21
0,9	1519	134,33	1,21
1	1578	126,40	1,21

6. CONCLUSÃO

A cada ano surgem novas tecnologias e aparatos que permitem a evolução de máquinas existentes e/ou criação de novos equipamentos. Este rápido incremento tecnológico tem feito com que as fábricas busquem laboratórios capacitados para realizarem testes em motores, os laboratórios dinamômetros. Em um laboratório de dinamômetros, a medição de combustível mostrou-se estatisticamente igual para os dois tipos de equipamentos de medição de combustível utilizados: Coriolis e Balança Gravimétrica. Enquanto um teste estático for realizado, é possível a escolha por parte do requisitante ou do técnico responsável, de qualquer um dos tipos de medidor, tendo em vista que estes não influenciam no produto final e extração de dados.

Caso o laboratório seja especializado em testes estáticos como: curva de desempenho e durabilidade de motores, não se faz necessário à aquisição de um medidor do tipo Coriolis. Fato este que foi comprovado por meio dos estudos apresentados a favor do sistema gravimétrico. Contudo, para a realização de um teste dinâmico, o medidor do tipo Coriolis torna-se fundamental, pois é o que possui capacidade de medição de frequência dos dados de saída do dinamômetro até 20 Hz, diferente da Balança Gravimétrica onde o limite de medição é 10 Hz.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos técnicos do laboratório de Dinamômetros da área automotiva, em especial ao Sr. Adriano Isao e ao co-orientador Mauricio Bonifati, pela disponibilidade de equipamentos, motores e pela presteza em responder questionamentos.

Agradecimentos também ao Sr. Msc. Leonardo Sanches pelas contribuições acerca de análise estatísticas, e ao orientador Sr. Msc. Júlio Câmara pelas valiosas contribuições sobre funcionamento e estudos paralelos referentes ao dinamômetro.

8. REFERÊNCIAS

¹Sítio da OICA - Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. Anuário estatístico. Disponível em: <<http://www.oica.net>>. Acessado em 10/07/2014.

²MARTINS, Jorge. Motores de Combustão Interna, Segunda Edição, Editora Publindustria, **2004**.

³MARTYR, A. J. e PLINT, M. A. Engine Testing, Terceira Edição, Editora BH, **2007**.

⁴CÂMARA, Júlio Cesar Chaves. Desenvolvimento Tecnológico dos Automóveis: Aplicação de Dispositivos Eletrônicos de Diagnóstico Automotivo na Área de Educação. SENAI CIMATEC, **2014**.

⁵AVL – Consumption Measurement. Acessado em 12/07/2015. www.avl.com/consumption-measurement1

⁶ANP – Agência Nacional de Petróleo. Boletim Anual de Preços, **2014**.

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE PARTIDA A FRIO
CONVENCIONAL E ELETRÔNICO PARA VEÍCULOS FLEX
Tatiana M. Motta¹, Lilian L. N. Guarieiro² e Júlio César C. Câmara³**

¹SENAI-CIMATEC/ Ford Motor Company, E-mail: tatianamotta1@gmail.com;

²SENAI-CIMATEC/ INCT de Energia e Ambiente, E-mail: lilian.guarieiro@fieb.org.br;

³SENAI-CIMATEC, E-mail: jcamara@fieb.org.br

RESUMO

Motor de combustão interna flex é uma tecnologia brasileira, que trouxe consigo grandes mudanças no mercado automobilístico. Esse trabalho tem como objetivo mostrar um estudo comparativo, através de uma revisão de literatura, entre o sistema de partida a frio utilizando a gasolina e o eletrônico em veículos flex. Além de apresentar os princípios de funcionamento do sistema de partida a frio, bem como os benefícios e inovação envolvendo esta tecnologia, necessária para o funcionamento dos motores a combustão interna flex. A implementação do sistema eletrônico de partida a frio trouxe maior conforto para o usuário, redução na emissão de poluentes e melhorias no processo de fabricação para as montadoras.

Palavras-Chaves: Veículos Flex; Sistema de Partida a Frio; Motor de Combustão Interna; Etanol

ABSTRACT

The flex internal combustion engine is a Brazilian technology that brought exclusive improvements and efficiency challenges. This material compares the conventional cold-start system, which is an auxiliary system with gasoline tank and new electronic cold-start system for flex vehicle, through a literature review. This article explains the main concepts regarding cold-start system, including benefits, innovation involving this necessary technology in order to attend internal combustion engine working. The implementation of the electronic cold start system brought more comfort to the driver, reduction of emissions and improvements in manufacturing process to the automakers.

Keywords: Flex Vehicles; Cold-Start System; Internal Combustion Engine; Ethanol

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria dos veículos produzidos no Brasil possuem o motor de combustão interna flex, que permite o uso da mistura etanol-gasolina. Em 2013, essa tecnologia comemorou 10 anos de sua criação marcando presença em mais que 93% do total de veículos novos [1]. Nesse período de uma década, houveram diversos estudos focados nos principais desafios à utilização do etanol como combustível veicular, que promoveram a popularização da tecnologia, como a redução das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos e o aperfeiçoamento do sistema de partida a frio [2,3].

Os motores de combustão interna flex possui uma grande vantagem na questão escolha do combustível. O motorista tem a opção de escolher o álcool ou gasolina dependendo do preço ou pelo desempenho do motor, porém para que o etanol seja utilizado, é necessário levar em consideração a sua dificuldade de entrar em combustão em determinadas condições. Para isso foi criado o sistema de partida a frio para viabilizar o funcionamento motor quando este está submetido a temperaturas abaixo de 16°C. Esse sistema por sua vez, sofreu algumas modificações ao longo dos anos e hoje existem diversas configurações.

Neste trabalho será feita uma comparação entre os 2 tipos de sistemas de partida a frio mais utilizados atualmente, o sistema de partida a frio com o tanque de gasolina e o sistema com gerenciamento eletrônico utilizando resistências elétricas.

2. SURGIMENTO DO ÁLCOOL COMO COMBUSTÍVEL NO BRASIL

Na década de 70, mais de 80% do petróleo consumido no país era importado, sendo que os países exportadores e participantes da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) atuavam na forma de cartel, controlando os preços.

O etanol, ou álcool etílico, representado pela fórmula molecular C_2H_6O , obtido pela cana-de-açúcar, mandioca, milho ou beterraba, pode ser utilizado em motores combustão interna de ciclo Otto sob 2 formas: 1) Mistura de álcool e gasolina; 2) Etanol puro, conhecido como hidratado.

O álcool já tinha sido usado experimentalmente na forma pura em automóveis, em 1896 no veículo Ford Modelo A e em 1908 no Ford Modelo T. A ideia de seguir em frente com o uso do álcool como combustível veicular, ocorreu em 1975, no mandato do presidente Ernesto Geisel através do Proálcool – Programa Nacional do Álcool. O principal fator que levou a implementação deste programa foi a redução da dependência da importação do petróleo. O Proálcool proporcionou incentivos em pesquisas, aumento das plantações de cana de açúcar e, conseqüentemente, o desenvolvimento de novas tecnologias para permitir o uso do etanol como combustível veicular. Mesmo com o incentivo do governo na época, vale a pena citar que o primeiro veículo movido a álcool não surgiu a partir do programa. Tem-se notícias de que em 1923, no circuito de corrida da Gávea, um carro movido a álcool participou do evento. Desta forma, podemos concluir que a situação econômica

desfavorável, presente nos Anos 70, e as medidas que foram tomadas em seguida impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias alternativas que substituíssem o petróleo [4,5].

2.1. Principais Características do Álcool

O número de pesquisas com o objetivo de encontrar um substituto definitivo aos combustíveis derivados do petróleo não param de crescer, isto porque é um recurso não renovável, ou seja possui reservas limitadas. Mesmo com toda a evolução tecnológica, o álcool permanece entre as melhores opções de combustível renovável e, além disso, possui diversas características vantajosas, sendo que as principais são [2]:

A alta taxa de octanagem permite uma maior taxa de compressão e consequentemente obtêm um melhor rendimento termodinâmico;

Maior aproveitamento de energia pelo motor devido a menor complexidade molecular, ou seja o produto resultante da combustão gera uma quantidade menor de carbono;

O etanol pode ser usado na forma pura ou em mistura com outros combustíveis, como a gasolina, o diesel e o metanol.

Apesar do álcool possuir algumas vantagens, o grande desafio é eliminar os problemas de partida quando o combustível está sob temperaturas menores que 16°C, sendo que em valores de temperatura menores que 13°C, é praticamente impossível o funcionamento. Logo, quando o combustível está em baixas temperaturas é necessário uma energia suficiente para vaporizar a substância antes de ser admitido pelo cilindro e assim realizar a ignição da mistura. Devem ser desenvolvidos dispositivos e sistemas que trabalhem considerando as características e propriedades termodinâmicas do etanol.

3. SURGIMENTO DOS MOTORES FLEX

No início da década de 90, houve uma queda no uso do etanol como combustível. Isso ocorreu devido ao fato de que neste mesmo período o governo não conseguiu subsidiar o preço do álcool e para torná-lo competitivo em relação as quedas do preço da gasolina, a permanência do programa Proálcool tornou-se inviável [4,5]. Porém, durante o período de 1997 a 2003, foram criadas duas importantes instituições: o Conselho Nacional de Energia e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; resultando, em 2003, no lançamento do primeiro veículo com motor flex [6-8]. Atualmente, de acordo com o Anuário da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), publicado em 2015, praticamente mais de 93% dos automóveis produzidos no Brasil são movidos a motor flex (Figura 1) [1].

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

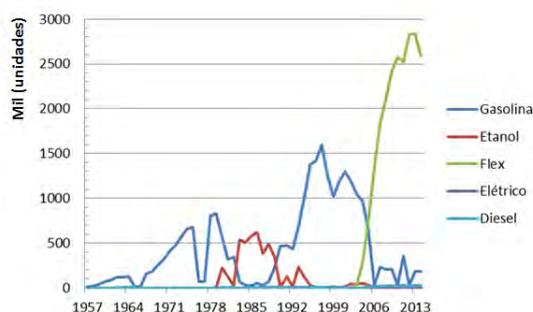


Figura 1 – Licenciamento de Automóveis Novos por Tipo de Combustível no Brasil [1].

De acordo com a Figura 1, pode-se observar que houve uma grande aceitação dos motores flex desde a sua criação em 2003.

4. SISTEMAS DE PARTIDA A FRIO

O sistema de partida a frio, ou também chamado CSS (*Cold Start System*), é uma tecnologia desenvolvida no Brasil com o objetivo de auxiliar na partida do veículo movido a motor flex ou álcool, e quando o combustível se encontra a temperaturas inferiores a 13°C e a mistura possui mais que 85% de álcool em sua composição. Atualmente, esse sistema pode ser encontrado em 2 configurações: Sistema de Partida a Frio com o tanque de gasolina e o sistema eletrônico [9].

4.1. Sistema Partida a Frio com uso da Gasolina

A implementação dos motores Flex trouxe uma grande vantagem ao consumidor que é deixar a critério do cliente a possibilidade de escolha do combustível seja pelo preço, disponibilidade ou performance. Quando o veículo está utilizando mais de 90% de etanol, esse sistema é acionado. A válvula solenoide controla a quantidade de gasolina injetada no motor. Essas pequenas injeções de gasolina ocorrem segundos antes da injeção de álcool, facilitando a partida a frio [10]. O sistema de partida a frio com tanque de gasolina é formado de 8 componentes (Figura 2):



Figura 2 – Diagrama do Sistema de Partida a Frio com Tanque de Gasolina (Adaptado) [10]

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

De acordo com a Figura 2, o sistema de partida a frio, possui um reservatório (1) feito de polietileno de alta densidade (HDPE), uma bomba elétrica (2) que envia o combustível para o coletor de admissão. A válvula solenóide (3) não permite a formação de vácuo e desta forma evita consumo de gasolina do reservatório, já a tampa do combustível (4), possui uma válvula de alívio para evitar o aumento de pressão dentro do reservatório. O sensor de nível (5) informa a quantidade de combustível do reservatório, sendo que alguns veículos não possuem essa informação no painel, é um atributo opcional do veículo. Em seguida temos, os tubos de nylon (6) permitindo a ligação entre a bomba, a válvula solenoide e o motor. Além disso, o sistema possui as mangueiras de borracha (7) para realizar as conexões entre o nylon e a bomba, nylon e a válvula, e finalmente o nylon com o motor. As conexões em T (8) também fazem parte do sistema e permite uma melhor distribuição da gasolina e o coletor de admissão. [10].

4.2. Sistema de Partida a Frio Eletrônico

O primeiro sistema de partida a frio sem utilização do tanque auxiliar de gasolina foi lançado em 2009 no veículo Polo implementado pela Bosch chamado sistema Flex Start. O sistema desenvolvido pela Bosch, possui os seguintes componentes: a galeria de combustíveis conhecido também como *fuel rail*, que tem a função de disponibilizar o combustível na injeção nos cilindros. A lança aquecedora realiza o aquecimento do combustível, por sua vez possui uma alta resistência a temperatura. A unidade de controle de aquecimento gerencia individualmente o fluxo de energia para as lanças aquecedoras, além disso existe diagnose do sistema de aquecimento e proteção contra sobreaquecimento na galeria. O último componente parte desse sistema é a unidade de controle motor que gerencia a operação do motor, controlando o sistema de injeção, ignição, admissão de ar e controle de partida assistida. O Quadro 1 sumariza os principais componentes [11].

Definição do Componente	Componente do Sistema Flex Start
Galeria de Combustível: Garante que o combustível seja disponibilizado e assegura a distribuição uniforme de temperatura.	
Lança Aquecedora: Realiza o aquecimento do combustível.	
Unidade de Controle de Aquecimento: Gerencia individualmente o fluxo de energia para as lanças aquecedoras.	
Unidade de Controle Motor: Gerenciamento da operação do motor controlando injeção, ignição e admissão de ar.	

Quadro 1 – Principais Componentes do Sistema Flex Start da Bosch [11].

Existe também uma outra configuração de partida a frio desenvolvido pela Mahle. Esta configuração aquece o etanol utiliza resistências elétricas com alta temperatura. As resistências são acionadas antes da partida (pré-aquecimento),

para que o combustível atinja a temperatura ideal. O novo sistema possui uma unidade eletrônica que controla a temperatura do combustível evitando a formação de vapores indesejáveis, que impedem o funcionamento do motor e que podem causar danos ao sistema de aquecimento e vazamentos. A diferença entre os sistemas criados pela Bosch e pela Mahle, é que no segundo não é necessário o uso da unidade de controle motor, trazendo conseqüentemente uma redução do custo (Figura 3). Neste caso, o controle da temperatura do combustível é realizado por um termistor de coeficiente de temperatura positiva (PTC), ou seja, é um espécie de aquecedor fabricado de material cerâmico policristalino e semicondutor.

Desta forma, quando uma corrente elétrica é aplicada ao termistor a tensão elétrica é convertida em tensão térmica. O termistor é feito de um material que permite aumento de resistência elétrica e diminui a potência elétrica e por conta disso não necessita de nenhum sinal de controle. Em baixas temperaturas, o PTC estará submetido a uma potência elétrica maior, um fluxo de combustível maior e conseqüentemente o mesmo terá uma troca térmica rápida mantendo o seu aquecimento. No caso de não haver passagem de combustível o PTC atinge a temperatura definida e interrompe o aquecimento [12].



Figura 3 – Ilustração do Sistema de Partida a Frio Eletrônico Auto-Controlável montado em Aplicação Veicular [12].

Vale a pena citar, que existe um sistema de partida de injeção direta, onde ocorre a compressão do combustível antes de injetar nos cilindros dispensando o tanque de gasolina. Há apenas alteração na configuração do software de injeção de combustível. Esse sistema foi lançado no veículo Focus 2.0L [13].

5. COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE PARTIDA A FRIO

Os principais veículos comercializados no Brasil que possuem o sistema de partida a frio eletrônico estão ilustrados no Quadro 2. Em março de 2009, apenas o veículo polo possuía a tecnologia eletrônica, atualmente temos 22 veículos sem o tanque de gasolina como pode ser visto na figura 8.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Up!	New Fiesta	Honda CR-V	Novo Nissan Sentra	208	C3 Picasso	Corolla	J3 S	Série 3
Gol Rallye 1.6L	Novo Ka	Honda Civic	Livina S	308	AirCross		J3 Turin S	
Saveiro Cross 1.6L	Focus	Honda Fit			C3			
Fox Blue Motion								
Polo Blue Motion								

Quadro 2 – Veículos Flex que possuem o sistema de partida a frio sem tanque de gasolina [14, 15].

Considerando os 10 veículos mais vendidos, de acordo com dados da Fenabrave e fazendo uma estimativa, 60% possui o tanque de gasolina [14-16]. A substituição do sistema que possui o tanque de gasolina auxiliar pela tecnologia eletrônica vem crescendo por diversos motivos, tais como:

- O motorista precisa abastecer o tanque auxiliar com gasolina;
- O sistema convencional é susceptível a vazamentos e respingos;
- A proximidade do tanque de gasolina auxiliar com o motor pode causar acidentes;
- O sistema eletrônico de partida a frio possui as seguintes características:

Não é necessário abastecer com gasolina, pois o tanque auxiliar foi eliminado;
 Precisa aguardar o tempo de partida para acionar o veículo;
 Há redução de emissões e custo [4];
 Segue abaixo um resumo comparando os sistemas de partida a frio com o tanque de gasolina e o sistema eletrônico (Tabela 1):

Tabela 1. Comparação entre o sistema de partida a frio com tanque e o sistema eletrônico [4, 10, 11, 12].

	Tanque de Gasolina	Eletrônico
Operação	Abastecer regularmente com gasolina	Não necessita abastecimento
Eficiência na partida a frio	Boa	Boa
Espaço	Exige maior espaço	Necessita de menor espaço
Injetor	Aproveita o injetor do motor	Aproveita o injetor do motor
Painel de Instrumento	Luz de advertência para indicar nível de combustível	Não precisa da luz de advertência no painel
Número de Componentes	Maior número	Menor número
Custo do Conjunto	\$\$	\$
Segurança	Necessita de um bom sistema de vedação para evitar vazamentos	Tubos e conexões foram eliminados
Calibração	Sim	Sim

Observando a tabela acima, os dois sistemas são eficientes e realizam a partida quando o etanol está submetido a baixas temperaturas. A redução de componentes do sistema eletrônico, trouxe mais espaço para o veículo, o que de certa forma é um

fator positivo, pois quando está desenvolvendo um produto existe um grande desafio da engenharia em conseguir atender as dimensões de projeto e distâncias de segurança entre os outros sistemas. Essa mudança também trouxe segurança para o motorista, pois a instalação e desenvolvimento de um sistema de partida a frio com tanque de gasolina, necessita de tubos e conexões devidamente vedadas para evitar vazamentos e acidentes. No caso do sistema eletrônico, o tanque é eliminado, assim como tubos e conexões, trazendo assim uma redução de custo no valor total do conjunto. Os 2 sistemas aproveitam o mesmo injetor instalado no motor, assim como ambos precisam realizar uma calibração na implementação do sistema de partida a frio, porém a calibração do sistema eletrônico demanda muito mais tempo.

6. SISTEMA DE PARTIDA A FRIO E EMISSÕES

Além das diferenças entre os componentes de cada sistema a frio, há estudos que comprovam que o sistema de partida frio eletrônica com o uso de resistências, para aquecimento do etanol e ar, reduz o nível de emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) em relação ao sistema convencional, com o tanque de gasolina (Figura 4).

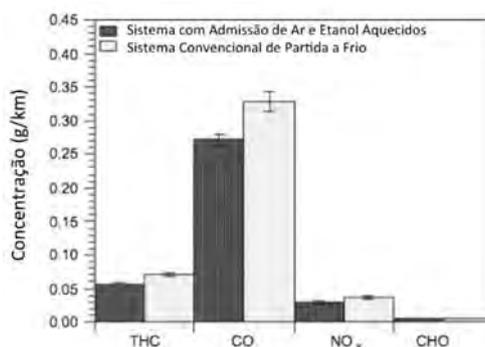


Figura 4 – Concentração de hidrocarbonetos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio no teste US FTP-75. [3]

Foi também observado que a concentração pós catalítica de aldeídos foi alterada em relação ao sistema convencional. Há outros estudos que verificaram a redução 21,5% e 28,0% nas emissões de HC e CO, utilizando resistências elétricas para aquecer a mistura de ar e etanol durante a partida a frio do veículo, enquanto que a concentração no exaustor pode chegar a 66%, 69% e 61% para HC, HC não metânicos e CO, respectivamente [3]. Estudos utilizando o sistema de partida a frio com o tanque de gasolina, constataram que também é possível obter redução na emissão de poluentes, apenas com o uso de um modulador controlando e monitorando temperatura da água, velocidade do motor, tempo de injeção, temperatura do ar. Houve uma redução na produção de HC, CO e aldeídos de 4,3%, 11,7% e 8,6%, respectivamente [17]. As resistências elétricas do sistema eletrônico oferece na prática um aumento da temperatura do combustível e ocasionando também formação de vapores que podem controlar, durante a partida a frio, a relação ar-combustível reduzindo a geração de HC, CO [18].

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram levantados os principais pontos que conduziram ao desenvolvimento do sistema de partida a frio que existe atualmente, desde o momento em que o álcool entrou no mercado brasileiro como substituto de petróleo aos dias de hoje. Foi visto que, tanto o mercado quanto as medidas políticas adotadas, foram pontos cruciais para contribuir com o conhecimento que o país possui atualmente. O surgimento do motor flex trouxe ao cliente a oportunidade de escolha sobre qual tipo de combustível utilizar, seja por motivos de preço, disponibilidade ou eficiência.

O sistema de partida a frio veio para solucionar as dificuldades de acionar o motor, quando este está submetido a temperaturas muito baixas. Com a eliminação e substituição de alguns componentes, o conjunto tornou-se mais barato, reduziu a complexidade no desenvolvimento do projeto e além disso trouxe benefícios como a redução da emissão de poluentes na partida do motor e segurança.

8. REFERÊNCIAS

¹ ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <www.anfavea.com.br>. Acesso em: 5 Julho 2015.

²Feitosa, M.V.; Ávila, M.T.; Santos, A.M.; Hildebrand Jr, L.; Silva, P.C.D.;Partida a Frio de Motores Movido a Etanol e Misturas de Etanol-Gasolina – Influência da Vaporização de Combustível no Coletor de Admissão. VIII Congresso Brasileiro de Ciências Térmicas – ENCIT 2000, Porto Alegre, RS, Brasil, **2000**.

³Sales, L. C. M.; Sodré, J. R. Cold start emissions of an ethanol-fuelled engine with heated intake air and fuel. Fuel. Volume 95 p. 122-125. Elsevier. **2011**.

⁴Paula Jr., G. A. TRM Adaptado: um método integrado de projeto para análise de tecnologias incrementais. Disserta o de Mestrado, Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC, Salvador, **2010**.

⁵Kohlhepp, G. Análise da situa o da produ o de etanol e biodiesel no Brasil. Estudos Avançados. Volume 24. Número 68 São Paulo. **2010**.

⁶BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econ mico e Social. Sugarcane – Based Bioethanol: Energy for Sustainable Development. BNDES/CGEE, Rio de Janeiro. **2008**.

⁷Freitas, L. C.; Kaneko, S. Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil. Energy Economics. Volume 33 p. 1146-1154. Elsevier. **2011**.

⁸Pacini, H.; Silveira, S. Consumer choice between ethanol and gasoline: Lessons from Brazil and Sweden. Energy Policy. Volume 39. p 6936-6942. Elsevier. **2011**.

⁹Sales, L.C.M.; Sodr , J.R.; Huebner, R.; Maia, C. B. Distribution of the fuel flow in a cold start system using an eletronic fuel injector. SAE International. **2007**.

¹⁰Rodrigues, A.N.; Monte Alto, A. Cold Start System Development for Flex Fuel Vehicle. SAE International. **2007**

¹¹Bosch Mobility Solutions Brasil. Disponível em: <www.bosch-mobility-solutions.com.br> . Acesso em: 11 Julho 2015.

¹²Amaral, T. M. M; Moreira, F., Yoshino, F. J .; Cavaliheri, H.M.; Cruz, R.J.S.D.; Schadler, W. Self-Controlled Electronic Cold Start System for Flexible Vehicle. SAE International. **2014**.

¹³Car and Drive Brasil. Disponível em: <www.caranddriverbrasil.uol.com.br>. Acesso em: 10 Agosto 2015.

¹⁴Auto Data. Disponível em: <www.autodata.com.br>. Acesso em: 10 Agosto 2015.

¹⁵Revista Quadro Rodas. Disponível em: <www.quatrorodas.abril.com.br> . Acesso em: 11 Julho 2015.

¹⁶Fenabreve – Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. Disponível em: <www.fenabreve.org.br>. Acesso em: 9 Agosto 2015.

¹⁷Sales, L. C.; Carvalho, M. G.; Oliveira, F.; Sodré, J. R. Improving Cold Start Emissions from an Ethanol-Fuelled Engine through an Eletronic Gasoline Injector. SAE International. **2010**.

¹⁸Krenus, R.; Passos, M. R. V.; Ortega, T.; Mowery, K.; Kim Jin, Y.; Lavan, L. G.; Lee, K.; Park, C. J.; Han, k. Ethanol Flex Fuel system with Delphi Heated injector application. SAE International. **2014**.

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCs COM FARINHA DE MADEIRA

Luiza Caterine de Souza Bispo¹, Joyce Batista Azevedo¹, Josiane Dantas Viana Barbosa e Pollyana da Silva Melo¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

E-mails: luiza.bispo@ymail.com, joyce.azevedo@fieb.org.br, josiane.dantas@fieb.org.br, pollyanam@fieb.org.br

ABSTRACT

The growth of plastic costs associated with environmental aspects related to the use of renewable materials has resurrected in recent years, interest in the use of lignocellulosic components as charges for filling and reinforcement in plastic, mainly using thermoplastic matrices. Among the materials that can contribute to this development are the polymer composites with natural fibers (WPCs - wood polymer composites), these materials are included in a large area of research and development being one of the most viable alternatives in replacing products from non-renewable sources. Among the technical challenges to the use of these products are the degradative effects suffered by the system. Thus, this study evaluated the effect profiles extruded from composite with high density polyethylene (HDPE) and 70% wood flour. The profiles were exposed under a source of UV-A radiation for 15, 30 and 45 days. The results indicate that in the period analyzed, the degradation of the profiles is concentrated on the surface exposed to UV-A radiation, is sufficient to change the color, surface appearance.

Keywords: Degradation; WPC's; Wood flour

RESUMO

O crescimento dos custos dos plásticos associado aos aspectos ambientais relacionados ao uso de materiais renováveis fez ressurgir, nos últimos anos, o interesse no uso de componentes lignocelulósicos como cargas para enchimento e reforço em plásticos, principalmente utilizando matrizes termoplásticas. Entre os materiais que podem contribuir neste desenvolvimento estão os compósitos poliméricos com fibras naturais (WPCs – wood polymer composites), estes materiais estão incluídos em uma grande área de pesquisa e desenvolvimento sendo uma das alternativas mais viáveis na substituição de produtos oriundos de fontes não renováveis. Entre os desafios técnicos para a utilização destes produtos estão os efeitos degradativos sofridos pelo sistema. Sendo assim, este trabalho avaliou o comportamento de perfis obtidos por extrusão a partir de compósito com polietileno de alta densidade (PEAD) e 70% de farinha de madeira. Os perfis foram expostos sob fonte de radiação UV-A durante 15, 30 e 45 dias. Os resultados indicam que, no período analisado, a degradação dos perfis se concentra na superfície exposta à radiação UV-A, sendo suficiente para alterar a cor, aparência da superfície.

Palavras-chaves: Degradação; WPC's; Farinha de Madeira

1. INTRODUÇÃO

A utilização de compósitos de fibras naturais com plásticos é uma alternativa de grande potencial devido à crescente redução das reservas do petróleo e alto custo de petroquímicos. O seu uso traz vantagens ecológicas, sociais e econômicas. As fibras naturais são de particular interesse, pois são abundantes, renováveis, têm baixa densidade e uma favorável relação resistência-peso.

Compósitos são materiais com duas ou mais fases em escala macroscópica, obtidos a partir da mistura de dois ou mais materiais distintos, cujas propriedades mecânicas devem ser superiores às dos materiais constituintes [1]. As fases que constituem um compósito são definidas como matriz e fase dispersa. No caso de utilizar-se um polímero como matriz este é denominado como compósito polimérico, sendo a matriz responsável pela transferência da carga aplicada para o reforço (fase dispersa), pela distribuição da tensão entre os elementos de reforço, pela proteção do reforço contra ataques ambientais e pelo posicionamento do material de reforço. A fase dispersa, devido à sua maior rigidez e resistência quando comparada com a maioria das matrizes poliméricas, é responsável pelas propriedades mecânicas do compósito, pois cabe à ela suportar a carga aplicada [1,2].

Dentro da classe dos compósitos de matrizes termoplásticas vêm crescendo de forma significativa, os chamados “compósitos de madeira plástica” (wood-plastic composites – WPC's), cujo termo se refere às composições constituídas de madeira (de qualquer forma) e materiais poliméricos (termorrígidos ou termoplásticos) [3].

A madeira após ser processada, gera diversas perdas, podendo estas serem encontradas nas mais variadas formas e tamanhos. Vários destes elementos têm sido usados na produção de compósitos, porém, os elementos mais usados na produção dos WPC's incluem a farinha de madeira e as fibras curtas (<5mm). As partículas de madeira são classificadas como cargas lignocelulósicas, hidrofílicas por natureza, visto que estes materiais são compósitos de biopolímeros feitos primariamente por celulose, hemicelulose e lignina (contendo, em minoria, outros elementos como pectina, graxas e substâncias solúveis na água) que são responsáveis pela maioria das propriedades químicas e físicas exibidas pelos lignocelulósicos [4].

Muito dos estudos aos WPC's são no intuito de processar o compósito e agregar propriedades específicas de alguns tipos de cargas a matriz polimérica. E poucos são os artigos encontrados na literatura especializados em que se trata dos estudos científicos na área de fotodegradação desse tipo de compósitos [5,6]. Neste sentido, este trabalho analisou o efeito da radiação UV-A nas propriedades mecânicas de perfis obtidos a partir de PEAD e farinha de madeira, auxiliando no estudo da melhor formulação e ajuste de processo de fabricação a serem

utilizados, visando controlar a deterioração e garantir adequada vida útil ao produto nas condições de utilização [6].

2. METODOLOGIA

Materiais

Neste trabalho foram utilizadas amostras de perfis produzidos a partir de compósitos (WPC) com matriz de polietileno de alta densidade de grade comercial PE IA 50, fabricado pela Braskem, e 70% em massa de farinha de madeira (FM). A farinha de madeira, foi obtida da madeireira CM VENTUROLI, Lauro de Freitas-BA, de origem do corte de eucaliptos utilizados para construção.

Extrusão dos compósitos

O compósito utilizado na fabricação do perfil foi preparado no Laboratório de Transformação de Plásticos do SENAI CIMATEC em uma extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D = 40. O perfil de temperatura utilizado do cabeçote ao funil foi de Z1 = 155°C; Z2 = 155°C; Z3= 160°C; Z4 – Z7= 170°C; Z8 – Z10 = 175°C; e Z11=32°C e velocidade de rosca de 120 rpm.

Obtenção dos perfis

Para produção dos perfis utilizando este compósito utilizou-se uma extrusora monorosca de perfil da marca LGMT, com razão L/D 25 e diâmetro de rosca de 60 mm. O perfil preparado por processo de extrusão foi serrado e demarcado numericamente para exposição com dimensões aproximadas de: comprimento = 153 mm, espessura = 12 mm e largura = 44 mm. Utilizou-se uma velocidade de alimentação de 9 rpm e um perfil de temperatura com Z1 = 120°C; Z2 = 125°C; Z3= 130°C; Z4=140°C; Z5= 160°C. A temperatura nos cabeçotes foi de 170°C. A temperatura da água para refrigeração do perfil foi de 10°C.

Exposição dos perfis

O ensaio de intemperismo acelerado foi realizado em uma câmara modelo BASS – UUV/2009, as amostras expostas à fonte de radiação UV-A, utilizando lâmpadas com emissão de ultravioleta em torno de 340nm. O equipamento possui controle de temperatura, temporizadores e atmosfera úmida. O ciclo utilizado foi 24h de lâmpadas ligadas ininterruptamente, a uma temperatura de 60°C, promovendo na metade do tempo total de cada

período de exposição uma mudança na posição das amostras, visando uma completa degradação fotoquímica e térmica. As amostras foram expostas por 15, 30 e 45 dias.

Propriedades físico-mecânicas

As propriedades mecânicas sob flexão foram determinadas em uma máquina universal de ensaios Emic Modelo DL 2000, aquisição e tratamento dos dados através de Software Tesc. Através deste ensaio mecânico foram obtidos os valores de tensão na ruptura. Estas propriedades foram medidas em amostras antes e depois da exposição à radiação UV.

Foi determinada a densidade aparente das amostras através do princípio de Arquimedes em máquina GEHAKA, modelo DSL 910. A capacidade de absorção de água também foi determinada antes e após a degradação dos perfis. O ensaio foi realizado durante o período total de 72 horas onde as amostras foram imersas em água e pesadas diariamente.

Caracterização morfológica

A caracterização morfológica foi realizada nas amostras degradadas utilizando um microscópio eletrônico de varredura (Jeol JSM-6510LV) com o objetivo de avaliar a formação ou não de uma camada superficial degradada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra fotos de amostras antes e após exposição de radiação UV. Pode-se verificar que ocorreu o fenômeno de embranquecimento e perda de brilho que foi acentuado a partir do 30º dia. Fenômenos como descoloração, fissuramento, perda de brilho e redução de propriedades mecânicas, são consequências da degradação ambiental, causando redução na vida útil dos produtos. Entretanto, as taxas de degradação fotooxidativa dependem fortemente da natureza química do polímero, das condições de processamento, bem como da presença de determinados aditivos.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1- Amostras de compósitos submetidas a exposição à radiação UV. a) antes da exposição; b) 15 dias; c) 30 dias; d) 45 dias.

As propriedades mecânicas dos corpos de prova degradados foram avaliadas. A Figura 2 apresenta a Tensão máxima dos perfis sobre flexão antes e após exposição a radiação UV.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

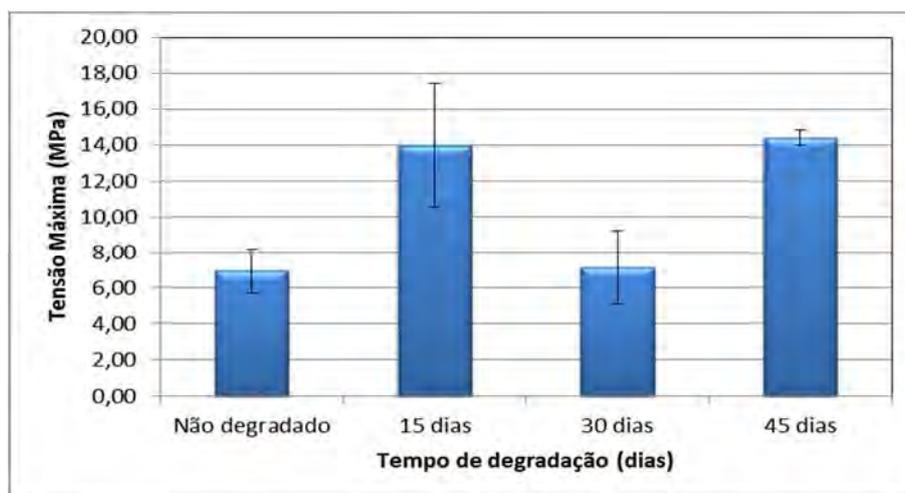


Figura 2- Tensão Máxima dos perfis degradados.

Não foi possível verificar uma relação entre a Tensão máxima dos perfis e o tempo de degradação. Não houve perda de propriedade em nenhum dos perfis degradados, ou seja, a presença de radiação durante o prazo analisado não comprometeu o uso dos perfis.

O perfil que ficou 30 dias em exposição apresentou praticamente o mesmo valor do perfil não degradado. Para as amostras com exposição de 15 e 45 dias houve um acréscimo de mais de 100% no valor da tensão analisada. Este não era o comportamento esperado, esperava-se que as propriedades fossem pelo menos mantidas. No entanto, devido a falta de padronização nos corpos de provas do perfil não é possível realizar uma análise comparativa eficiente.

A Figura 3 apresenta o Módulo elástico dos perfis antes e após exposição na câmara de intemperismo. Verifica-se que não houve alterações significativas nesta propriedade, a radiação UV não compromete a rigidez dos perfis, o que indica que a fotodegradação sofrida pelos perfis ficou restrita às camadas superficiais do produto durante o período analisado.

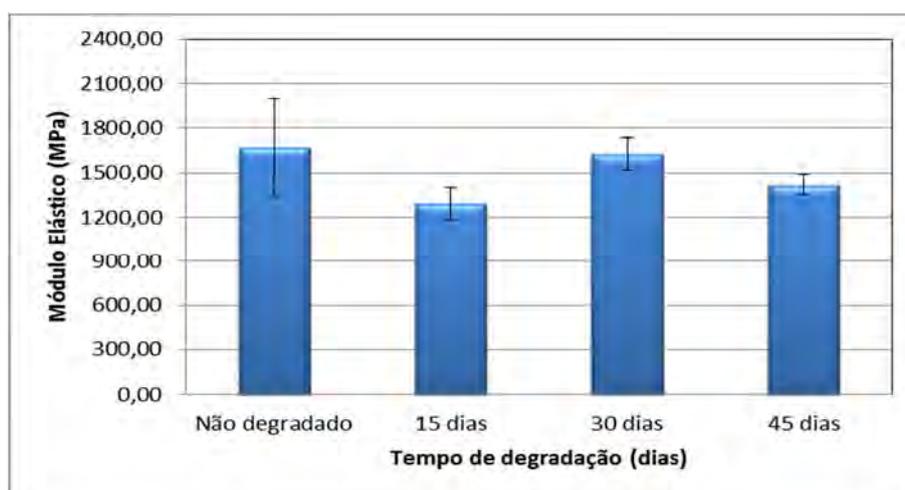


Figura 3- Módulo elástico dos perfis degradados.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A densidade dos perfis não foi alterada com o tempo de exposição, assim como a absorção de água (Figuras 4 e 5).



Figura 4- Densidade dos perfis degradados.

A Figura 5 mostra a absorção de água dos perfis antes e após exposição. Verificou-se que os perfis degradados absorveram uma quantidade de água muito menor que o perfil não degradado. Este comportamento pode estar associado a alteração da morfologia dos perfis com a degradação e da presença de grupos hidroxilas livres na superfície e no interior das cargas lignocelulósicas em decorrência da degradação sofrida pelos perfis [4].

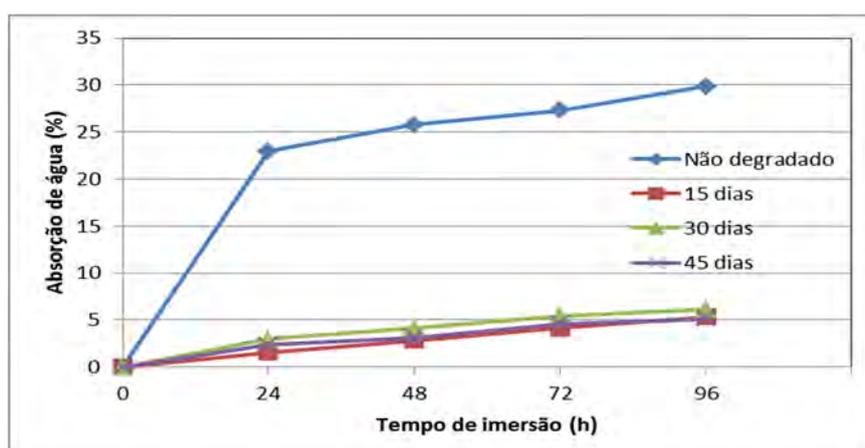


Figura 5 – Absorção de água dos perfis degradados

A Figura 6 apresenta a microscopia da superfície dos perfis degradados. As imagens mostram que não houve alterações significativas na superfície dos corpos de perfis com o aumento do tempo de exposição. De maneira geral observa-se que a superfície dos perfis apresentam trincas e fissuras devido ao efeito degradativo sofrido pela exposição a radiação UV.

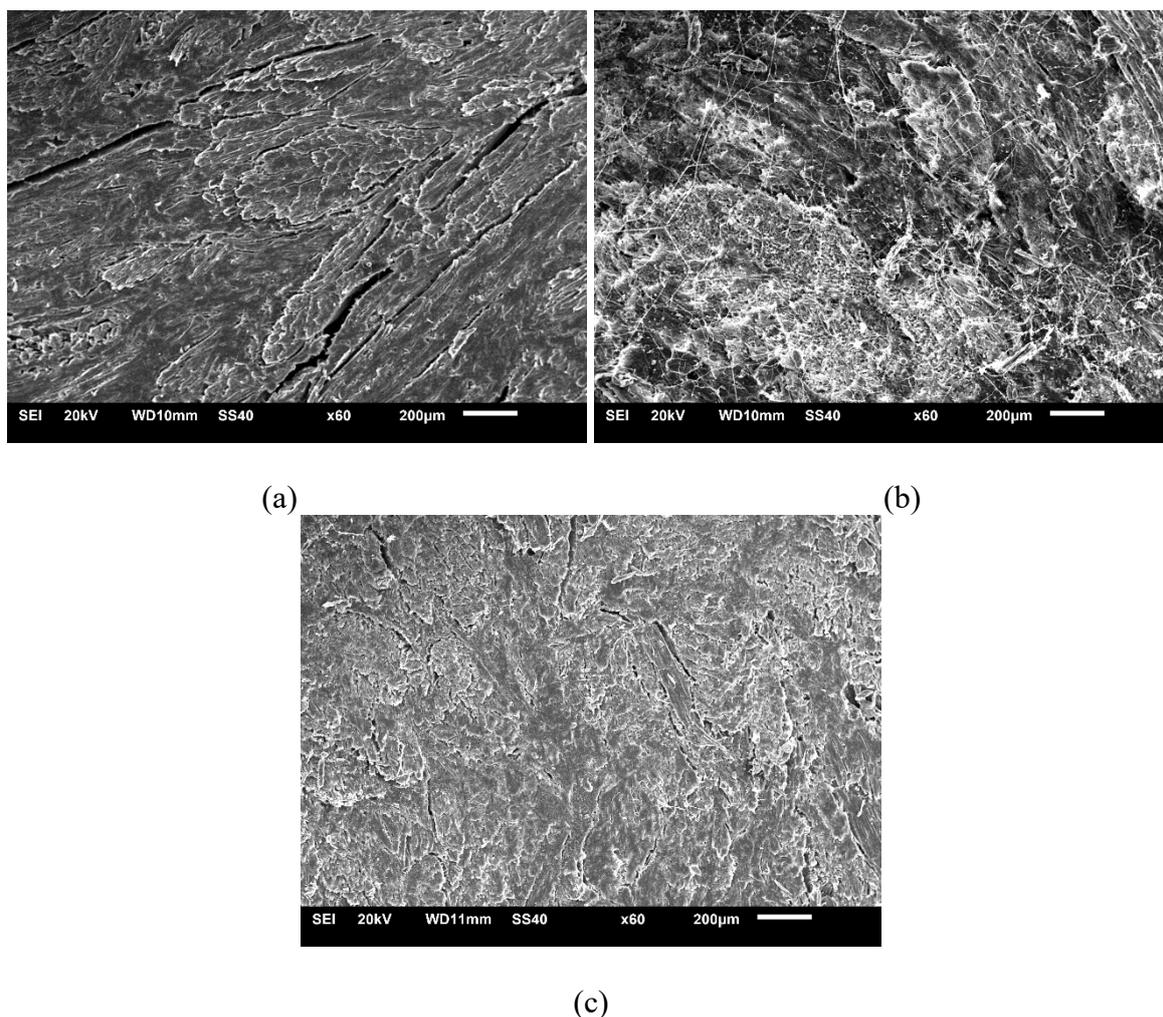


Figura 6 - Microscopia da Superfície dos Perfis Degradados. (a) 15 d; (b) 30 d; (c) 45 d.

4. CONCLUSÃO

O tempo de exposição aos quais os corpos de prova foram submetidos não alterou significativamente as propriedades mecânicas dos perfis.

A degradação dos perfis pode ter contribuído para aumentar a presença de grupos hidroxilas livres na superfície e no interior das cargas lignocelulósicas, contribuindo para redução da absorção de água.

A degradação dos perfis se concentra na superfície exposta à radiação UV-A, a Luz UV penetra a uma curta distância no interior do material, de forma que se tem uma deterioração superficial, apresentando fenômenos de descoloração, perda de brilho.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao SENAI DR-BA, por conceder a bolsa de iniciação científica e viabilizar a utilização da estrutura e equipamentos dos Laboratórios de Polímeros e Ensaio Mecânicos.

REFERÊNCIAS

¹Daniel, I. M., Ishai, O. *Engineering Mechanics of Composite Materials*. Oxford University Press, New York, 1994.

²Fakirov, S., Bhattacharyya, D. *Handbook of Engineering Biopolymers: homopolymers, blends, and composites*. Ed. Hanser – Munich, 2007.

³Caulfield, D. F. Clemons, C. Jacobson, R. E. and Rowell, R. M. Em *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*; Rowell, R. M.; Edt. Taylor & Francis, New York, 2005, cap.13.

⁴Santos, Z.I.G. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

⁵Klyosov, A. *Wood-Plastic Composites*, Ed.; John Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2007.

⁶Mondardo, F. H. *Tese de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA

Joyce B. Azevedo¹, Josiane D. V. Barbosa¹, Natalia A. dos Santos¹ (IC), Marcus V. O. Santos¹, Pâmela, B. Cipriano²

1 – Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec – Salvador – BA

2- Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande - PB

E-mails: joyce.azevedo@fieb.org.br, josiane.viana@fieb.org.br, natalia-alves95@hotmail.com, marcusantos.91@gmail.com, pamufcg@gmail.com

ABSTRACT

The development of composites manufactured with matrices of biodegradable polymers and natural fiber reinforcements is recent object of study and has received good acceptance. One of biodegradable polymers features and which is commercially available is PHB (polyhydroxybutyrate). PHB is thermoplastic polyester obtained by microorganisms from renewable materials such as sugars, or other carbon source. This polymer has been used as a matrix for research into obtaining composite using natural fibers. Among the natural fibers used in the production of these waste wood products, commonly named as wood flour, it presents enormous technological potential. During the processing of composites with natural fibers, it is important to understand the relationship between processing parameters and the properties desired in the final product. Thus, this study evaluated the effect of screw speed during the extrusion PHB composites 10 and 20% of wood flour. To evaluate the mechanical properties of tensile and impact systems were processed in twin screw extruder Corrotacional using screw speeds of 70 and 120 rpm. The results indicated that mechanical properties are altered by the addition of fiber and systems showed poor adhesion between the phases. The properties of the composites were not influenced in any significant way with variation of screw speeds.

Keywords: Processing; Biocomposites; PHB; Wood Flour

RESUMO

O desenvolvimento de compósitos fabricados com matrizes de polímeros biodegradáveis e reforços de fibras naturais é objeto de estudo recente e tem recebido boa aceitação. Um dos polímeros com características biodegradáveis e que está comercialmente disponível é o PHB (polihidroxibutirato). O PHB é um poliéster termoplástico obtido através de microrganismos a partir de materiais renováveis como açúcares ou outra fonte de carbono. Este polímero tem sido utilizado como matriz em pesquisas na obtenção de compósitos utilizando fibras naturais. Entre as fibras naturais utilizadas na produção destes produtos o resíduo de madeira, denominado usualmente como farinha de madeira, apresenta enorme potencial tecnológico. Durante o processamento de compósitos com fibras naturais, é importante que se compreenda a relação entre os parâmetros de processamento e as propriedades desejadas no produto final. Sendo assim, este trabalho avaliou a influência da velocidade de rosca durante a extrusão de compósitos de PHB com 10 e 20% de farinha de madeira. Para avaliação das propriedades mecânicas de tração e impacto os sistemas foram processados em extrusora dupla rosca corrotacional utilizando velocidades de rosca de 70 e 120 rpm. Os resultados indicaram que as propriedades mecânicas são alteradas pela adição da fibra e os sistemas apresentaram fraca adesão entre as fases. As propriedades dos compósitos não foram influenciadas de maneira significativas com a variação das velocidades de rosca.

Palavras-chaves: Processamento; Biocompósitos; PHB; Farinha de Madeira

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, muitos esforços visando preservar o ecossistema têm levado à recente busca de encontrar novos materiais poliméricos que possam substituir parcialmente os materiais sintéticos, como os plásticos sintéticos ou convencionais que são diariamente descartados, pós-consumo, como lixo plástico, prejudicando cada vez mais o ambiente, principalmente as embalagens plásticas, cujo descarte é muito rápido quando comparado a outros produtos. Com o crescente uso desses materiais, tem-se um agravamento dos problemas ambientais, prejudicando, inclusive, o tempo de vida útil dos locais de destino do lixo, como os aterros sanitários, visto que esses plásticos demoram, em média, cem anos ou mais (dependendo das circunstâncias a que eles são submetidos) para se decomporem totalmente [1], causando, assim, um acúmulo de lixo que resultará em problemas ambientais à sociedade.

Para contornar esses problemas, vários estudos vêm sendo realizados para o desenvolvimento de tecnologias para a produção de plásticos biodegradáveis que devem ser compatíveis com os microrganismos existentes no ambiente para que o material seja hidrolisado e biodegradado, além de apresentar boas condições de processabilidade e possibilidade de

serem utilizados em equipamentos comumente usados na indústria de transformação de plásticos [2].

O polihidroxibutirato (PHB) é um polímero natural do tipo poliéster obtido por meio de bactéria que, superalimentada com açúcar ou com outra fonte de carboidratos, armazena energia na forma de poliéster. O PHB pode ser processado como um termoplástico convencional por diversas técnicas para ser utilizado nas mais diversas aplicações, como embalagens, recipientes e materiais descartáveis, com propriedades mecânicas similares às dos plásticos convencionais e com a adicional propriedade de serem completamente biodegradáveis [3]. Além disso, por ser biocompatível e facilmente absorvido pelo organismo humano, pode ser empregado na área médico-farmacêutica, prestando-se à fabricação de fios de sutura, próteses ósseas e cápsulas que liberam gradualmente medicamentos na corrente sanguínea [4].

O PHB tem sido utilizado para produção de compósitos com diferentes cargas como fibra de vidro, casca de arroz, cinzas de casca de arroz e talco, fibras de curauá, além de argila sódica e organofílica.

Neste trabalho prepararam-se compósitos de PHB reforçado com fibra lignocelulósica, a farinha de madeira, um resíduo agroindustrial biodegradável, abundante, não tóxico e proveniente de fontes renováveis, como as madeiras de reflorestamentos, com o intuito de aproveitar o resíduo agroindustrial e reduzir o custo do produto final. As fibras naturais usadas em biocompósitos são selecionadas de acordo com a sua compatibilidade com o biopolímero para conferir melhores propriedades mecânicas quando comparado com o polímero puro, boa resistência biológica durante o ciclo de vida do compósito. Além disso, a biodegradação precisa ser competitiva para viabilizar a produção dos compósitos termoplásticos. A utilização de fibras naturais tem sido pesquisada visando também a redução do custo do PHB [5].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos parâmetros de processamento nas propriedades de biocompósitos obtidos a partir de matriz polimérica biodegradável (PHB) contendo 10 e 20% de farinha de madeira, processados em extrusora dupla rosca corrotacional.

2. METODOLOGIA

Materiais

A matriz polimérica usada para processamento dos compósitos foi um PHB (Biocycle) em pó, fornecido pela PHB Industrial S/A (Serrana, SP). A carga fibrosa foi a farinha de madeira (FM), obtida da madeireira CM VENTUROLI, Lauro de Freitas-BA, de origem do corte de eucaliptos utilizados para construção.

Classificação granulométrica

Para obtenção da distribuição do tamanho das partículas de madeira, antes do processamento, foi feita inicialmente uma classificação por peneiramento segundo a norma ASTM 6913-04. Este processo teve o auxílio de um agitador eletromecânico para 6 peneiras de 8"x 2", com dispositivo para controle da frequência de vibrações e relógio automático. Inicialmente, uma amostra de 100 g foi secada em estufa por 4 horas à temperatura de 100°C, e peneirada durante 30 min. Utilizou-se um conjunto de peneiras, cujas malhas estão indicadas na Tabela 1. Após a classificação, mediu-se a quantidade de material retido em cada peneira e obtiveram-se sete grupos de tamanho de partículas diferentes.

Extrusão dos Compósitos

O PHB e a fibra foram secos em estufa a 60°C durante 4 horas. Os compósitos de PHB contendo 10 e 20% de farinha de madeira foram processados em uma extrusora dupla rosca corrotacional da marca Imacon, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D de 40 que oferece vantagens importantes quando comparada com a uma mono rosca, pois permite a fusão rápida e a mistura do material de forma mais eficiente e uniforme, permitindo uma boa mistura dispersiva e distributiva [6]. O perfil de temperatura utilizado do cabeçote ao funil foi de 170, 170, 165, 165, 160, 160, 155, e 155 °C e velocidade de rosca de 70 e 120 rpm.

Injeção dos Corpos de Prova

Os corpos de prova para o ensaio de tração e impacto foram injetados em uma injetora da marca ROMI, modelo Primax, com capacidade de 100 toneladas de força de fechamento.

Análises Mecânicas

Os compósitos foram caracterizados mecanicamente através de ensaio de tração seguindo norma ISO 527 e resistência a impacto utilizando norma ISO 180. Os ensaios de tração foram conduzidos em máquina universal de ensaios Emic Modelo DL 2000. Os ensaios de impacto foram realizados em uma máquina Instron, modelo CEAST 9050, com martelo de 2,7 J e configuração IZOD.

Caracterização Morfológica

As micrografias foram realizadas na superfície de fratura dos corpos de prova após o ensaio de impacto e recobertas com ouro. Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura da marca Jeol, modelo JSM-6510LV com magnificação de 100x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação Granulométrica

Os resultados obtidos com a classificação granulométrica realizada na farinha de madeira antes do processamento indicam que aproximadamente 68% das partículas de madeira

apresentam um tamanho médio acima de 841 μm , porém toda amostragem foi usada como fase dispersa e não apenas esta fração granulométrica específica.

Tabela 1 - Descrição de malhas das peneiras, utilizadas na caracterização das partículas de madeira e o resultado da distribuição de tamanho de partículas de madeira.

Malha ASTM	Abertura da peneira (μm)	Tamanho médio das partículas (μm)	% Retida FG
20	841	Acima de 841	68%
30	595	718,00	15%
40	420	507,50	8%
50	297	358,50	4%
70	210	253,50	3%
100	149	179,50	2%
Fundo		Menor que 149	1%

Avaliação da concentração de Farinha de Madeira

Inicialmente foi realizado um estudo sobre a influência da concentração de farinha de madeira nas propriedades mecânicas dos compósitos com PHB. Estes compósitos foram processados com uma velocidade de rosca de 120 rpm. Na Fig.1 temos os resultados de resistência a tração e módulo elástico. Os resultados de resistência à tração indicam que a adição de farinha de madeira reduz a capacidade mecânica do material. A adição de 10% de farinha de madeira reduziu em 75% esta propriedade, o que está relacionado com a falta de adesão entre as fases. Verifica-se um acréscimo no módulo elástico com a adição da farinha de madeira. Este comportamento está associado a presença de partículas de elevada rigidez, que quando adicionadas em uma matriz polimérica, durante a produção de um compósito, restringem a mobilidade e a deformação da matriz resultando no aumento da rigidez e do módulo elástico do material [7].

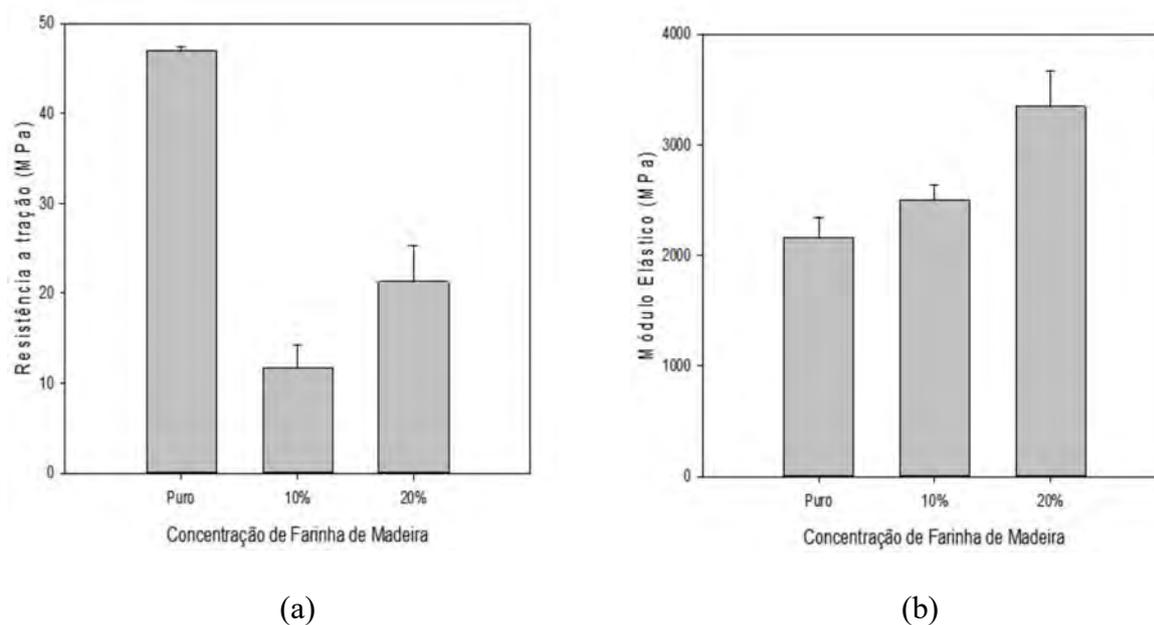


Figura 1 – Propriedades Mecânicas sob tração de compósitos PHB/Farinha de Madeira: a) Resistência a Tração (MPa); b) Módulo elástico (MPa)

A Fig. 2 apresenta a deformação dos sistemas estudados, verifica-se uma redução significativa desta propriedade quando adicionada a farinha de madeira, este resultado indica uma fraca adesão interfacial polímero-carga.

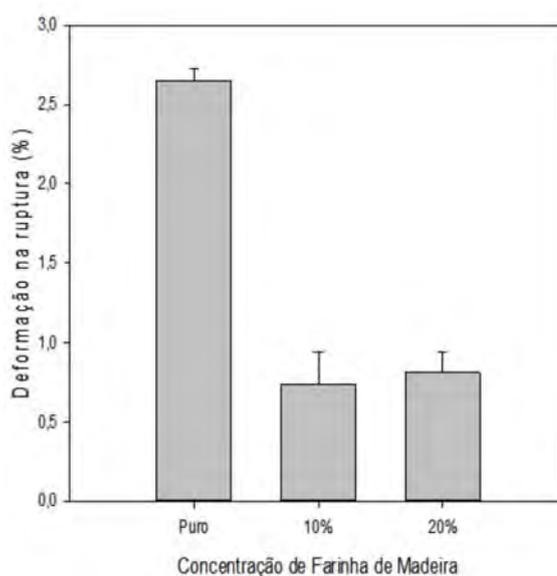


Figura 2 – Deformação na ruptura de compósitos PHB/Farinha de Madeira

Através da morfologia (Fig. 3) pode-se confirmar que este comportamento de diminuição de resistência à tração e deformação na ruptura esta relacionado à fraca adesão entre os componentes do compósito, o que leva ao desacoplamento das fibras da matriz quando submetidos a um esforço de tração diminuindo a capacidade de deformação do material antes da ruptura.

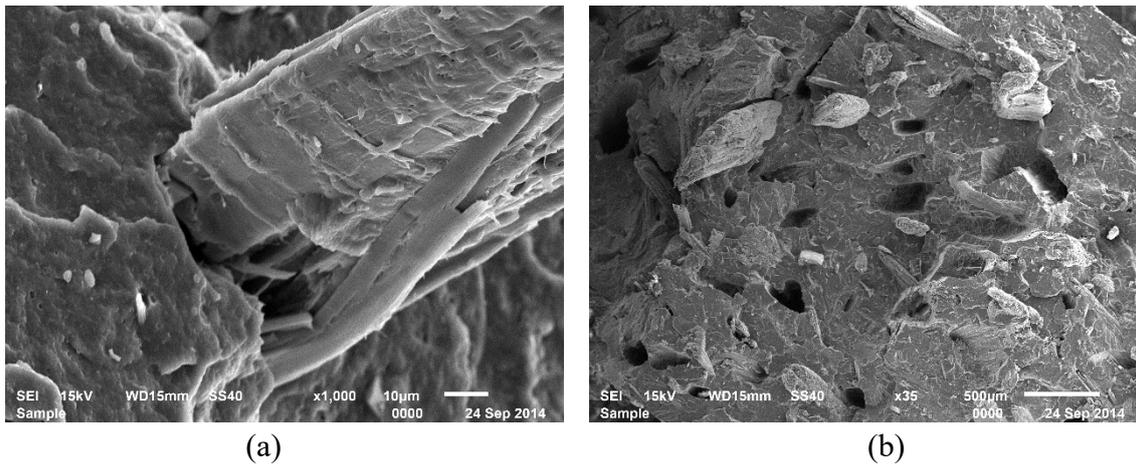
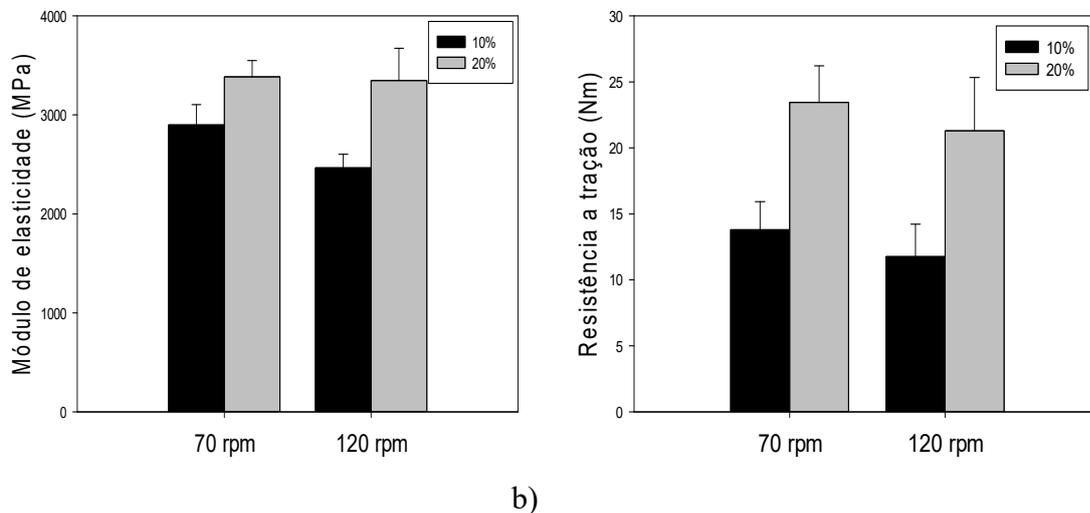


Figura 3 – Micrografias de compósitos PHB com 10% de Farinha de Madeira.

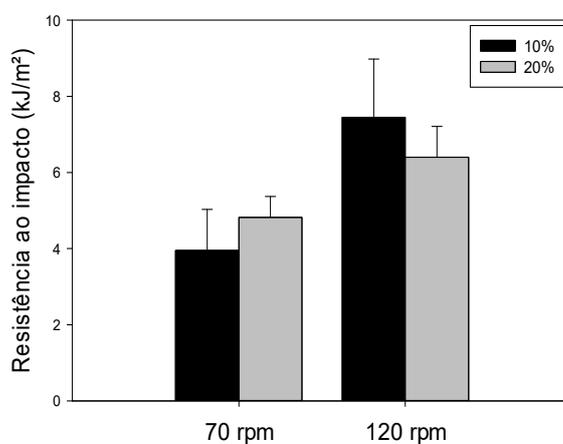
Avaliação da velocidade de rosca

Os resultados apresentados abaixo foram obtidos variando-se a velocidade de rosca durante a obtenção dos compósitos. Utilizou-se 70 e 120 rpm nas composições com 10 e 20% de farinha de madeira.

A Fig. 4 apresenta os resultados das propriedades mecânicas sob tração e da resistência ao impacto.



10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



c)

Figura 3. Ensaio mecânicos: a) Módulo de elasticidade, b) Resistência a tração e c) Resistência ao impacto.

Observa-se que não houve diferença significativa nas propriedades mecânicas em relação a variação da velocidade da rosca. Na velocidade de 70 rpm com a adição de 20% de carga a resistência a tração tem um acréscimo de 41% em relação ao compósito com 10% de fase dispersa. Para a velocidade de 120 rpm a tendência é semelhante.

A resistência ao impacto não mostra a mesma tendência que as demais propriedades analisadas. Pois, na velocidade 70 rpm a resistência ao impacto do compósito com 10% é menor do que o de 20%. Esperava-se que quanto maior o teor de fibra ocorresse o aumento da rigidez do compósito e uma redução desta propriedade.

4. CONCLUSÃO

A adição de farinha de madeira em PHB para a produção de compósitos resulta em materiais mais rígidos com redução da deformação na ruptura e menor resistência a tração. Este comportamento deve-se a fraca adesão entre os constituintes do compósito o que pôde ser comprovado pela análise morfológica da superfície de fratura. As variações de velocidade de rosca durante o processamento teve pouca influência nas propriedades e condições analisadas.

REFERÊNCIAS

¹ HUANG, J.-C. et al. Biodegradable Plastics: A Review. *Advances in Polymer Technology*, New York, v.10, n.1, p.23-30, 1990.

² PAOLI, M.-A. D. Degradação e estabilização de polímeros. 2ª on-line. *Chemkeys*, 2008.

³ J. C. Caraschi; U. M. Ramos; A. L. Leão. *Acta Scientiarum Maringá*. 2002, v. 24, n. 6, p. 1609-1614.

⁴ K. Bohmert; I. Balbo; A. Steinbüchel; G. Tischendorf; L. Willmitzer. *Plant Physiol*. 2002, 128:1282-1290.

⁵ A. K. Mohanty; M. Misra; L. T. Drzal. *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. USA: CRC Press, 2005.

⁶ Z. Tadmor; C. G. Gogos. *Principles of polymer processing*. Wiley-Interscience 2006.

⁷ J. B. Azevedo; J. D. V. Barbosa; Z. I. G. Santos; R. F. Farias in *Anais do 12º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Florianópolis, 2013.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER EM TAILOR WELDED BLANKS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Igor de Oliveira Mattos Cardoso¹, Professor Dr. Manoel Carreira Neto².

¹Yazaki Autoparts do Brasil Ltda. E-mail: igor.oliveira@br.yazaki.com;

²SENAI CIMATEC. E-mail: mneto3@ford.com;

RESUMO

A indústria automobilística está cada vez mais investindo em novas tecnologias, técnicas e métodos de fabricação, para aumentar a qualidade, reduzir custos e aumentar a produtividade de veículos. Assim, o trabalho em questão faz um estudo sobre a viabilidade técnica de uma dessas novas tecnologias em expansão, que é o método do Tailor Welded Blanks (TWB), que consiste na união de chapas que podem possuir diferentes materiais, espessuras e propriedades mecânicas, formando uma única geratriz, que posteriormente será conformada mecanicamente na estrutura ou componente desejado. Sendo que, a união das chapas abordada é através do processo de soldagem a laser (Laser Beam Welding - LBW) que por esse motivo, foi elaborado um estudo com aspectos técnicos desse processo apresentando suas principais características e razões para a sua utilização.

Palavras-chave: *Tailor Welded Blanks; Soldagem a Laser; Blanks Automotivos.*

ABSTRACT

The automobile industry is increasingly investing in new technologies, techniques and manufacturing methods to increase the quality, reduce costs and increase vehicle productivity. Thus, the work in question is a study on the technical feasibility of these new technologies in expansion, that is the method of Tailor Welded Blanks (TWB), which consists of the joint sheets that may have of different materials, thickness and mechanical behavior forming a single blank, which will be after mechanically formed in the structure or component required. Moreover, the joint of sheets that was introduced, will be through the Laser Beam Welding (LBW) that for this reason, a study with technical aspect of this process was realized, showing the main characteristics and reasons for their use.

Keywords: *Tailor Welded Blanks; Laser Beam Welded; Automotive Blanks.*

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de conceitos de engenharia para o desenvolvimento de novos projetos utilizando as vantagens da soldagem a laser tem elevado o potencial desta para aplicação industrial. Sendo que, o setor automotivo tem sido o que mais absorve anualmente equipamentos que contenham o laser para operações de soldagem, tornando-se uma referência em soldagem a laser e com base nessas tendências, constantes pesquisas e nas necessidades do mercado surgiram metodologias para a fabricação de painéis automotivos otimizados para utilização pela indústria automobilística [1].

Esse avanço tecnológico só é possível devido ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas técnicas de soldagem. Atualmente diferentes tipos de processo de soldagem estão sendo utilizados para a união de chapas, tais como: soldagem por esmagamento, feixe de elétrons, indução de alta frequência e a laser. O processo de soldagem a laser é atualmente o mais utilizado pela indústria automobilística para aplicação em TWB, pois possui características específicas, como principais destacam-se: qualidade da solda, alta precisão, pequena zona termicamente afetada (ZTA), aplicação em uniões dissimilares e flexibilidade em aplicações e parâmetros de processo [2].

2. TAILOR WELDED BLANK

O conceito de Tailor Welded Blanks (TWB), que interpretando a tradução seriam placas soldadas adaptadas ou fabricadas “sob medida”, consiste na junção de duas ou mais chapas planas que são unidas através do processo de soldagem para a formação de uma única geratriz, que pode possuir geometria bem complexa, e que posteriormente é submetida a um processo de conformação mecânica para obter o componente ou estrutura projetada, conforme esquema representativo mostrado na figura 1 [3].

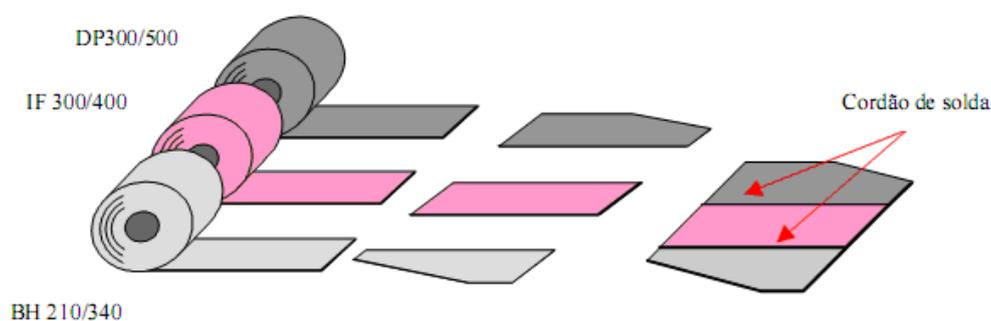


Figura 1. Esquema da Fabricação do TWB [3]

Assim, é possível combinar chapas com diferentes materiais, propriedades mecânicas, espessuras e acabamento superficial. Uma das principais vantagens na

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

utilização de TWB na indústria automobilística é a de aplicar materiais com características específicas nas partes unidas, que podem ser projetadas nas diversas regiões da carroceria, favorecendo a redução de peso, além da possibilidade de diminuir os custos operacionais, pois o conjunto pode combinar diferentes materiais e ser conformada em uma única etapa, ao invés de serem conformadas separadamente, desta forma facilita o desenvolvimento do componente e proporciona um melhor desempenho da estrutura [3].

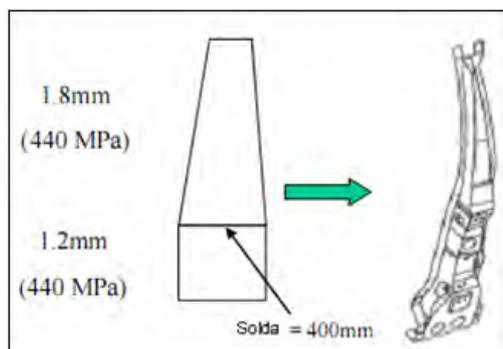


Figura 2. Pilar B projetado através do método TWB [2]

2.1. Aplicação

A aplicação do método TWB possibilita a otimização do processo industrial, ou seja, uma diminuição do tempo de fabricação do automóvel, pois essa inovação contribui para uma maior dinâmica na montagem da carroceria, uma vez que permite ao processo dar uma pré-forma nos blanks que a compõem, com diferentes combinações de geometria de chapas, antes que o conjunto venha ser montado, esta união é feita através da soldagem a laser. A figura 3 ilustra as aplicações dos subconjuntos que podem ser desenvolvidos durante a fabricação de uma carroceria com a utilização do método do TWB [3].

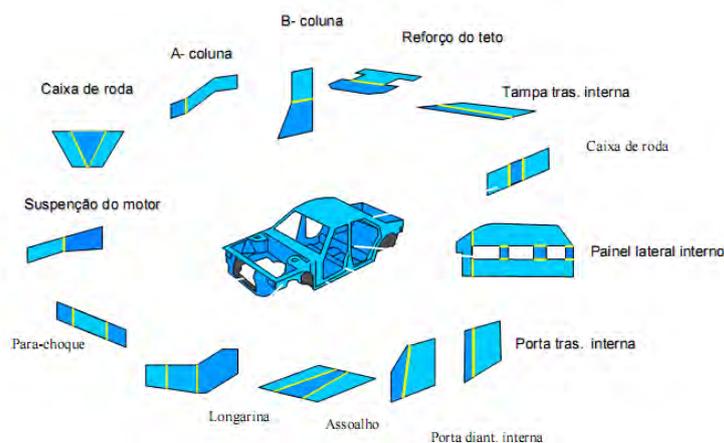


Figura 3. Blanks da carroceria obtidos por meio da aplicação do TWB [2]

3. SOLDAGEM À LASER

O processo de soldagem a laser, conhecido pelo nome em inglês de Laser Beam Welding (LBW), é um processo que se funde e se une uma junta metálica por meio da energia gerada em um feixe de laser. Sendo este um processo de alta densidade de energia, que envolve a focalização de um feixe de alta densidade sobre uma pequena área do material de base da junta a ser fundida, essa radiação do feixe ao entrar em contato com a superfície da junta é parte absorvida e parte refletida, a parte absorvida é de tal ordem de grandeza que aquece o material levando-o a fusão ou a vaporização, podendo alcançar níveis bem elevados de potência com intensidades acima de 10^7 W/mm² [4].

Esse processo quando comparado aos métodos convencionais de soldagem, produz uma solda bem mais estreita, permitindo melhor prevenção da corrosão e com menores zonas fundidas (ZF) e zonas termicamente afetadas (ZTA) na estrutura cristalográfica do metal de base. Como consequência, a tensão residual é reduzida e se produz pouquíssima distorção. A figura 4 exemplifica um processo automatizado de soldagem a laser [5].

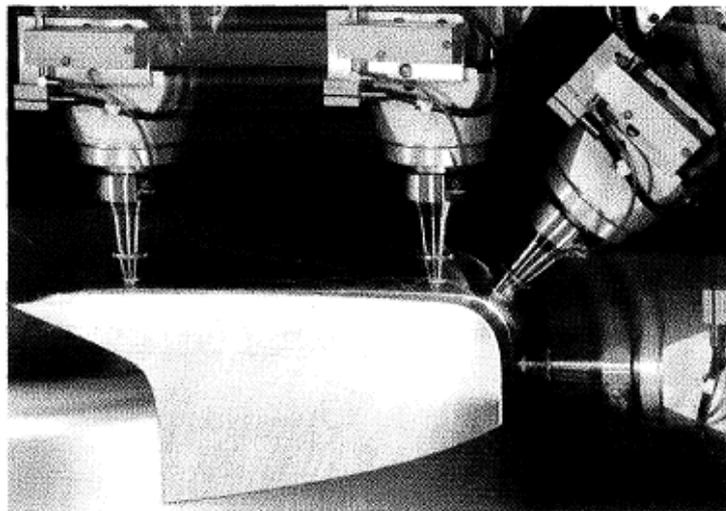


Figura 4. Processo totalmente automatizado - Soldagem à Laser [1]

Assim, o processo de soldagem a laser possui características únicas que o difere de outros processos convencionais e que oferece possibilidades bastante interessantes para o setor automotivo em relação ao nível das velocidades de processamento, da geometria da solda, da qualidade e da utilização em uniões dissimilares, no que diz respeito tanto ao material quanto a espessura das mesmas. Além disso, a tecnologia a laser permite diferentes aplicações, tais como: corte, acabamento superficial, marcação, furação e soldagem, todas elas com uma alta precisão, de maneira automatizada e com várias possibilidades de modificações dos parâmetros de processo que trazem muitas vantagens para o processo de fabricação do TWB [5].

3.1. Preparação da Junta

Uma das etapas mais críticas do processo de soldagem a laser de TWB é a preparação da junta a ser soldada, a qual é necessária à utilização do processo de corte a laser, uma vez que permite superfícies adequadas para a soldagem a laser, proporcionando uma junta de melhor qualidade e dentro das especificações e níveis aceitáveis de desalinhamento que de acordo com testes realizados pelo Instituto Superior Técnico-Secção de Tecnologia Mecânica de Portugal esse limite seria algo em torno de 0,4 mm para obter resultados satisfatórios durante o processo de soldagem e dentro dos critérios estabelecidos para a fabricação do *blank* automotivo. Veja na figura 5 um *blank* automotivo soldado [6].

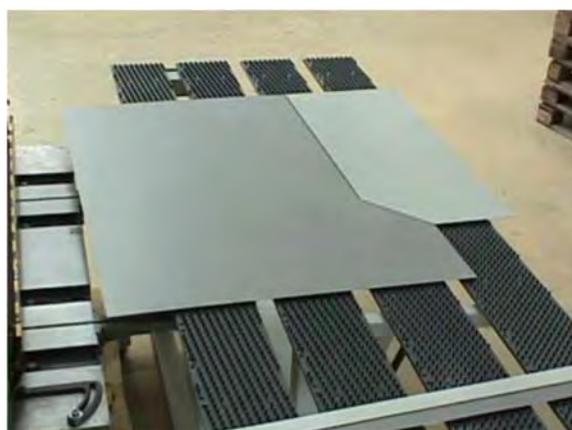


Figura 5. *Blank* Automotivo Soldado [2]

Vale ressaltar que, quando um *blank* formado com soldas a laser for estampado é necessário que o conjunto produzido possua níveis corretos de resistência mecânica, para que não ocorram fraturas durante a conformação. Assim, com a finalidade de se obter superfícies de corte com alta qualidade muitas vezes faz necessária à utilização do nitrogênio como gás de corte e uma baixa potência de laser, para evitar a ocorrência de eventuais empenos durante a operação de corte.

3.2. Principais Materiais

Muitos são os estudos realizados para avaliação do comportamento e características dos materiais metálicos e suas ligas para aplicação em TWB, vejam a seguir alguns dos materiais mais utilizados:

Aços de Construção Estirados a Frio – O teor de carbono dos aços estirados a frio situa-se na faixa de 0,02 até 0,26%. Assim, com exceção de alguns aços, existe uma aptidão de soldagem a laser muito boa com o teor de carbono não demasiado alto [7].

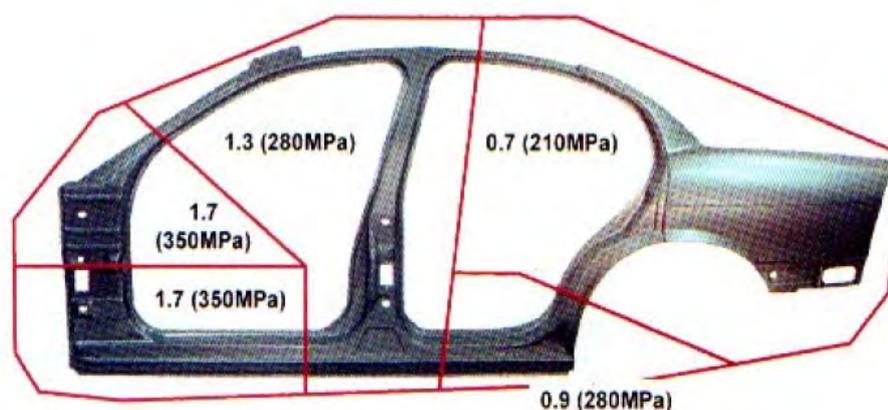
Aços Inoxidáveis – Os aços totalmente ferríticos e austeníticos apresentam uma boa aptidão para a soldagem a laser, porém os aços austeníticos com elevados teores de níquel tendem à ruptura a quente. Nos aços martensíticos, existe o perigo da formação e propagação de trincas [7].

Materiais de Alumínio – Em razão da alta capacidade de reflexão da superfície e da boa condutibilidade térmica do alumínio, uma boa condição para a soldagem somente é possível com uma densidade de potência suficientemente alta do feixe de laser. O alumínio puro assim como os grupos de liga Al-Si e Al-Cu apresentam geralmente uma satisfatória condição para a soldagem a laser. Entretanto, com teores mais elevados de magnésio e zinco, ocorrem à formação de poros no cordão de solda. O processo de soldagem a laser em alumínio possui uma limitação particular, que é na profundidade de penetração da solda, sendo que o laser YAG permite soldas com profundidade de 2 a 6 mm e para o caso do laser de CO₂ até no máximo 6 mm [7].

Aços Galvanizados – Embora o método do Tailor Welded Blanks também se aplique ao alumínio e suas ligas, os componentes fabricados em aço galvanizado, ou composto de aço galvanizado e aço sem revestimento, apresentam várias vantagens ao nível de custo e com uma melhor resistência e tenacidade, apresentando em torno de 10% a mais de tenacidade na estrutura e também uma melhor soldabilidade e aplicação em TWB [7].

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geratriz originada do processo, blank automotivo, pode conter chapas com um material mais resistente, com o objetivo de aumentar a rigidez da estrutura em partes relacionadas a itens de segurança e que podem ser localizadas estrategicamente na carroceria, como também, há possibilidade da utilização de chapas mais finas e possivelmente contribuindo para a redução do peso final do veículo, como mostrado na figura 6 [3].



10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Figura 6. Painel Lateral com diferentes espessuras e limites de resistência [2]

A utilização do método do TWB não só reduz o peso do conjunto fabricado, como também elimina a necessidade de utilização de reforços estruturais nas carrocerias, reduzindo assim, os custos de fabricação e aumento da segurança dos veículos. Além disso, a redução de massa está diretamente relacionada à economia de combustível, pois 10% de redução de massa resultam de 6% a 8% de melhoria na economia de combustível [8]. Assim, o emprego desta metodologia é um grande aliado para a indústria Automotiva Mundial na busca pela utilização de aços de alta resistência para redução do peso em uma estrutura do veículo que seja segura, acessível, eficiente de combustível e ambientalmente responsável, como mostrado na figura 7 da carroceria Body-in-White (corpo-em-branco) do projeto ULSAB [9].

*Figura 7. – UltraLight Steel Auto Body Steel – ULSAB [9]*

No que diz respeito ao tipo de laser que melhor se adequa ao processo, baseado nos artigos técnicos pesquisados, apesar do processo de soldagem a laser de Nd:YAG ser melhor aplicado em chapas mais finas e com menores faixas de potências, o laser de CO₂ é o mais utilizado e indicado na maioria das aplicações de TWB, uma vez que é mais versátil, já que permite todo tipo de operação e está disponível numa larga faixa de potência (desde a dezenas de Watts até 40 kW) [1].

Tabela 1. Comparação do Processo de Soldagem ND: YAG x CO₂ [10]

Tipo de Laser	Potência (kW)	Velocidade de Soldagem (mm/s)	Profundidade de Penetração (mm)
CO ₂	0,1 < 40	> 65	< 15

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Nd:YAG	< 5	> 65	2 < 6
---------------	-----	------	-------

Portanto, com um único tipo de laser é possível realizar a operação de corte das chapas, que requer uma perfeita linearidade e qualidade da junta, como também a soldagem das mesmas, proporcionando assim, uma boa flexibilidade no processo, veja detalhes na comparação da tabela 1. Além disso, o laser de CO₂ também possibilita aplicação em uma maior diversidade de materiais metálicos e ligas apresentando ótimos resultados quando aplicados em alumínio e suas ligas, em aços estirados a frio e de baixo teor de carbono, em aços galvanizados e em aços de alta resistência [1,10].

4. CONCLUSÃO

O método do Tailor Welded Blank em conjunto com o processo de soldagem a laser possibilita agregar melhorias e valores ao veículo e ao processo de fabricação proporcionando o desenvolvimento do setor automotivo. Assim, o processo de soldagem a laser do TWB é viável para aplicações em veículos que estão sendo desenvolvidos para atender as exigências do mercado mundial de automóveis e com as novas tendências do setor. Com isso, o alto investimento necessário para a implementação deste na indústria automotiva é recompensado através dos benefícios que este juntamente com a utilização do método do TWB agregará ao produto final e ao processo de fabricação, tais como:

- Melhorias do nível da resistência à corrosão, através da substituição dos materiais usualmente utilizados por materiais menos propensos à corrosão como o alumínio ou aços galvanizados;
- Estruturas mais resistente e mais leve, com a aplicação de materiais dissimilares e conseqüentemente com diferentes limites de resistência, que podem ser projetados em pontos regiões da carroceria e do veículo, proporcionando também um ganho considerável na absorção de impacto em caso de uma colisão;
- Redução da quantidade de material em locais que não necessitem tanta robustez, através de menores espessuras, conseqüentemente diminuição do custo em matéria prima e da utilização dos recursos naturais do planeta;
- Redução do número de partes constituintes das estruturas, resultando em um design mais simplificado (Design for Manufacturing – DFM);
- Otimização do processo, através da conformação da geratriz (blank automotivo) em uma única operação, ao invés da fabricação das peças do conjunto em várias etapas distintas, resultando em uma maior produtividade.

Tal tecnologia é tão interessante economicamente que grandes empresas já estão propondo serviços e estudos especializados para montadoras de veículos em todo o mundo, é o caso da empresa ArcelorMittal, que fornece soluções de engenharia em

aços de alta resistência fazendo todo o “business case” dos componentes para a aplicação automotiva associando a metodologia do TWB em sua fabricação [11].

Portanto, na visão atual da indústria automobilística, o desenvolvimento de estruturas mais leves possui uma relação direta de compromisso com a economia e meio ambiente, através da utilização de materiais mais leves, porém, mais resistentes, agregando o conceito das atuais normas ambientais, pois atende aos requisitos quanto ao desempenho ambiental do veículo, como: redução das emissões de poluentes e do consumo de combustível e principalmente para aumentar a reciclagem dos materiais utilizados.

Desta forma, a indústria promove os avanços tecnológicos com o emprego de novas tecnologias, alinhados ao desenvolvimento sustentável, ou seja, produzindo um veículo ecologicamente correto que atende cada vez mais as exigências do cliente.

5. REFERÊNCIAS

¹Peças, P.; Gouveia, H.; Quintino, L.; Rasmussem, M. e Olsen, F. O. Soldadura Laser de Sub-Conjuntos para Estampagem – Tailored Blanks. Revista de Metalurgia, Vol. 34, N^o. 2, **1998**. Disponível em: <<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>>. Acessado em: 10 de maio de 2015.

²TWBPT - TAILOR WELDED BLANK PROJECT TEAM. Tailor welded blank applications and manufacturing: a state-of-the art survey. Relatório Técnico do Auto/Steel Partnership, **2001**, 91p.

³Crivellaro, S. Rafael. Estudo da Estampabilidade de Tailor Blanks Soldadas a Laser. **2003**. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Porto Alegre, 2003.

⁴Kou, Sindo. Welding Metallurgy. 2. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, **2003**. 480 p.

⁵Machado, Ivan Guerra. Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Porto Alegre, **1996**. 477 p.

⁶Gimenes JR., L.; Ramalho, J. e Joaquim, R. Comparação entre os Processos Laser e Feixe de Elétrons Aplicado a Soldagem de Aços. Revista Tecnologia & Soldagem, **1994**.

⁷Rossini, R. Fabiano; Santos, A. Carlos; Vilar, M. Rui e Ierardi, F. Maria. Soldas em Chapas Grossas de Aço Baixo Carbono Utilizando Laser de CO2. Revista Metalurgia e Materiais, Vol. 58, N^o. 527, Novembro **2002**.

⁸Messler, R. W., Bell, J., Craigue, O. Laser Beam Weld Bonding of AA5754 for Automobile Structures. Welding Journal, Junho, **2003**, p. 151s-159-s.

⁹ULSAB – UltraLight Steel Auto Body Steel. Market Development Institute - disponível em: <<http://www.autosteel.org/Programs/ULSAB.aspx>>. Acessado em: de 20 de março de 2015.

¹⁰Kavamura, A. Haroldo; Aplicação de Solda Laser em Carrocerias Automotivas: Estudo Comparativo entre a Solda Laser e a Solda Ponto por Resistência. **2007**. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

¹¹ARCELORMITTAL - Automotive Worldwide – S-In Motion. Ver. **2012** - disponível em: <<http://automotive.arcelormittal.com/>>. Acessado em: 15 de março de 2015.

¹²FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC. Sistema de Bibliotecas. Padrão CIMATEC de normalização: normas da ABNT para apresentação de trabalhos acadêmicos. Salvador, **2012**.

ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O PROCESSO DE MOBILIDADE URBANA NO BAIRRO ENGENHO VELHO DA FEDERAÇÃO EM SALVADOR - BAHIA.

Iodelric Santos do Carmo¹, Alexsandro dos Santos Reis², Edna dos Santos Almeida³

¹Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Regional da Bahia, E-mail: yuri.wendell@oi.com.br.

²Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Regional da Bahia, E-mail: alexbahia_3@hotmail.com.

³Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Regional da Bahia, E-mail: ednasa@fieb.org.br.

RESUMO

A mobilidade urbana é fundamental para o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida nas grandes metrópoles, exigindo dos governos e sociedade uma sinergia em busca de soluções para os constantes congestionamentos que impactam nas atividades econômicas e na qualidade de vida da população. Assim, este artigo tem por objetivo identificar através de um estudo de causas e efeitos ações que possam vim a eliminar ou reduzir os constantes congestionamento que dificultam a mobilidade urbana no bairro Engenho Velho da Federação em Salvador - Bahia. Como procedimento metodológico realizou-se o levantamento bibliográfico, pesquisa de campo, registros fotográficos e aplicação de questionários para identificar oportunidades de melhoria na qualidade de vida dos moradores e transeuntes. Os resultados obtidos indicam que tanto a mobilidade como a acessibilidade local possuem na sua gestão anomalias, necessitando que haja uma intervenção do órgão público competente para que se faça cumprir o que determina o CTB (Código de Trânsito Brasileiro) Lei nº 9.503/97 e o decreto nº 5.503/97.

Palavras-chaves: Mobilidade; Acessibilidade; Qualidade de vida; Segurança.

ABSTRACT

The urban mobility is crucial for the economic development and quality of life in the big cities, requiring synergy between the governments and society in seeking solutions to the constant traffic jams that impact on economic activities and people's quality of life. Thus, this article aims to identify, through a study of cause and effect actions that may come to eliminate or reduce the constant congestion hindering urban mobility in the Federation of Old Mill neighborhood in Salvador - Bahia. As methodological procedure was carried out the literature, field research, photographic records and questionnaires to identify opportunities for improvement in the quality of life of residents and bystanders. The results indicate that both the mobility and local accessibility feature in their management anomalies, requiring that there be an intervention by the competent public body to which enforces what determines the CTB (Brazilian Traffic Code) Law No. 9.503 / 97 and the Decree N 5.503/97.

Keywords: mobility; accessibility; quality of life; security

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana no Brasil vem sendo tema de estudo e discussões com órgãos públicos, universidades e a sociedade como um todo devido as dificuldades existentes de mobilização e o alto grau de complexidade na busca de soluções, vários fatores influenciam a mobilidade tendo como destaque o aumento da frota de veículos individuais em especial nas grandes metrópoles culminando na necessidade de criação de espaços maiores em vias e estacionamentos. De acordo com Guilherme Vianna (2013,p.12)

Uma cidade com um sistema de locomoção qualificado proporciona diversos benefícios aos seus moradores. Com a redução no tempo indesejado em trânsito, as distâncias relativas diminuem, de maneira a permitir melhor acesso aos diferentes serviços oferecidos pela urbe. Desse modo, o planejamento urbano é facilitado, para o mercado e para o estado, além da evidente melhoria de bem-estar. Ou seja, uma área urbana com um sistema de mobilidade deficiente pode sofrer uma série

de prejuízos, como a redução de investimentos no local; dificuldades de gestão e obtenção de resultados por parte do governo; dificuldades de acesso a serviços essenciais; como saúde, educação e segurança; além de problemas relacionados ao meio ambiente, com elevadas emissões de carbono por parte de veículos individuais [1].

Em outras palavras, a mobilidade urbana quando planejada e executada contribui para a melhoria na qualidade de vida da população garantindo o fácil deslocamento de pedestres, ciclistas, passageiros de ônibus, motoristas, além de reduzir os impactos no meio ambiente [2]. Além disso, a ausência de uma gestão eficiente é determinante no não cumprimento do que determina o CTB-(Código de Trânsito Brasileiro) Lei nº 9.503/97 e o decreto nº 5.503/97 [3].

O bairro Engenho Velho da Federação foi habitado sem planejamento adequado, sendo a principal via de acesso do bairro a Rua Apolinário Santana que teve sua construção a principio, para atender a necessidade de mobilidade do bairro, no entanto, com o crescimento do bairro identificou-se problemas de mobilidade e acessibilidade no logradouro.

Diante do exposto, o presente estudo visou identificar os principais problemas envolvendo a mobilidade urbana na Rua Apolinário Santana, bem como citar medidas corretivas já adotadas com sucesso em outra via dentro da cidade de Salvador que melhoraram a mobilidade urbana.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho realizou-se um levantamento bibliográfico do assunto, visitas em campo, e elaboração de aplicação de um questionário constando seis perguntas aos moradores, transeuntes e comerciantes da área de estudo. As perguntas relativas ao questionário são listadas a seguir:

Como é a acessibilidade na Rua Apolinário Santana?

As duas laterais da pista da Rua Apolinário Santana são utilizada como estacionamento?

A SET (Secretaria de Transportes) faz fiscalizações rotineiras no bairro?

Existem faixas de passeios em toda extensão de ambos os lados da Rua Apolinário Santana?

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Os motoristas respeitam as leis de trânsito quanto ao horário de carga e descarga? Quanto tempo você leva para fazer o percurso da Rua Apolinário Santana em dia de congestionamento?

Buscou-se utilizar no questionário uma linguagem mais próxima da população para que seja de fácil entendimento de todos os participantes, independentemente de sua formação. Em relação a visita de campo realizou-se o levantamento da quantidade de imóveis localizados na respectiva rua, além de registros fotográficos. Por fim, os dados coletados foram discutidos com base na legislação pertinentes sobre a mobilidade e acessibilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das visitas de campo foi possível levantar informações sobre os principais problemas do bairro como trecho que não permite o emparelhamento de ônibus, falta de espaços para colocações de estrutura para pontos de ônibus, inexistência e falta de manutenção de passeios, e soma-se a isso a falta de conscientização no trânsito e a falta de fiscalização efetiva do órgão competente. Todos esses fatores ocasionam grandes congestionamentos no logradouro (que possui 7 metros de largura por 1 km de comprimento) e que em congestionamento os veículos levam acima de 30 minutos para percorrer todo o percurso conforme figura 1.

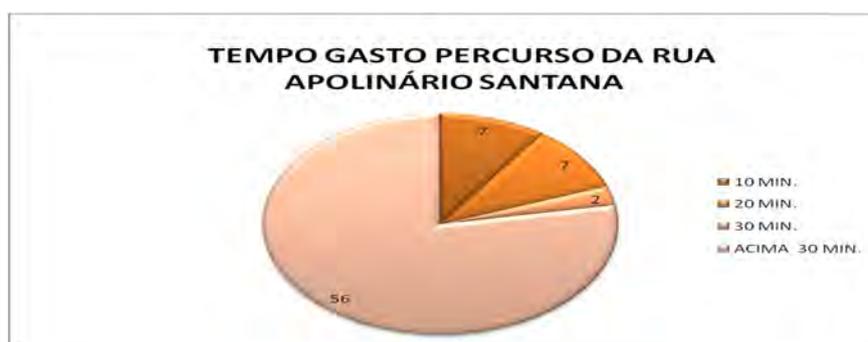


Figura 1 – Tempo de deslocamento
Fonte: o Autor

De acordo com os entrevistados, este fato se deve às inúmeras infrações de trânsitos como estacionar em local proibido e ao grande fluxo de carga e descarga que atende a quatro supermercados de médio porte instalados ao longo da via. A

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

atividade de carga e descarga mesmo sendo realizada por meio de veículo urbano de carga permitido pela legislação de trânsito, termina por comprometer a mobilidade local inclusive no cumprimento dos horários preestabelecidos de saída e chegada dos transportes públicos coletivo. Na figura 2 a seguir são representados resultados dessa pesquisa.



Figura 2 – Mobilidade na Rua Apolinário Santana

Fonte: o Autor

Outro fator apontado pelos entrevistados como impacto negativo da mobilidade urbana, e que tende a influenciar no aumento da frota de veículos particulares é a falta de segurança, os entrevistados acreditam que utilizando o sistema público de transporte encontram-se mais vulneráveis a roubos, furtos e agressões. Além disso, há os incentivos fiscais através da redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados). Os resultados apresentados na figura 2 são descritos a seguir:

Acessibilidade

Dos 72 entrevistados 68 afirmaram que não dispõem de acessibilidade na Rua Apolinário Santana correspondendo a 94,4% dos entrevistados. As pessoas com mobilidade reduzida necessitam de acessibilidade e a pista tátil visa prover as condições necessárias para o deslocamento de pessoas com deficiência visual. Cabe mencionar que *segundo o Decreto nº. 5.296 de 2 de dezembro de 2004, acessibilidade está relacionada em fornecer condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços [4].*

Proibido Estacionar

Dos 72 entrevistados 64 (88,9 %) afirmaram que boa parte das pessoas estacionam em locais proibidos. Observa-se que este aspecto vai na contramão do que preconizada o art.181 do CTB-lei nº 9.503/97 . O mesmo é evidenciado quanto ao art. 93 Capítulo VIII, do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), da Engenharia de tráfego, da operação, da fiscalização e do policiamento ostensivo de trânsito o qual consta que nenhum projeto, que possa aumentar o fluxo de veículo em uma área deve ser aprovado sem uma prévia autorização do órgão ou entidade responsável. Além disso, precisa constar no projeto área reservada para estacionamento visando garantir mobilidade urbana e consequentemente a qualidade de vida dos cidadãos [5].



Figura 3 – Congestionamento devido a estacionamento proibido

Fonte: O Autor

Fiscalização da SET (Secretária de Transportes)

Dos 72 entrevistados 48 (66,7%) afirmaram não haver uma fiscalização eficiente por parte do órgão responsável na área de estudo e isso é um dos principais fatores que acarretam o problema de mobilidade na região. É importante ressaltar que, é de plena responsabilidade a garantia da ordem no trânsito conforme determina o Art. 91 do capítulo VIII do CONTRAN ao órgão competente através de fiscalização ostensiva visando coibir as infrações de trânsito.

Passeios

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Analisando os dados da pesquisa de campo observa-se que 94,4% dos entrevistados encontram-se insatisfeitos com as condições dos passeios devido à falta de manutenção, inexistência de condições para uso de pessoas com capacidade funcional reduzida, fato abordado no decreto n 5.296/04 que contempla pessoas com mobilidade reduzida. Na figura 4 pode ser visualizado passeio do bairro.



Figura 4 – Irregularidade de passeios na área de estudo

Fonte: O Autor

Carga e descarga

Na área de estudo, existem um total de 258 endereços dos quais 195 residenciais, 58 com fins (comercial, religioso, outros) e 05 prédios. Dentre os 58 mencionados existem quatro endereços de supermercados de médio porte que diariamente recebem entregas de mercadorias através de VUC (veículo urbano de carga) que impacta diretamente no fluxo de veículo na região visto que o logradouro não possui dimensão suficiente para realização de carga e descarga em horários de pico, conforme identificado em visita de campo e apontado por 77,7 % dos entrevistados. A figura 5, mostra um exemplo de carga e descarga de forma irregular.



Figura 5 - Carga e descarga com estacionamento na contramão

Fonte: O Autor

Como proposições de melhorias é proposto intervenções como as já realizadas em outros pontos da cidade como realização de pequenas obras estruturais e colocação de faixa central na pista, semelhante as ocorridas na Avenida Antônio Carlos Magalhães, podendo vim a proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população [6]. Neste sentido, cita-se ainda uma maior participação dos 24.555 habitantes do bairro do Engenho Velho da Federação nas reuniões com os gestores públicos, a exemplo da ocorrida em novembro de 2014, cujos temas abordados foram: história do bairro, localização, segurança, mobilidade e acessibilidade [7]. Essas reuniões fazem parte do projeto Plano Salvador 500 que propõe tornar Salvador uma cidade menos desigual em termos sociais, urbanísticos e ambientais, assim como reestruturar a mobilidade e a acessibilidade urbana.

Além disso, a aprovação do novo Plano de Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) é de fundamental importância, pois é uma ferramenta básica para orientar a política de desenvolvimento e ordenamento da expansão urbana no município visando à integração entre uso do solo, habitação, saneamento e mobilidade urbana contemplando a participação da sociedade na determinação de políticas urbanas e prioridade de investimentos tornando-se fundamental na melhoria da mobilidade urbana para os soteropolitanos [8].

4. CONCLUSÃO

Após análise dos dados foi possível identificar as principais dificuldades existentes no bairro do Engenho Velho da Federação referente à mobilidade e acessibilidade no âmbito estrutural os passeios estão em péssimo estado de conservação e a falta de fiscalização ostensiva, leva a muitos a estacionar em locais proibidos. Faz-se necessário que haja por parte do órgão fiscalizador do trânsito implementações de medidas educativas no tocante a orientar os motoristas de VUC (Veículo Urbano de Carga) quanto a realização de carga e descarga, fato que não acontece em outras regiões da cidade devido à existência de fiscalizações ostensiva do órgão fiscalizador nestas localidades. Tais procedimentos são essenciais para se ter uma

mobilidade urbana eficiente, para os moradores e transeuntes da localidade, evitando perda de tempo em deslocamento e proporcionando redução do stress, redução de gases poluentes e aumento no crescimento econômico para tanto é necessário que haja sinergia entre mobilidade urbana, meio ambiente, desenvolvimento e qualidade de vida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹Vianna, Guilherme. Mobilidade Urbana No Brasil: Uma Estimativa Do Produto Perdido Em Trânsito. Disponível em:< http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Monografias/Monografia_Versao_Final_Guilherme_Vianna.pdf>. Acesso em: 05 julho de 2015.

²SABACK, Valter; SANTANA, Lídia. Mobilidade Urbana em Salvador e sua Relação com a Qualidade de vida. Disponível em:< http://www.cairu.br/riccairu/pdf/artigos/3_MOBILIDADE_URBANA_SALVADOR.pdf>. Acesso em: 05 julho de 2015.

³Código de Trânsito Brasileiro (CTB)-DENATRAN. Disponível em:< <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf> >. Acesso em: 05 de julho de 2015.

⁴D5296 - Presidência da República. disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 05 de julho de 2015.

⁵Código de Trânsito Brasileiro (CTB)-DENATRAN. Disponível em:< <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf> >. Acesso em: 05 de julho de 2015.

⁶SANTOS, Lua. Trânsito na avenida Iguatemi mudará em Fevereiro. disponível em:< <http://atarde.uol.com.br/transito/noticias/1560625-transito-no-iguatemi-mudara-em-fevereiroAmandosa,Aa>>. Acesso em: 05 de julho de 2015.

⁷RELATÓRIO I Oficinas de Bairros - Plano Salvador 500. disponível em:< http://www.plano500.salvador.ba.gov.br/fotos/gcma_biblioteca_virtual/2/mg/RELATORIO_OFICINAS_I_corrigeido1.pdf>. Acesso em: 05 de julho de 2015.

⁸PREFEITURA MUNICIPAL DO SALVADOR – BAHIA LEI... disponível em: < http://www.gestaopublica.salvador.ba.gov.br/leis_estruturas_organizacionais/documentos/Lei%207.400-08.pdf>. Acesso em: 05 de julho de 2015.

INTEROPERABILIDADE DO BIM NO PROJETO ESTRUTURAL

Neiva S. Farias¹ e Larissa da S. P. Cardoso²

¹SENAI/CIMATEC, E-mail: neivafarias@gmail.com;

²SENAI/CIMATEC, E-mail: larissa.paes@fieb.org.br;

RESUMO

A tecnologia BIM (Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção) está na vanguarda dos conceitos de inovação na área de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), criando poderosos recursos e abrangendo desde a fase de projeto até a operação e manutenção. Na área de cálculo estrutural a evolução tecnológica também é evidente. Muitos sistemas utilizados no projeto estrutural passaram a ser adotados em substituição aos procedimentos manuais. A integração entre as novas ferramentas de projetos faz-se necessária para permitir o trabalho conjunto com intercâmbio de informações. A interoperabilidade, uma das principais características do BIM, permite a integração dos projetos possibilitando o fluxo das informações. Este trabalho avalia aplicações de interoperabilidade no fluxo convencional do BIM dos projetos estruturais e arquitetônicos, utilizando arquivos no formato não proprietário: IFC (Industry Foundation Classes) e TQR. Para tanto, foi desenvolvido um projeto piloto no qual o projeto estrutural foi elaborado na ferramenta TQS e exportado para o REVIT, ferramenta utilizada para o desenvolvimento do projeto arquitetônico. Os resultados não foram satisfatórios quando utilizados arquivos IFC, apresentando perdas relevantes de dados. No entanto, ao se utilizar arquivos TQR, a exportação se mostrou eficiente. Constata-se que a interoperabilidade é viável e ainda, que com a prática de desenvolvimento de projetos em BIM, as pesquisas se intensificarão proporcionando ferramentas cada vez mais eficientes e adequadas às necessidades do meio técnico.

Palavras-Chaves: *Modelagem da Informação da Construção; Projeto Estrutural; TQR; TQS.*

ABSTRACT

The BIM (Building Information Modeling) is at the forefront of innovation concepts in the area of AEC (Architecture, Engineering and Construction), creating powerful resources and covering from the design phase through operation and maintenance. In structural calculation area, technological evolution is also evident. Many systems used in structural design systems became adopted to replace manual procedures. The integration of the new project tools is necessary to allow the work together with exchange of information. The Interoperability, one of the major feature of BIM,

enables the integration of projects, allowing the flow of information. This work evaluates interoperability applications in the conventional flow of BIM in the structural and architectural designs using files on non-proprietary format: IFC (Industry Foundation Classes) and TQR. Therefore, it was developed a pilot project in which the structural design was prepared in TQS tool and exported to REVIT, used tool for the development of architectural design. The results were not satisfactory when used IFC files, displaying relevant data loss. However, when using TQR files, the export was efficient. Observes that interoperability is viable and also that with the project development practice in BIM, the research will intensify providing tools more efficient and appropriate to the needs of technical environment.

Keywords: Building Information Modeling; Structural Project; TQR; TQS.

INTRODUÇÃO

O BIM, a mais recente inovação tecnológica na área de AEC, tem provocado efeitos positivos e em cadeia no desenvolvimento de projetos.

O BIM pode ser descrito de diversas formas. De acordo com Eastman *et. al.* [1]: “(...) definimos BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”.

A tecnologia BIM, segundo Addor [2], “pressupõe a criação colaborativa de um modelo digital do edifício, em que cada profissional agrega ao modelo as informações específicas de sua disciplina”. O BIM trabalha com os elementos parametrizados, sendo possível alterá-los para se obter adaptações instantâneas em todos os elementos do projeto. A utilização das ferramentas facilita revisões, análises de diversas soluções, permite a detecção de interferências e visualizações, conseqüentemente, aumenta a produtividade, minimizando conflitos que seriam detectados somente no canteiro de obras. Trata-se de um processo colaborativo, cujos conceitos se baseiam na Engenharia Simultânea ou Interoperabilidade. Todos os profissionais são envolvidos no processo gerando um projeto integrado, no qual cada profissional agrega ao modelo as informações específicas da sua especialidade, garantindo ao produto final melhor qualidade em menor tempo. O modelo BIM é um modelo virtual equivalente ao real [3].

Na etapa de projeto, o primeiro benefício com a utilização de ferramentas BIM é a possibilidade de correções automáticas no modelo 3D, quando mudanças são feitas em qualquer etapa do projeto. Além disso, como o modelo 3D não é gerado a partir de múltiplas vistas 2D, pode-se ter a certeza de que as dimensões serão consistentes em qualquer elemento ou desenho 2D extraído. Desenhos precisos e consistentes reduzem a quantidade de erros e tempo gasto associados com a geração de desenhos para qualquer disciplina do projeto. Além disso, os modelos 3D permitem facilidade na interpretação dos elementos construtivos.

Em se tratando especificamente do projeto estrutural, evita-se retrabalho na compilação da locação e dimensões de elementos do projeto arquitetônico que devem ser associados aos elementos estruturais. Devido à interoperabilidade, o fluxo das informações entre as ferramentas utilizadas é automático.

A interoperabilidade é uma das principais características do processo BIM e se fundamenta na obrigatoriedade da colaboração entre as múltiplas disciplinas do projeto, através de um gerenciamento bem planejado, o que reduz o tempo gasto, erros e omissões que podem ocorrer quando se tem um trabalho desenvolvido utilizando-se plantas 2D. Ao visualizar todas as disciplinas conjuntamente, qualquer interferência é prontamente identificada e corrigida antes que se chegue à fase de execução da obra. Apesar de sua importância, a interoperabilidade ainda é pouco aplicada e conhecida na área de projetos estruturais devido, entre outros fatores, à falta de métodos padronizados, formação técnica dos profissionais e limitações das ferramentas utilizadas [4].

A integração automatizada das disciplinas depende de soluções tecnológicas que permitam a interoperabilidade entre diferentes ferramentas. Em outras palavras, é preciso utilizar uma linguagem comum ou uma solução de exportação para que seja possível a troca de informações entre as diferentes ferramentas utilizadas, de modo a se obter um modelo único do empreendimento. O desenvolvimento deste modelo ainda é objeto de estudo de muitos pesquisadores. De modo geral, sua obtenção se dá através da utilização de arquivos IFC por se tratar de um arquivo neutro, capaz de ser interpretado por diferentes ferramentas BIM, garantindo a interoperabilidade.

Dentro desse contexto, neste trabalho os princípios teóricos do BIM foram aplicados em um projeto piloto visando estudar a interoperabilidade entre o projeto estrutural e arquitetônico no nível 3D, bem como as interferências entre tais projetos e o nível de qualidade obtido nas informações transferidas entre as ferramentas utilizadas. Para tanto, os focos principais foram os arquivos IFC e TQR. Este último é utilizado exclusivamente para associar o projeto estrutural ao arquitetônico, gerado no TQS, software utilizado para elaboração de projetos estruturais [5].

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Para fins de pesquisa e aplicação prática da teoria aqui apresentada, foi desenvolvido um projeto piloto com o apoio de uma empresa da área de construção civil que atua no mercado imobiliário de Salvador-BA. Atualmente, as obras executadas pela mesma são projetadas utilizando a tecnologia CAD 2D. Cada projeto é contratado individualmente sem que haja integração simultânea entre as disciplinas. A compatibilização e análise de interferências são realizadas posteriormente, por outra empresa especializada.

Esta forma sequencial de se desenvolver os projetos gera refazimentos e os prazos são mais prolongados. Além disso, apesar do estudo de compatibilização, muitos problemas de interferências somente são detectados na fase da construção, o que dificulta ou até impossibilita soluções viáveis.

A empresa já conhecia o BIM, mas inicialmente não tinha planos de implantar ou treinar a sua equipe. Apesar disso, aceitou dar apoio e oferecer informações de um dos empreendimentos para o projeto piloto. Em contrapartida, a equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto piloto ofereceu toda gama de benefícios que se pôde obter. O projeto piloto foi planejado para ser desenvolvido nos níveis 3D, 4D e 5D. Até a data de conclusão deste trabalho o modelo foi desenvolvido apenas no nível 3D.

METODOLOGIA

De forma a se atingir os objetivos esperados neste trabalho, utilizou-se o *software* Revit, para o projeto arquitetônico, e o TQS, para o projeto estrutural.

O TQS é um software brasileiro, desenvolvido exclusivamente para dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto.

A partir do projeto estrutural desenvolvido no TQS foram exportados os arquivos IFC2x3 e TQR (versão 2014). Estes foram importados, separadamente, para o REVIT e ligados ao projeto arquitetônico de modo a ser possível a avaliação da qualidade das informações transferidas, bem como as possíveis interferências e consistências.

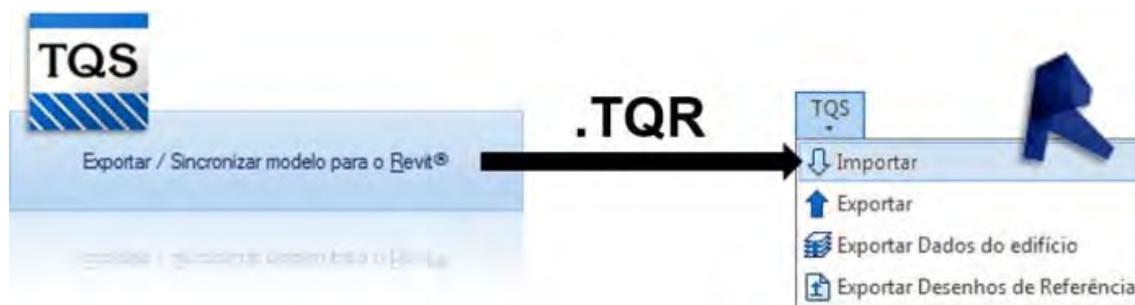
De modo geral, antes de se iniciar um projeto em BIM, algumas questões devem ser definidas, de modo a se evitar retrabalho uma vez iniciado o processo. Por exemplo, deve-se definir qual o objetivo do modelo: se será utilizado apenas para visualização 3D ou avaliação de interferências; para levantamento de quantitativos ou também será utilizado para planejamento. E, ainda, se após a conclusão da edificação se pretende utilizar o modelo para manutenção.

INTEGRAÇÃO DOS PROJETOS 3D – ESTRUTURAS X ARQUITETURA

A modelagem do projeto piloto foi iniciada pela importação do projeto estrutural. Primeiramente foi importado o arquivo IFC gerado pelo TQS. Tal formato é um esquema orientado a objetos e contém elementos construtivos, propriedades, formas e relacionamentos.

Visando melhorias na qualidade dos dados compartilhados, foi desenvolvido pela empresa TQS Informática, em parceria com a AUTODESK, o *plugin* TQR. Este arquivo foi desenvolvido com foco em eliminar os erros de importação detectados nos testes. Na Figura 1, a seguir, ilustra-se como é o processo de exportação/importação do TQR.

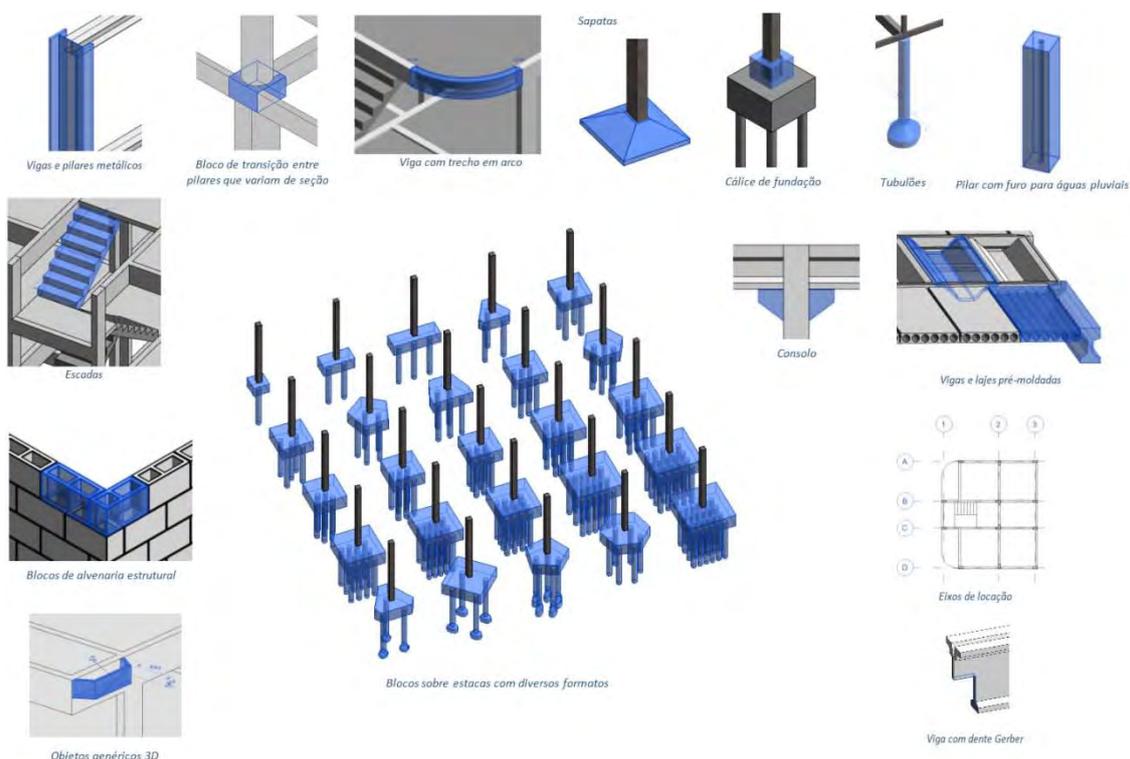
10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



Interoperabilidade entre TQS e REVIT (Fonte: TQS)

No IFC, por ser tratar de um arquivo neutro, as informações compartilhadas são padronizadas. O TQR, por outro lado, possui informações mais detalhadas acerca das estruturas, fornecendo maior quantidade de parâmetros compartilhados de leitura exclusiva pelo Revit.

A versão atual do TQS permite a exportação de vários tipos de elementos estruturais, a exemplo dos apresentados na Figura 2, a seguir.



Elementos importados do TQS via TQR (Fonte: TQS)

O passo seguinte dentro da metodologia foi a importação do arquivo TQR, no REVIT, associando-o à arquitetura.

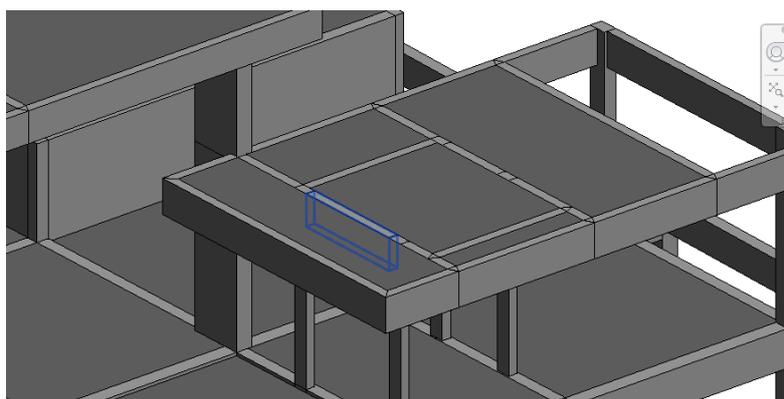
Não foram analisados dados relativos ao carregamento, detalhamento e quantitativos de armaduras.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

RESULTADOS E DISCUSSÃO

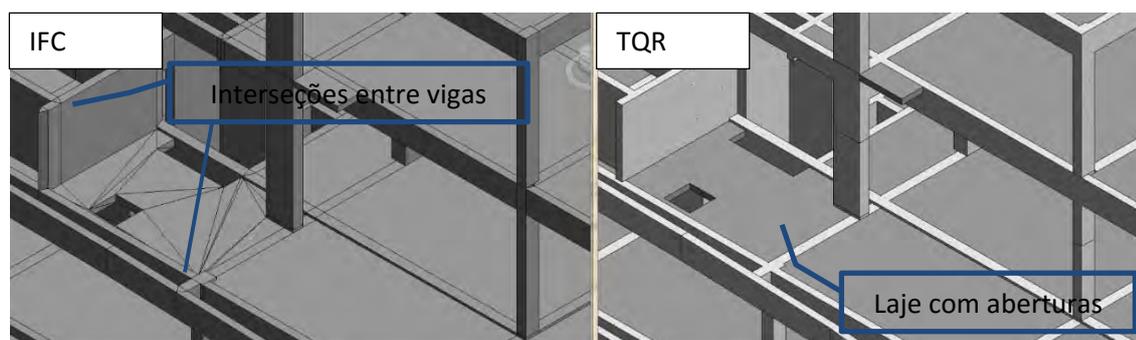
De uma maneira geral, as informações importadas no Revit foram satisfatórias quando foi utilizado o arquivo TQR, mesmo assim, recomenda-se sempre efetuar uma avaliação criteriosa nas mesmas.

Já com o arquivo IFC, as informações importadas não foram satisfatórias. Observou-se que nem todas as informações associadas aos objetos foram transferidas. Por exemplo, as vigas que eram contínuas no TQS perderam a continuidade quando inseridas no REVIT. A Figura 3, a seguir, ilustra esta situação.



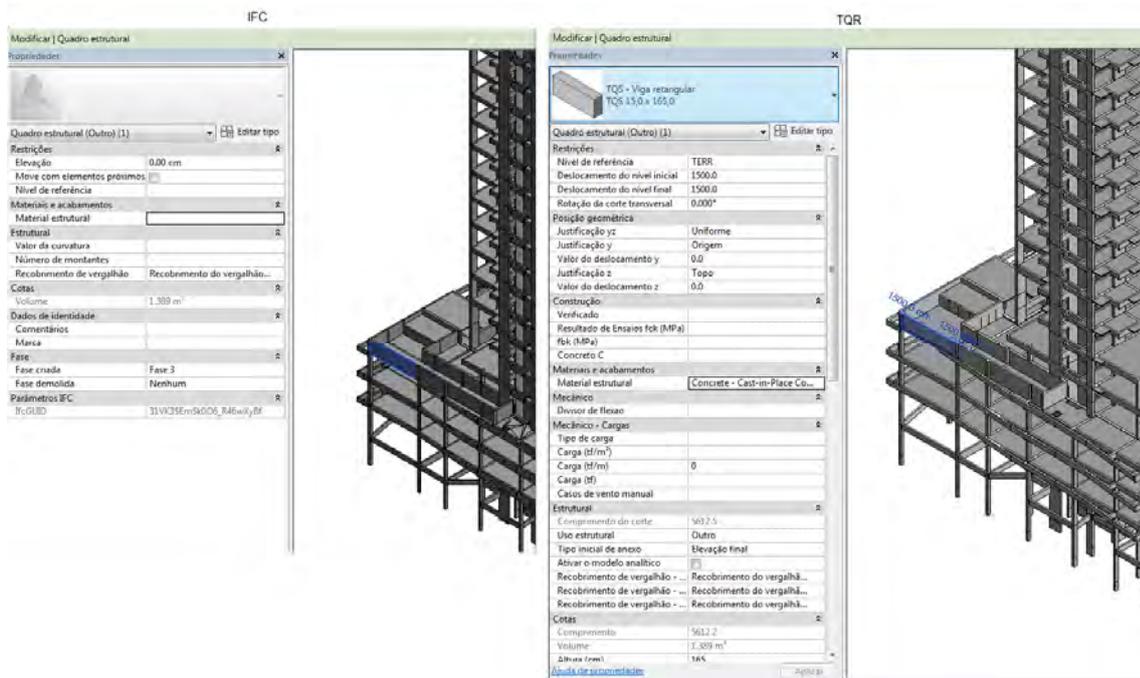
Descontinuidade da viga via arquivo IFC (Fonte: Autor)

Além do problema relatado anteriormente, observou-se também perda de qualidade na representação das interseções entre elementos estruturais e de lajes com aberturas, por exemplo. A Figura 4, a seguir, ilustra tais situações.



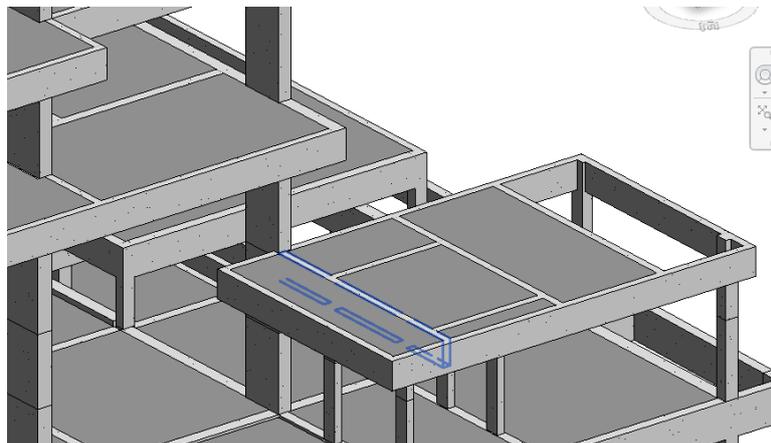
Diferenças na representação de elementos estruturais (Fonte: Autor)

Uma vez que o arquivo TQR foi desenvolvido especialmente para o Revit, foi mantida uma maior quantidade de informações sobre os elementos modelados no TQS, informações essas que foram perdidas quando a importação se deu via IFC. Além da definição geométrica precisa de cada um dos elementos estruturais, foi também acrescentado um conjunto informações complementares em forma de atributos e parâmetros compartilhados de leitura exclusiva pelo Revit, conforme se observa na Figura 5, a seguir.



Atributos dos elementos estruturais (Fonte: Autor)

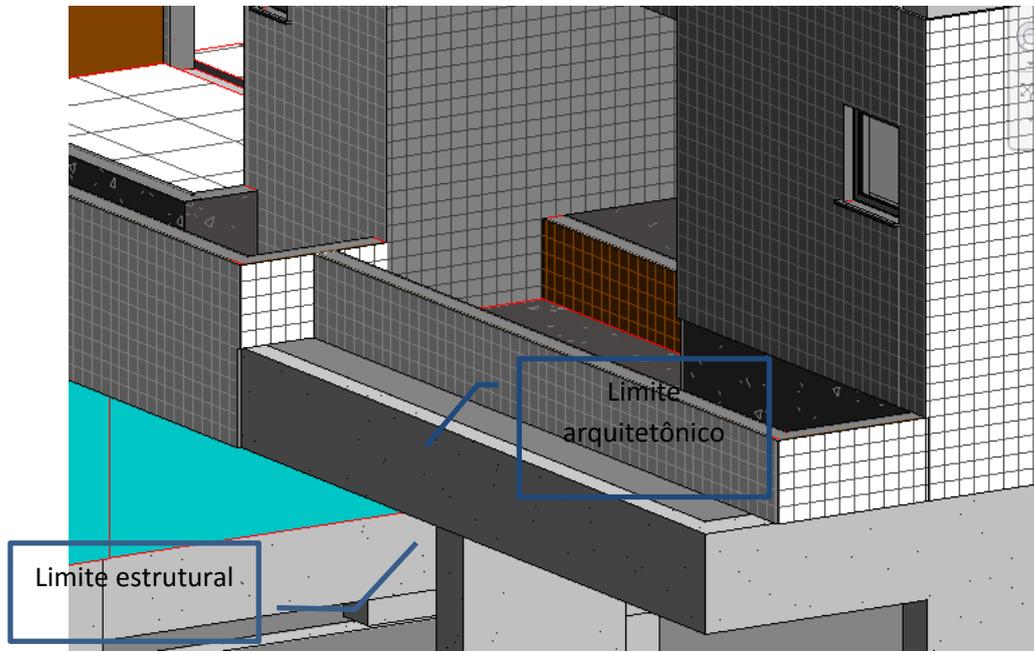
Com a importação do arquivo TQR, observou-se que a qualidade dos dados transferidos foi superior àquelas obtidas pelo IFC. Diferentemente do obtido a partir do IFC, a continuidade das vigas, por exemplo, foi mantida, conforme ilustrado na Figura 6, a seguir.



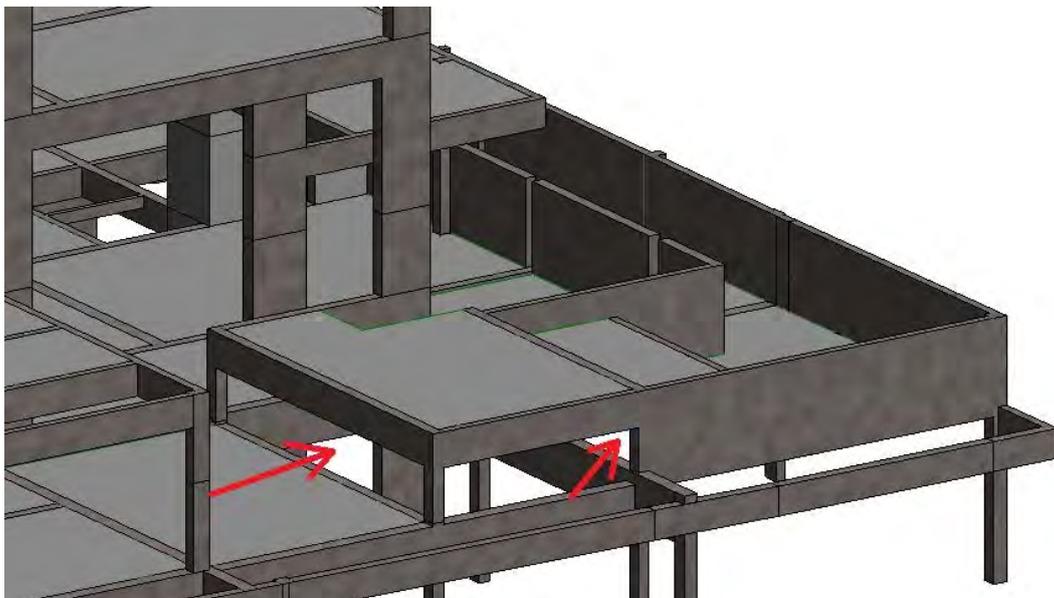
Continuidade da viga via arquivo TQR (Fonte: Autor)

Na análise de consistência, após importação do projeto estrutural e modelagem do projeto arquitetônico, verificou-se pequenas interferências. Estas ocorreram porque o projeto arquitetônico foi revisado e a informação não foi repassada para o engenheiro projetista. Atualmente este é um problema característico na área de projetos devido à falta de unicidade das informações.

As Figuras 7 e 8, a seguir, mostram algumas interferências encontradas. Pode-se observar, na Figura 7, diferenças entre os projetos arquitetônico e estrutural no limite do contorno externo da edificação. Na figura 8, observa-se, no projeto estrutural, a inexistência da laje de piso da casa de bombas sob a piscina.



Diferença no limite do contorno da edificação (Fonte: Autor)



Inexistência de lajes para casa da bomba sob a piscina (Fonte: Autor)

Uma observação importante nos procedimentos é quanto à necessidade de adequada gestão das ferramentas utilizadas, pois a interoperabilidade só é possível se todos os projetistas estiverem trabalhando em versões compatíveis das ferramentas.

Desta forma, percebeu-se a importância do coordenador de modelo na condução dos procedimentos. A presença deste profissional é essencial, pois o fluxo de informações entre as ferramentas BIM ainda não são totalmente automatizadas, além de necessitarem de procedimentos ainda muito complexos e pouco conhecidos na área técnica.

As interferências encontradas quando reportadas aos respectivos projetistas foram facilmente solucionadas e corrigidas ainda na fase de estudos. Utilizando-se a metodologia tradicional de projeto estas seriam detectadas somente na fase de construção e teriam solução mais difícil.

Neste caso, a economia, tanto de tempo quanto de custo, ficou evidenciada uma vez que paralizações durante a execução da obra para solucionar os problemas encontrados acarretariam atrasos no cronograma. Ainda, as soluções seriam mais caras e mais difíceis.

CONCLUSÃO

A metodologia utilizada no projeto piloto para avaliar a interoperabilidade entre o projeto arquitetônico e estrutural ofereceu resultados satisfatórios. As ferramentas BIM foram utilizadas com sucesso de maneira colaborativa.

Inicialmente registraram-se pequenos problemas nas versões das ferramentas e do *plugin* do TQS para gerar os arquivos IFC e TQR que foram solucionados prontamente com o apoio do suporte técnico da TQS Informática.

As interferências foram antecipadas e facilmente corrigidas ainda na fase de projeto.

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser utilizados como exemplo para incentivar os profissionais da área de cálculo estrutural a partirem para a implementação prática desta metodologia.

É evidente que devem ser ponderadas questões relativas a: investimentos e treinamentos para implantação do BIM, desenvolvimento de projetos com geometria complexa, direitos de propriedade do modelo, diferentes estágios de implantação do BIM nas empresas de projetos e contratação e geração de documentos. No entanto, os ajustes passam a ser necessários e mais rápidos com a crescente e constante demanda de mercado.

A flexibilidade das informações no BIM proporciona benefícios em diversas interfaces do projeto estrutural, tais como: maior facilidade nos estudos de viabilidade, análise de interferência com as demais disciplinas, melhor integração com o projeto arquitetônico, os dados são transferidos automaticamente para o

sistema CAM (Computer Aided Manufacturing) para corte e dobra de aço e para projeto de formas e escoramentos, geração automática e precisa de quantitativos.

Muitos obstáculos ainda deverão ser superados e novos ganhos ainda estão por vir até que os princípios do BIM tornem-se práticas comuns nos escritórios de projetos.

REFERÊNCIAS

¹Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, F.; Liston, K. Manual de Bim - Um Guia de Modelagem da Informação da Construção. *Bookman* **2014**.

²Addor, M.; Boas Práticas do BIM. Guia ASBEA-Fascículo 1, **2013**.

³Lino, J.C.; Azenha, M.; Lourenço, P. Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural (BE2012)*, 2012.

⁴Muller, M. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, **2011**.

⁵Sítio da TQS Informática. Disponível em: < <http://www.tqs.com.br/suporte-e-servicos/biblioteca-digital-tqs/92-bim/364-o-bim-entre-o-tqs-e-o-revit-num-novo-patamar-parte-1>>. Acesso em: 17 julho 2015.

⁶Leusin S.; Canellas, R. e Capistrano, L. Integração entre o Revit, o orçamento e o planejamento de obras com uso de *Keynotes*. *AUTODESK University Brasil*, 2014.

⁷Sítio da BIMRevit, Consultoria e Treinamento. Disponível em: <<http://bimrevit.com/2015/02>>. Acesso em: 5 junho 2015.

**MONTAGEM DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE BANCADA PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA UFRB
ANA QUÉZIA R. OLIVEIRA¹, BÁRBARA P. GOMES¹, IKARO A. SOARES¹, JOAN
SANTOS¹, JOYCE M. B. MAIA¹, CARINE T. ALVES²**

¹ Estudantes do Bacharelado em Energia e Sustentabilidade na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, E-mail: ana.oliweira@gmail.com; Joycemarabm@hotmail.com;

² Professora/Orientadora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Pós-doutora em Engenharia Química, E-mail: carine.alves@ufrb.edu.br

RESUMO

A disposição de óleos residuais em locais indevidos vem ocasionado diversos danos ambientais, fazendo-se necessário a discussão sobre a popularização das formas corretas da disposição desse material. Uma dessas formas seria a destinação desse produto para a produção de biodiesel. Sendo assim, o presente trabalho propõe a montagem e posterior automação de um protótipo de bancada capaz de produzir biodiesel a partir de óleos refinados e também a partir da reciclagem de resíduos da indústria alimentícia, como os óleos e gorduras residuais. Este protótipo, montado manualmente, tem como foco a conscientização ambiental, a aplicação de conhecimento interdisciplinar para estudos científicos e a aprendizagem de alunos de graduação do Bacharelado em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Ambas as abordagens representam uma redução significativa no impacto ambiental além de proporcionar aos alunos o desenvolvimento de aprendizagem prática e contextualizada sobre um assunto atual.

Palavras-Chaves: Protótipo; Biodiesel; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The excessive environmental damage caused by the disposal of waste oils in improper places brings about emergency nature of discussions on encouraging the popularization of ideal method for disposal of this material. Because of the environmentally friendly way is the use of such a compound for the production of biodiesel. Therefore, this paper proposes the assembly and subsequent automation of a bench prototype capable to produce biodiesel from refined and residual oils. This prototype, assembled by hand, focuses on environmental awareness, applying interdisciplinary knowledge for scientific study and learning of the undergraduates in Energy and Sustainability of the Federal University of Recôncavo of Bahia. Both approaches represent a significant reduction in environmental impact as well as

provide students with the development of practical and contextualized learning about a actual issue.

Keywords: Prototype; Biodiesel; Sustainability

1. INTRODUÇÃO

O cenário energético brasileiro está ficando preocupante, seja pela falta de chuvas que acarreta em energia elétrica mais onerosa para os consumidores, seja para a alta de tributos dos combustíveis fósseis como o diesel de petróleo e a gasolina e seja pela alta dos preços dos alimentos que nos fazem pensar quanto ao crescimento econômico brasileiro. A variação significativa do preço da nossa principal fonte de energia, o petróleo, tem gerado instabilidade na economia do Brasil abrindo grandes precedentes para a pesquisa de fontes renováveis de energia [1].

Neste contexto, o álcool etílico foi o primeiro a substituir parte dos combustíveis derivados de petróleo nos veículos. Sua implantação em larga escala se deu particularmente no Brasil com o programa Pró-álcool. Este programa resultou em uma diminuição de cerca de 10 milhões de automóveis a gasolina rodando no Brasil, diminuindo a dependência do país ao petróleo importado, reduzindo a emissão de poluentes provenientes da queima do petróleo à atmosfera [1,2].

A escolha da matéria-prima para a produção de etanol, a cana-de-açúcar, foi estratégica tendo em vista os baixos preços do açúcar na época. Mesmo que em 1985 este programa tenha estagnado devido à grande baixa no preço do petróleo, atualmente há grandes perspectivas de elevação do consumo do álcool por causa dos altos preços da gasolina no Brasil, acima dos R\$ 3,00 este ano de 2015.

Outro combustível de fonte renovável que ganhou destaque nacional e internacional foi o biodiesel. Este biocombustível proveniente de óleos vegetais (novos ou usados) e/ou gordura animal, garante energia suficiente em sua queima para fins combustíveis sem agredir o meio ambiente, contribuindo para a redução das emissões dos gases do efeito estufa (GEE's).

Em 1900, em uma exposição mundial na cidade de Paris, logo após o descobrimento do petróleo, um motor a diesel foi apresentado por Rudolph Diesel, funcionando exclusivamente com óleo de amendoim. Observou-se que o consumo deste óleo vegetal resultou em um aproveitamento do calor igual ao do petróleo. Naquela época, os aspectos ambientais, que hoje privilegiam os combustíveis renováveis como o óleo vegetal, não eram considerados importantes. Contudo, hoje, devido à nova perspectiva de preocupação com o meio ambiente e ainda visto as oscilações frequentes do preço dos combustíveis fósseis, os combustíveis

renováveis destacam-se, sendo foco de inúmeras pesquisas. Associado a isto, as reduções de impacto ambiental estão sendo estudadas veementemente nos dias de hoje e associado ao reaproveitamento do óleo residual de frituras. Com a utilização de óleos residuais cresce as expectativas para um processo ainda mais limpo de produção do biodiesel contribuindo para a sustentabilidade. Este óleo de fritura normalmente despejado no esgoto, ocasiona entupimentos nas tubulações contribuindo para o alto impacto ambiental nos rios, é primordial a reciclagem propiciando redução significativa de impacto ambiental, gerando a partir de um resíduo, uma fonte de energia renovável, o biodiesel [2,4].

Visto isso, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um protótipo feito com materiais reciclados para a produção de biodiesel a partir de óleo residual na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Para tanto, realizamos um estudo sobre o sistema de produção desse biodiesel, além de estudar e testar materiais alternativos para o uso no protótipo.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para a construção do agitador magnético foram utilizados os seguintes materiais reciclados do lixo eletrônico: Cooler USB, Ímã neodímio, 1 Potenciômetro com 5k ohms, 1 Placa-padrão para circuitos e 1 Transistor NPN.

Para o separador de fases foram utilizados os seguintes materiais: 1 Erlenmeyer, 1 garrafa pet, 1 torneira hospitalar descartável, 1 tripé adaptado, 1 mangueira de silicone e o auxílio de uma bomba de para-brisa para realizar o transporte.

Para a construção da etapa de lavagem foram utilizados: 1 garrafa pet, 1 mangueira de silicone, 1 tripé adaptado, 1 torneira hospitalar descartável.

2.2 Métodos

Como o principal reagente do processo de síntese de biodiesel por transesterificação são os triglicerídeos, presentes em óleos e gorduras, foi dado a este uma atenção especial. O óleo selecionado para este trabalho foi o óleo residual de frituras, a sua escolha foi baseada na possibilidade de redução do impacto ambiental pelo descarte indevido deste óleo. A coleta está sendo realizada mensalmente no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) da UFRB na cidade de Feira de Santana-Ba.

O óleo residual foi submetido a um pré-tratamento cujo objetivo é retirar materiais sólidos, água, e materiais que causariam saponificação no mesmo. O procedimento utilizado foi primeiramente filtração com papel filtro, para a retirada de materiais sólidos provenientes das frituras realizadas anteriormente, seguido de neutralização

com hidróxido de potássio e água para remover impurezas (pH final 7) e secagem para eliminar o excesso de água.

O óleo residual foi caracterizado quanto ao seu índice de acidez antes e após o pré-tratamento. Sua viscosidade cinemática foi medida no viscosímetro SCHOTT CT 52. A análise elementar de ácidos graxos (CHNOS) também foi realizada com o objetivo de definir os principais componentes do óleo residual e calcular a sua massa molecular. Os resultados obtidos foram comparados com uma amostra de óleo de soja refinado, previamente analisada.

O tipo de catalisador, as condições da reação e a concentração de impurezas na síntese de biodiesel, determinam o caminho que a reação segue. Inicialmente os experimentos foram realizados com hidróxido de potássio (KOH) como catalisador e com etanol P.A. como agente transesterificante na razão molar de 6:1 de álcool:óleo.

Para a realização dessa pesquisa foi necessário estudar o processo de produção de biodiesel através da reação de transesterificação, com o objetivo de delimitar quais processos seriam projetados no protótipo e então fazer o planejamento de construção do mini sistema. Em seguida, foi realizada a separação da maquete em três etapas, sendo que, a primeira serviria para fazer a mistura dos reagentes e bombeamento do produto da reação para a segunda etapa, que teve por objetivo realizar a separação do produto (biodiesel) e do coproduto (glicerina) por meio da decantação e, por fim, a terceira etapa que consiste na lavagem do biodiesel.

Todas essas etapas foram projetadas para serem facilmente construídas por qualquer outra pessoa com conhecimentos básico do processo de extração. Para facilitar tal objetivo, foi criado um blog do projeto, com tutoriais de todos os processos desenvolvidos, explicando todas as etapas, o porquê e como foram adaptadas cada uma das etapas para o protótipo.

A reação ocorreu sem interrupções, como previsto, durante 100 min utilizando hidróxido de potássio (KOH) na proporção de 1% em massa com relação à massa de óleo inicial. A razão molar de etanol:óleo foi de 6:1 com a temperatura constante de 38°C.

2.3. Montagem do protótipo

Para realizar as etapas descritas acima, foi necessário adaptar um agitador magnético de lixo eletrônico, foi então colado a um cooler USB, um ímã de neodímio, que cria um campo magnético suficiente para atrair a bagueta, e então realizar a mistura dos reagentes. Esse processo foi idealizado em temperatura ambiente. Ainda no primeiro sistema, foram adaptados uma bomba de para-brisa para realização do transporte da mistura.

A segunda etapa se consistiu de um funil de decantação adaptado com materiais reciclados como garrafa pet, mangueira de silicone, torneira hospitalar descartável e

tripé adaptado, para que fosse possível a realização da separação de fases entre biodiesel e glicerina por meio de decantação e transporte do biodiesel para a próxima fase, onde foi instalado um sistema que consistiu na lavagem. Apesar do sistema de produção de biodiesel requerer a etapa de secagem, não será possível demonstrá-la no protótipo por questões de segurança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, a reciclagem de um modo geral, vem se mostrando cada vez mais necessária e vantajosa no setor empresarial, quer seja por razões econômicas quer seja pelas ambientais. Tanto reciclagem de materiais quanto de resíduos e tendo isto como ponto de partida, se faz presente a necessidade de tratar sobre o assunto dos biocombustíveis.

2.3. Caracterização do Óleo Residual

O óleo usado proveniente de estabelecimentos da região metropolitana de Salvador e Feira de Santana apresentou um índice de acidez de 7,88 mg KOH/g de óleo antes do seu pré-tratamento. Para ser submetido a reação de transesterificação sem as interferências conhecidas, o óleo foi filtrado e neutralizado, resultando em uma perda de aproximadamente 15% de matéria-prima. Após o pré-tratamento seu índice de acidez foi avaliado novamente e comparado ao índice de acidez do óleo de soja refinado. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1, onde se verifica que o pré-tratamento atingiu uma significativa redução de materiais saponificáveis presentes na amostra.

Tabela 1. Índice de acidez (I.A.)

Experimento	OGR bruto	OGR Tratado	Óleo de Soja Refinado
1	7,61	0,62	0,84
2	8,18	0,56	0,7
3	7,85	0,59	0,65
Média do I.A. (mg KOH/g óleo)	7,9	0,6	0,7

As amostras de foram analisadas quanto a sua viscosidade cinemática no SCHOTT CT 52 à 40°C. O valor determinado foi de 34,6 cSt, próximo ao valor do óleo de soja testado (39,4 cSt). A análise elementar dos ácidos graxos realizada para definir a composição do óleo e calcular sua massa molecular também foi avaliada. A Tabela 2 apresenta os resultados gerados por essa análise, onde observa-se que o ácido linoléico, o ácido oléico e o ácidos palmítico, são os maiores representantes do óleo residual. A partir do resultado obtido foi calculada uma massa molecular de 873 g/mol do óleo.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 2. Análise da Composição dos Ácidos Graxos do Óleo Residual

Ácidos Graxos	Nomenclatura	Amostra 01 (%)	Amostra 02 (%)	Óleo de Soja (%)
C16:0	Ácido Palmítico	11,33	11,48	12,50
C18:0	Ácido Esteárico	3,53	3,53	0,65
C18:1 ω 9 cis	Ácido Oleico	22,71	21,73	27,81
C18:1 ω 9 trans	Ácido Eláidico	1,49	1,43	-
C18:2 ω 6 cis	Ácido Linoléico	54,82	55,67	54,19
C18:2 ω 6 trans	Ácido Linolelaídico	0,18	0,16	-
C18:3 ω 3	Ácido Linolênico	5,62	6	4,67
C20:0	Ácido Eicosanóico	0,32	0	-

Com o intuito de produzir um sistema de produção de biodiesel que fosse facilmente reproduzido e de baixo custo, iniciamos a construção do projeto do protótipo de bancada feito com materiais reciclados (figura 1), visando produzir biodiesel com o óleo residual adquirido no posto de coleta do CETENS/UFRB.

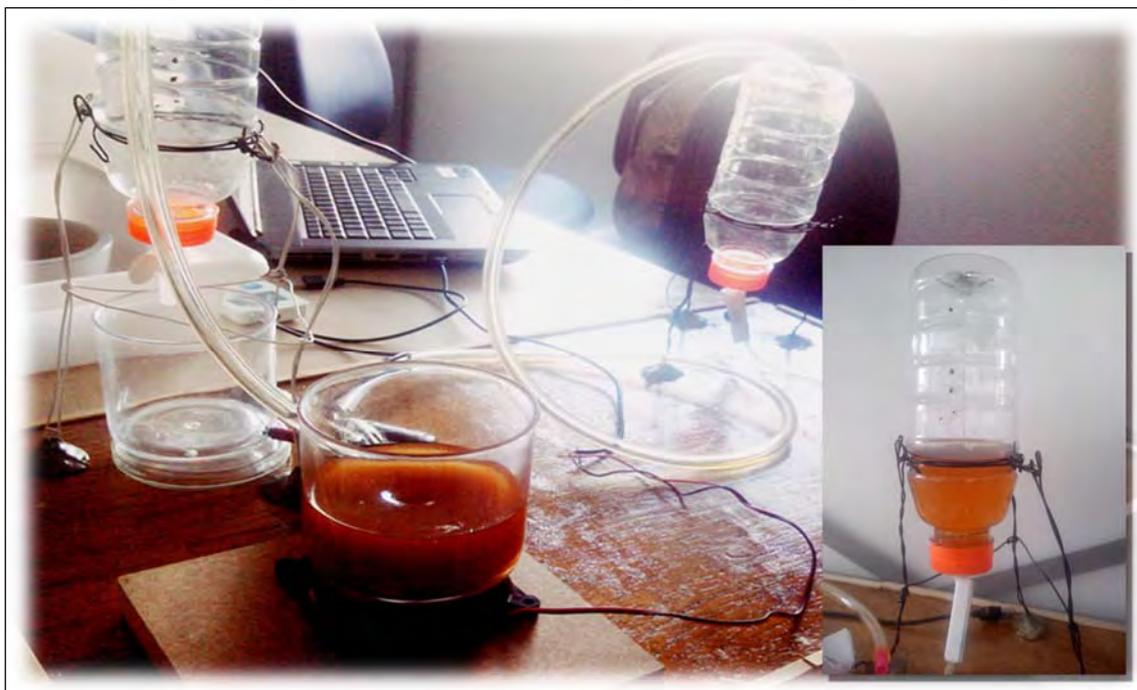
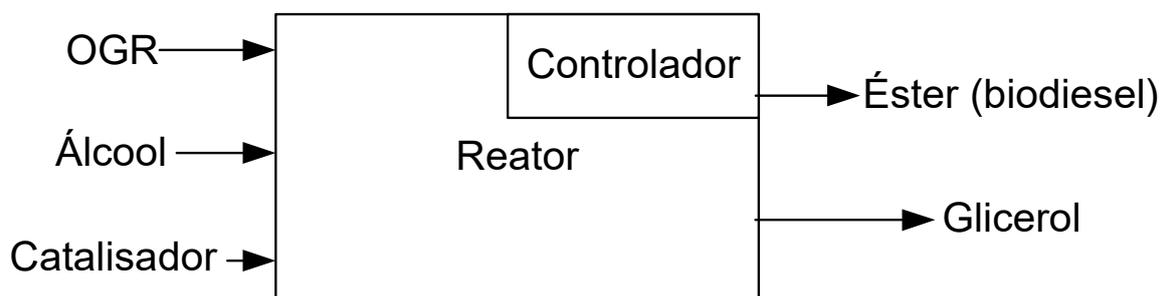


Figura1. Protótipo

Como produto final foi obtido um o biodiesel e a glicerina como coproduto e, as etapas de análises físico-químicas estão sendo realizadas.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

*Figura 2. Esquema do Protótipo*

O protótipo se mostrou totalmente funcional na produção de biodiesel suficiente para fins didático. Seu custo de produção se mostrou viável e adequado perante sua finalidade, onde apresentou custo total inferior a R\$ 50,00. Sua etapas foram descritas e detalhadas em um blog, que facilitaria repetição dos processos e metodologias utilizadas.

4. CONCLUSÃO

Atualmente, infelizmente, o péssimo hábito de descartar o óleo residual pelo esgoto doméstico é recorrente. As consequências associadas a este ato, principalmente com relação aos altos custos com saneamento básico, refletem diretamente na sociedade e nos trabalhadores. Através do presente trabalho procurou-se conscientizar a sociedade da importância do descarte de forma ecologicamente correta do óleo residual de fritura, tornando o CETENS um ponto de coleta mensal na cidade de Feira de Santana. Pretende-se divulgar continuamente na sociedade feirense informações relevantes à preservação da vida terrestre, transmitindo e demonstrando pelo processo de síntese do biodiesel, que esse óleo residual pode ser base para um importante processo de produção de energia renovável, biodiesel. A montagem e automação do protótipo para a síntese do biodiesel fazem parte do desenvolvimento multidisciplinar dos discentes do curso de Bacharelado em Energia e Sustentabilidade no CETENS/UFRB. Através do presente trabalho, concluiu-se, que a proposta desenvolvida é uma ferramenta educativa e complementar na formação dos alunos da disciplina de Projeto Interdisciplinar.

5. REFERÊNCIAS

¹FERREIRA, A. M. M.: O biodiesel como estratégia de mitigação às mudanças climáticas: uma análise constitucional, 2009.

²Roseli Aparecida Ferrari*, Vanessa da Silva Oliveira e Ardalla Scabio BIODIESEL DE SOJA – TAXA DE CONVERSÃO EM ÉSTERES ETÍLICOS, CARACTERIZAÇÃO FÍSICOQUÍMICA E CONSUMO EM GERADOR DE ENERGIA Quim. Nova, Vol. 28, No. 1, 19-23, 2005

³GERIS, R. BIODIESEL DE SOJA – REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO PARA AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA ORGÂNICA, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Rua Barão de Geremoabo, s/n, 40170-290 Salvador – BA, Brasil, 2007.

⁴DABDOUB, M.J., Biodiesel em casa e nas Escolas: Programa coleta de óleos de fritura, 2006.

⁵MITTELBAACH, M. & P. TRITTHART: Diesel fuel derived from vegetable oils, III. Emission tests using methyl esters of used frying oil. JAOCS, Vol. 65, n° 7, p. 1185-1187, 1988.

⁶NETO, P.R C.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F.; RAMOS, L.P., Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Química Nova, 23(4), p. 531-537, 2000.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho agradecem a bolsa de iniciação científica concedida pelo CNPq.

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIS DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS (SURFACE-ENHANCED RAMAN SCATTERING)

Luciana M. Borges¹, Valéria L. da Silva²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

E-mails: lumoreno.borges@gmail.com, valeria.dasilva@fieb.org.br

ABSTRACT

Surface-Enhanced Raman Scattering consists of a significantly (up to 14 orders of magnitude) enhancement of the Raman effect due to an interaction between the electromagnetic field with the surface plasmons. There is a large interest on these surfaces because of their application on the identification of substances. This article describes the preparation of colloidal silver solutions, and their spectral characterization, for future use on the fabrication of SERS. The synthesis of the nanoparticles solutions used salts, stabilizers and excess reactants for the study of the nanoparticles aggregation parameters. The additions of NaCl or AgNO₃ solutions promote the formation of nanoparticle clusters as indicated by the analysis of the absorption spectra of the silver colloidal solutions. Another important aspect for the stability of the colloidal silver solutions and is the storage conditions. Additionally, we fabricated a silver nanoparticle film with the colloidal silver solution that whose Raman efficiency will be characterized in future experiments.

Keywords: SERS; silver nanoparticles; absorption; spectroscopy.

RESUMO

Surface-Enhanced Raman Scattering consiste num aumento significativo (de até 14 ordens de magnitude) da eficiência do espalhamento Raman através da interação do campo eletromagnético com os plasmons de superfície. Estas superfícies possuem grande interesse biomolecular devido a sua utilização na identificação de substâncias. Este artigo descreve a preparação de soluções coloidais de prata e sua caracterização espectral para posterior aplicação na fabricação de superfícies SERS. A síntese da solução padrão, foi realizada utilizando sais, estabilizantes e os próprios reagentes em excesso para o estudo dos parâmetros de agregação das nanopartículas. Através da análise das curvas de absorção para os diferentes aditivos, foi observado que uma agregação das nanopartículas de prata ocorre intensamente com a adição de soluções de NaCl ou AgNO₃. Outra observação fundamental, foi que o período de estocagem e as suas condições são fatores relevantes na estabilidade da solução. Ainda neste trabalho foi preparado um filme com a solução padrão de prata coloidal para análises futuras de eficiência Raman.

Palavras-chaves: Espalhamento Raman; SERS; Prata Coloidal

1. INTRODUÇÃO

Chandrasekhara V. Raman estava encantando com a opalescência do Mar Mediterrâneo quando fez sua viagem para a Europa no verão de 1921. Não é a primeira vez em que o azul do céu ou do mar são fontes de inspiração para teorias. Com Raman, não foi diferente. Suas observações incentivaram a sua pesquisa da difusão da luz em líquidos, o que mais tarde, em 1928, traria uma discussão e hipótese sobre o espalhamento inelástico da luz pela sua interação com a matéria, conhecida atualmente como Espalhamento Raman^{1,2}.

Quando a luz incide em um meio, os fótons incidentes são excitados a um nível virtual de energia e espalhados com quantidade de energia correspondente aos níveis vibracionais da molécula. Considerando a luz como uma onda eletromagnética, em uma descrição clássica do fenômeno, esta onda induz um momento de dipolo na molécula pelo campo elétrico e é modulado pelos níveis vibracionais. Esta é uma das explicações da teoria eletromagnética do fenômeno. Quando a radiação emitida possui uma frequência menor do que a radiação incidente, este fenômeno é chamado de espalhamento Stokes, quando a frequência irradiada é maior, o fenômeno é descrito como espalhamento Anti-Stokes. Há ocorrências, em que a radiação incidente é excitada até um auto estado da molécula correspondente aos níveis eletrônicos de energia, neste caso o efeito é chamado de Espalhamento Raman Ressonante³.

Existem inúmeras aplicações do espalhamento Raman, principalmente no que diz respeito a espectroscopia Raman, já que fornece uma “impressão digital” das moléculas da superfície de um material, característica de enorme relevância na área biomédica na identificação de drogas, poluentes ambientais, pesticidas, etc^{3,4}. Porém, a espectroscopia Raman entra em desvantagem com técnicas como fluorescência ou infravermelho, por possuir baixa seção de choque. A intensidade do espalhamento Raman depende do número de espalhadores, como pode ser visto na equação 1³:

$$P = N \cdot \sigma \cdot I \quad (1)$$

A qual P é a potência do sinal Raman, N é o número de moléculas espalhadoras, σ é a seção de choque e I é intensidade do laser. Como a seção de choque do espalhamento Raman é pequena, o efeito só é visto para intensidades de luz relativamente altas.

Uma maior utilização desse efeito requer uma intensificação dele. Foi justamente uma intensificação no sinal Raman observado em 1973 com a utilização de piridina em eletrodos de prata, que em 1974 obteve a primeira publicação por Fleischman, Hendra e McQuillan sobre o fenômeno conhecido como SERS (*Surface Enhanced Raman Scattering*)⁵. Este é observado comumente em superfícies de prata, ouro e cobre^{3,6}. Quando há uma associação do efeito SERS com o Efeito Raman ressonante o fenômeno é chamado de SERRS (*Surface Enhanced Resonance Raman Scattering*).

Em alguns casos, o comprimento de onda do Espalhamento Raman ocorre na mesma região do espectro de fluorescência. Como ele é um efeito não linear, normalmente é muito mais fraco que a fluorescência e portanto, de difícil observação. Essa dificuldade pode ser superada com o aumento da eficiência Raman, de até 10^{14} , através do efeito SERS³ representando a

medição do espalhamento Raman por uma única molécula [single molecules]. Sendo assim, superfícies SERS são comumente utilizadas como ferramentas na espectroscopia Raman.

Existem dois modelos quanto ao surgimento do Efeito SERS: o químico ou molecular e o modelo eletromagnético⁴. Este último, descreve a intensificação do campo eletromagnético na proximidade de uma nanopartícula metálica ou superfície rugosa de um metal devido à interação com os plasmons de superfícies – gás formado por elétrons de condução⁴. Assim, o modelo eletromagnético explica o efeito SERS como sendo independente do contato entre as moléculas^{6,7}. Já o modelo molecular, considera a interação das moléculas espalhadoras com a superfície, onde é levado em conta as ligações químicas, interações eletrostáticas gerando a modificação da polarizabilidade e transferência de carga como principais estimulantes do efeito. Este modelo contribuiu apenas com 2 ordens de grandeza em média do efeito total⁴.

Um fator relevante para o aumento do efeito é a rugosidade da superfície, pois, são exatamente estas irregularidades associadas a dispersão das nano partículas quanto a estrutura da superfície que irão garantir a existência de pontos com intensificação do campo eletromagnético. Para superfície lisas a ressonância magnética é nula e a contribuição dos fatores químicos intrínsecos não são suficientes para a detecção^{6,7}.

A intensificação do Espalhamento Raman pelo emprego do efeito SERS possibilitou o surgimento de inúmeras patentes sobre o sequenciamento do DNA e a identificação das moléculas e suas interações em células e membranas está motivando diversas pesquisas na área, o que demonstra a potencialidade deste campo de estudo em aplicações em farmacologia e medicina^{3,8}.

A descoberta do efeito SERS ocasionou uma série de pesquisas para otimização deste, assim começaram os testes para a procura de substâncias, sais ou componentes que apresentassem um incremento do sinal Raman. Existem dois métodos principais na preparação de substratos, o primeiro foi publicado em 1978 por J. Alan Creighton⁹. O seu método utiliza como produtos principais a piridina e o nitrato de prata. A solução de prata é preparada pela redução de 10^{-3} mol de AgNO_3 em uma solução colocada em banho de gelo de 2×10^{-3} mol de NaBH_4 . A solução final é misturada vigorosamente e apresenta um coloração amarelada. A agregação das partículas é proporcionada pela adição de piridina que modifica a coloração da solução até um azul-esverdeado e continua com um pico de absorção em 400nm.

O segundo método de preparação, foi proposto por Lee e Meisel¹⁰ em 1982. O artigo apresenta 3 tipos de solução de prata, sendo as duas mais empregadas a utilização de AgNO_3 com NaBH_4 e AgNO_3 com nitrato de sódio.

A primeira solução é preparada pela adição de uma solução de 5×10^{-3} M de AgNO_3 em 300mL a qual foi adicionada gota a gota uma solução colocada em banho de gelo de 2×10^{-3} M NaBH_4 . Como estabilizante, foi adicionada uma outra solução de 1% de PVA em 50mL durante a redução da prata. O volume final foi ajustado para 500 mL. A coloração final é amarronzada e apresenta absorção máxima em 400nm.

A segunda solução apresentada por Lee and Meisel e considerada o procedimento de referência para os artigos posteriores, foi preparada pela dissolução de 90mg de AgNO_3 em

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

500mL de água e colocada para ferver em uma manta aquecedora. Uma solução de 1% de Citrato de Sódio em 10mL foi adicionada, e a solução continuou a ferver por um longo período de tempo. O resultado final foi uma solução amarela-esverdeada com absorção máxima em 420nm¹⁰.

Depois da publicação destes procedimentos principais, alguns artigos foram publicados posteriormente propondo a adição de alguns sais para o aumento da agregação de nanopartículas. Katrin Kneipp¹¹ publicou um artigo em 1994 no qual utilizou o procedimento de referência proposto por Lee and Meisel e adicionou uma solução de 1M de NaCl na proporção de 1:5. A adição do sal levou a aglomeração das nano partículas de prata o que causou uma modificação no espectro padrão, sendo favorável a intensificação do SERS. Depois da adição do sal, ele utilizou o estabilizante PVA, uma vez que o espectro é susceptível a mudanças com o passar do tempo.

Quanto maior a aglomeração das nano partículas maiores as probabilidades de formarem regiões onde o campo eletromagnético é mais intenso. Quanto a radiação incide nesses pontos específicos com intensificação do campo, o efeito SERS possui um aumento significativo e consequentemente a intensidade do espalhamento Raman é aumentada.

A aglomeração das nanopartículas pode ser observada com a análise do espectro de absorção. O parâmetro a ser observado é a calda do espectro após o pico de absorção. Quanto maior a amplitude da calda maior aglomeração. Assim a caracterização das soluções podem ser realizadas de 386nm até 700nm.

O borohidreto de sódio deve ser adicionado em excesso em relação ao nitrato de prata pois além de reduzir a prata ele é responsável pela estabilização da solução, o borohidreto adsorve nas partículas de prata envolvendo-as e estabilizando os sítios de nucleação, como esses sítios de nucleação chamados de clusters são envolvidos pelo borohidreto que terá o mesmo sinal de carga, os clusters ficam dispersos por conta da repulsão eletrostática. A ilustração dos sítios de nucleação está mostrada na figura 1.

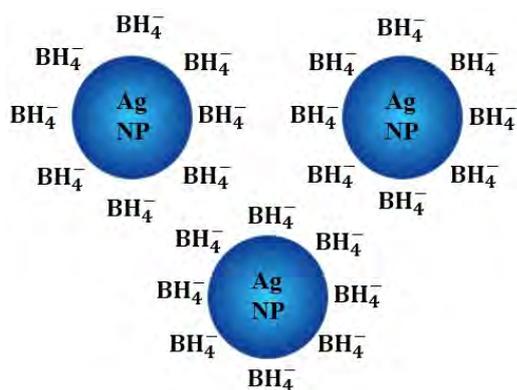


Figura 1. Ilustração dos sítios de nucleação adaptado de Melo Jr et al, 2012¹³.

A adição de eletrólitos na solução padrão das nano partículas como o NaCl e o AgNO₃, por se tratarem de sais eles ionizam em água e atraem o borohidreto por conta de sua carga de sinal

oposto, assim as partículas de prata se agregam. A agregação das nano partículas resulta em um pico de absorção deslocado para maiores comprimentos de onda de excitação^{6,14}.

Outra característica interessante é que a utilização de estabilizantes fortes como o borohidreto de sódio ocasionam na síntese de partículas de tamanho reduzido e que estão dispersadas homogeneamente. Já a utilização de estabilizantes fracos como o citrato de sódio resulta em uma redução mais lenta da prata gerando um gradiente de dispersões^{12,16}.

A agregação das nano partículas a depender de sua geometria geram áreas onde o domínio eletromagnético é maior, essas áreas chamadas de “hot spots” são extremamente úteis para a amplificação de efeitos ópticos de segunda ordem como o espalhamento Raman. Este trabalho descreve o processo de sintetização das soluções coloidais de prata e a sua caracterização quanto a absorção. O método padrão utilizado foi proposto por Solomon¹⁴ e adaptado de acordo com os artigos de Lee e Meisel, Kneipp e Oliveira^{5,8,15}.

2. METODOLOGIA

A solução de potassa alcóolica utilizada para a limpeza de vidrarias foi preparada através da mistura de 200mL de álcool etílico 95%, 24mL de água destilada e 24g de hidróxido de potássio 85%¹³. A solução foi deixada por 5 minutos em todas as vidrarias a serem utilizadas, e depois estas foram enxaguadas com água destilada.

Em um Becker foram adicionados 500mL de água deionizada e 0,085g de AgNO₃ 90%, 10mL desta solução nitrato de prata foi colocada em uma bureta posicionada através de um suporte universal. Em um outro Becker foram adicionados 500mL de água deionizada e 0,038g de NaBH₄, 30mL da solução de borohidreto de sódio foram colocados em um Erlenmeyer previamente colocado em um banho de gelo. Esta solução foi colocada em agitação constante e a solução de prata foi adicionada gota a gota. Após a adição de toda a solução de prata obteve-se uma solução amarela nomeada de solução padrão das nano partículas de prata. Esta solução foi dividida em sete recipientes de vidro com a tampa de plástico para evitar reações entre a solução e o recipiente. As amostras foram nomeadas de A até G. Os parâmetros modificados nas amostras estão expressos a seguir:

A: 5mL da solução padrão e adição de 45gotas da solução de NaBH₄

B: 5mL da solução padrão mais 10 gotas da solução de PVP, posto a agitação e adição de 20 gotas da solução de NaCl.

C: 5mL da solução padrão mais 20gotas da solução de NaCl posto a agitação e após adição de 10gotas da solução de PVP.

D: Solução padrão

E: 15 gotas de AgNO₃, adição de 15 gotas da solução de NaBH₄ e 0,10g de Citrato de sódio.

F: 5mL da solução padrão e adição de 30 gotas da solução de AgNO₃.

G: 5mL da solução padrão e adição de 0,15g de AgNO₃ sólido.

A solução de PVP foi preparada pela adição de 5g de PVP sólido em um Becker com 250mL de água deionizada. Já a solução de NaCl foi prepara através da adição de 14,61g de NaCl sólido em 250mL de água deionizada contida em um Becker.

O resumo dos reagentes adicionais nos diferentes frascos contendo 5mL da solução padrão são mostrados no quadro a seguir.

Identificação	Aditivos
A	Borohidreto de sódio
B	PVP e Cloreto de Sódio
C	Cloreto de Sódio e PVP
D	Sem aditivos
E	Nitrato de prata, Borohidreto de sódio e Citrato de Sódio
F	Nitrato de Prata em solução
G	Nitrato de Prata sólido

Quadro 1. Resumo dos aditivos na solução padrão.

O filme de prata foi produzido através da adição de 10mL da de uma solução de PVP com concentração mássica de 10% à 5mL da solução padrão proposta por Solomon. A solução resultante foi colocada em uma placa de Petri e colocada em uma estufa à 90°C por cerca de 10h e após este processo armazenada em uma capela fechada a vácuo pra evitar contaminação.

As curvas de absorção das amostras da solução padrão foram obtidas através do espectrofotômetro da Perkin Elmer Lambda 25. Este espectrômetro possui espaço para duas cubetas, uma delas é a referência, na qual você deve colocar o solvente de sua solução. Já a outra cubeta, é a sua amostra propriamente dita. Antes de colocar as cubetas, o espectrômetro foi ligado e estabilizado por 15 minutos. Em seguida, o espectrômetro passou pelo processo de “autozero” para descontar variações com o comprimento de onda da lâmpada de excitação, fotodetectores e óptica do espectrômetro. Após este ajuste, é adicionada a cubeta de referência e a de amostra. O software WinLab-Scanning é utilizado para controlar a aquisição dos espectros. A natureza das amostras (branco ou amostra), seu nome, número de replicatas e condições de varredura são especificadas no software. Após isto é necessário apenas apertar o botão *start* para começar a obter as curvas de absorção e trocar as cubetas com amostra quando requisitado pelo software.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medida que foram adicionadas as substâncias nas diferentes amostras da solução padrão ocorreram mudanças significativas em suas colorações. A solução “A” apresentou coloração amarela clara após a adição de borohidreto de sódio, esta coloração mais clara em comparação a solução padrão - representada pela amostra “D” - se deve a estabilização dos clusters de prata, que agora são eletrostaticamente repelidos por conta do invólucro formado pelo borohidreto³.

A solução “B” também apresentou coloração amarela clara, pois ocorreu o mesmo processo da solução A, ou seja, a estabilização da solução uma vez que a solução PVP, o estabilizante, foi colocado antes da solução de cloreto de sódio, assim impedindo a agregação.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A solução “C” não teve uma variação de coloração tão visível quanto as outras soluções. Neste procedimento a agregação foi favorecida pela adição da solução de cloreto de sódio antes da solução estabilizante de PVP, então pode-se inferir que a adição de eletrólitos Na^+ e Cl^- romperam o sítio de nucleação promovendo a agregação das nanopartículas. A cor resultante foi semelhante a coloração da solução padrão.

Já na amostra “E”, a mudança de coloração foi significativa obtendo uma cor marrom-acinzentada. Apesar da adição em excesso de nitrato de prata como fator para favorecer a aglomeração, também foi colocado em excesso o borohidreto de sódio, e outro estabilizante, a solução de citrato de sódio. A interação entre estas substâncias resultaram na coloração singular, por conta do desequilíbrio estequiométrico da solução.

A amostra F apresentou coloração amarronzada por conta da adição do nitrato de prata, quando o nitrato de prata é colocado em excesso na solução a amostra tende a uma coloração amarronzada como também foi observado na amostra E. A adição de nitrato de prata favorece significativamente a agregação, pois o nitrato em excesso é dissociado no meio aquoso atuando como eletrólitos que rompem o sítio de nucleação.

Por último, a amostra G, também foi produzida através da adição de nitrato de prata porém em estado sólido. Essa modificação de estado mesmo sendo a mesma substância gerou comportamentos diferentes em relação a amostra F. O nitrato de prata sólido não dissolveu facilmente na solução, ainda assim a agregação ocorreu e uma parte do nitrato ficou em suspensão, sendo necessária a agitação da amostra para a percepção da mudança de coloração. Quando muito tempo em repouso, a solução adquire uma cor quase transparente e é possível visualizar inúmeros pontos pretos indicando os pontos de aglomeração da prata. Quando agitada, a solução possui uma coloração grafite.

A figura com todas as amostras pode ser visualizada na figura 2.

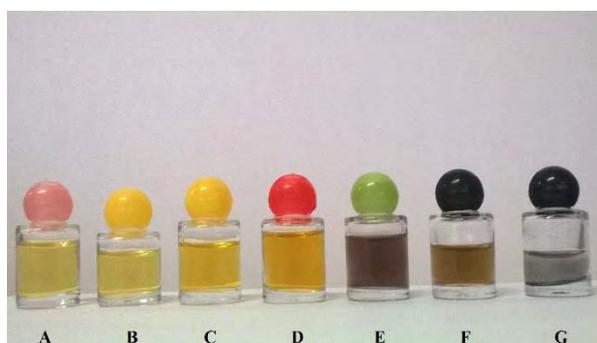


Figura 2. Amostras da solução de prata coloidal com seus diferentes aditivos.

Como foi discutido anteriormente, a presença de eletrólitos é um fator relevante para a agregação das nanopartículas. Porém, outro fator tão relevante quanto este é o período de armazenagem das soluções. Para evidenciar a atuação destes fatores a solução padrão foi colocada em uma cubeta e deixada em descanso na temperatura ambiente por cerca de três semanas. O espectro de absorção então foi obtido, bem como os espectros da solução padrão fresca, da solução padrão com adição de nitrato de prata, adição de NaCl e adição de NaCl e PVP. As curvas de absorção foram obtidas através do espectrofotômetro Lambda 25 e estão expressas logo abaixo na Figura 3.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

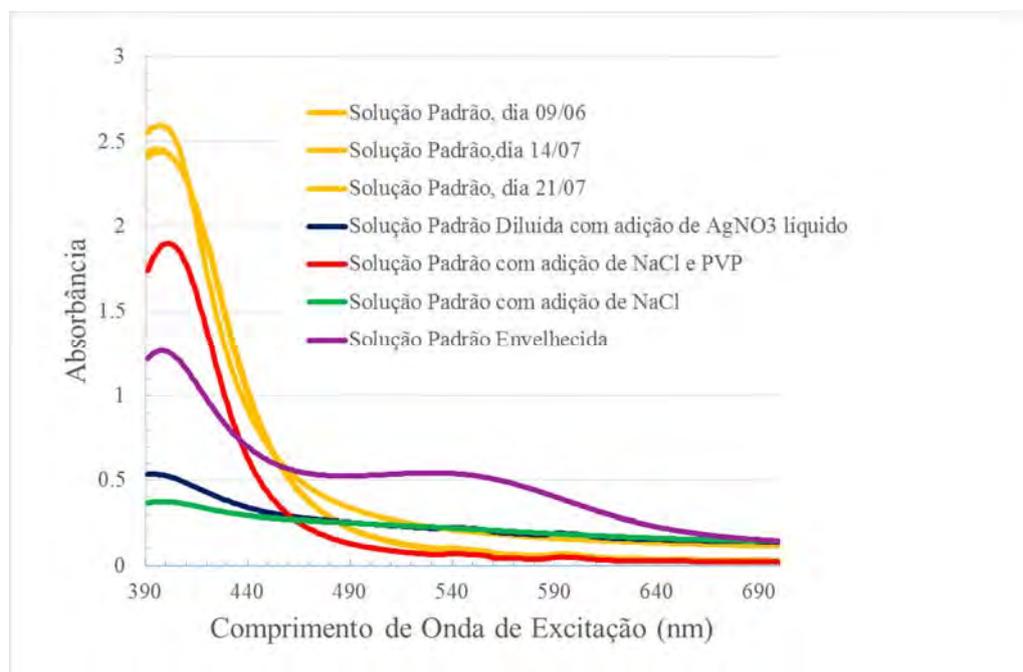


Figura 3. Curvas de absorção da solução padrão, da mesma envelhecida e com a adição de NaCl, AgNO_3 e NaCl e PVP.

Os espectros obtidos para três soluções padrões sintetizados em 3 datas diferentes mostram uma pequena variação em sua forma. Quando a solução padrão é envelhecida, seu espectro é modificado, com o surgimento de uma cauda acentuada no lado direito do espectro, indicativo de agregação das nanopartículas. Isto sugere uma reação do borohidreto de sódio com o ar e a água ao longo do tempo e consequente diminuição de sua concentração e ação estabilizadora das nanopartículas de prata. Dessa forma, o nitrato de prata fica em excesso na solução na forma de eletrólitos, favorecendo assim a agregação das nanopartículas. Este aumento relativo da cauda também é visto, de forma mais acentuada, no espectro obtido com a adição de uma solução de nitrato de prata à solução padrão. A adição de solução de cloreto de sódio produz um efeito similar ao da solução de nitrato de prata, com aumento da absorbância para comprimentos de onda acima de 460nm. A solução padrão com adição de NaCl e PVP apresenta um espectro com forma muito semelhante ao espectro da solução padrão, indicativo da atuação do estabilizante do PVP.

Através da solução padrão de prata coloidal foi produzido um filme que é mostrado na figura 4. Como a solução de PVP foi adicionada em excesso em relação a solução de prata, ocorreu a diluição da solução padrão, perdendo a coloração amarelada e se transformando em uma solução transparente.

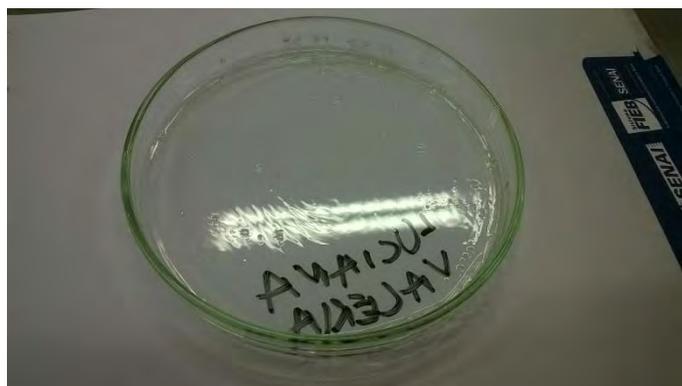


Figura 4. Filme preparado através da solução padrão de prata.

A limpeza das vidrarias com a potassa alcóolica é um fator importante para que nenhuma impureza seja precursora da agregação das nanopartículas. Esta solução deve ser preparada todo dia para as vidrarias a serem lavadas.

Uma observação importante é que a solução de borohidreto de sódio também deve ser feita todos os dias uma vez que a substância é muito reativa em água e assim necessita do banho de gelo para que essa reação seja mais lenta e possa ser adicionada a solução de nitrato de prata para que haja a redução.

4. CONCLUSÃO

O experimento de síntese de nanopartículas de prata, possibilitou a análise dos principais fatores de aglomeração: presença de eletrólitos e período de armazenagem. Através da análise do espectro foi possível a observação da potencialidade de agregação das nanopartículas, estando de acordo com a revisão bibliográfica. A adição de o cloreto de sódio ou nitrato de prata produzem alterações espectrais indicativas de aglomeração das nanopartículas de prata.

A adição do PVP teve um efeito estabilizador, produzindo espectros semelhantes ao da solução padrão. Verificou-se que o processo de agregação continua a ocorrer quando a solução padrão é armazenada a temperatura ambiente.

O processo de síntese da solução coloidal de nanopartícula de prata é simples porém é necessário uma preocupação com o grau de limpeza das vidrarias, pois quaisquer impurezas podem ser fatores de agregação. Por isso a vidraria deve ser lavada com potassa alcóolica a cada prática.

A mudança de coloração das amostras evidencia como a natureza da substância inserida modifica quimicamente a solução padrão. A caracterização por absorção se demonstra satisfatório na análise de agregação das nanopartículas. Desta maneira, o experimento obteve êxito na produção de coloides de prata à serem matéria prima para as superfícies SERS.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao CNPq a bolsa de Iniciação Científica de Luciana M. Borges.

REFERÊNCIAS

¹Nobel Prize Lectures. Disponível em:

<http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1930/raman-lecture.html>.

Acesso em: 30 janeiro 2015.

²de Faria, D.L.A; Santos, L.G.C. Uma Demonstração Sobre o Espalhamento Inelástico de Luz: Repetindo o Experimento de Raman. *Química Nova* **1997**, *20*(3), 319.

³Kneipp K; Kneipp, Harald; Itzkan, I; Dasari, Ramachandra R; Feld M.S. Surface-enhanced Raman scattering and biophysics. *Journal of Physics* **2002**, *14*, R597.

⁴Sant'Ana, Antonio C; Corio, Paola; Temperini, Marcia L. A. O efeito SERS na Análise de Traços: O papel das Superfícies Nanoestruturadas. *Quim. Nova* **2006** *29*(4), 805.

⁵Lee P.C; Meisel, D. The discovery of surface-enhanced Raman scattering. *Notes Rec. R. Soc.* **2009**, *63*, 105.

⁶de Faria, Dalva L. A; L.A, Temperini; Sala, Oswald. Vinte anos de efeito SERS. *Química Nova* **1999**, *22*, 4.

⁷Qin, Lidong; Zou, Shengli; Xue, Can; Atkinson, A; Schatz, G. C; Mirkin, Chad A. Designing, fabricating, and imaging Raman hot spots. *PNAS* **2006**, *103*(36), 13300.

⁸Kneipp, Katrin; Kneipp, H; Itzkan, Irving; Dasari, R. R; Feld, Michael S. Ultrasensitive Chemical Analysis by Raman Spectroscopy. *Chem. Rev.* **1999**, *99*, 2957.

⁸Kneipp, K.; Roth, E. Near-infrared excited surface-enhanced Raman spectroscopy of rhodamine 6G on colloidal silver. *Chemical Physics Letters* **1993**, *207*(4,5,6), 450.

⁹Creighton, J. Alan; Blatchford Christopher G; Albrecht M.Grant. Plasma Resonance Enhancement of Raman Scattering by Pyridine Adsorbed on Silver or Gold Sol Particles of Size Comparable to the Excitation Wavelength. *Química Nova* **1999**, *22*, 4.

¹⁰Lee P. C; Meisel, D. Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols. *J. Phys. Chem.* **1982**, *86*, 3391.

¹¹Kneipp, Katrin. Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols. *J. Phys. Chem.* **1982**, *86*, 3391.

¹²Abou El-Nour, Kholoud M.M; Eftaiha, Ala'a; Al-Warthan, A; Ammar, Reda A.A. Synthesis and applications of silver nanoparticles. *Arabian Journal of Physics* . **2009**, *63*, 105.

¹³Melo Jr., Maurício Alves; Santos, Lucas Samuel Soares; Gonçalves, Maria do Carmo; Nogueira, Ana Flávia. Preparação de Nanopartículas de Prata e Ouro: Um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. *Quim Nova* **2012**, *35*(9), 1872.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

¹⁴Solomon, Sally D; Bahadory, Mozghan; Jeyarajasingam, A.V; Rutkowsky, Susan. A; Boritz, Charles. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*. **2007**, 84, 322.

¹⁵Kneipp, Katrin. Near-Infrared Surface-Enhanced Raman Scattering (NIR SERS) on Colloidal Silver and Gold Sols. *Soc. Applied. Spec.* **1994**, 48(8), 951.

¹⁶Oliveira, Marcela M; Ugarte, Daniel; Zanchet, Daniela; Zarbin, Aldo J.G. Influence of synthetic parameters on the size, structure, and stability of dodecanethiol-stabilized silver nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*. **2005**, 292, 429.

¹⁷Leopold, Nicolae; Lendl, Bernhard. A New Method for Fast Preparation of Highly Surface-Enhanced Raman Scattering(SERS) Active Silver Colloids at Room Temperatura by Reduction of Silver Nitrate with Hidroxylamine Hydrochloride. *J. Phys. Chem. B* **2003**, 107, 5723.

PROPOSTA DE UM ESTUDO COMPARTIVO DE IMPRESSORAS 3D *DO IT YOURSELF OPEN SOURCE*

Leandro B. Santos¹, Roberto L. S. Monteiro² e Tereza K. G. Caneiro³

¹Instituição/Empresa SENAI CIMATEC, E-mail: lsbrito@gmail.com;

²Instituição/Empresa SENAI CIMATEC, E-mail: roberto@souzamonteiro.com;

³Instituição/Empresa UNCISAL, E-mail: terezakelly@globo.com;

RESUMO

A proposta deste artigo é apresentar um estudo comparativo de aspectos que são importantes ao escolher uma impressora 3D do tipo DO IT YOURSELF sob licença de uso Open Source no hardware e software, levando em consideração a sua área de impressão, a utilização de polímeros de Acrilonitrilo Butadieno-Estireno e de Ácido Poliláctico, qualidade e precisão da produção. A produção 3D faz parte da manufatura aditiva que propõem a produção de um objeto sem a necessidade de molde da peça desejada, esse tipo de produção é um forte aliado na prototipação de projetos de pesquisa e industriais dentro do contexto da engenharia de produção e principalmente na área de saúde através do desenvolvimento de próteses, moldes necessários para estudos científicos. A metodologia deste artigo é desenvolvida com a revisão teórica de alguns modelos de impressora 3D e como resultado, conseguimos obter através de uma comparação os principais recursos das impressoras avaliadas.

Palavras-Chaves: *Impressora 3d; FDM; FFF; DIY*

ABSTRACT

The purpose of this article is to present a comparative study of aspects that are important when choosing a 3D printer of type DO IT YOURSELF under Open Source license on the hardware and software, taking into consideration your print area, the use of polymers of acrylonitrile butadiene styrene and Polylactic acid, quality and accuracy of production. 3D production is part of additive manufacturing offering the production of an object without the need to mold the desired piece, this type of production is a strong ally in prototyping and industrial research projects within the context of production engineering and mainly in the area of health through the development of prostheses, casts needed for scientific studies. The methodology of this article is developed with the theoretical review of some 3D printer models and as a result, we were able to get through a comparison of the major features of the printers evaluated.

Keywords: *Print 3d; FDM; FFF; DIY*

1. INTRODUÇÃO

A fabricação rápida de Componentes, ou Rapid Manufacturing como é mais conhecido, é um processo de fabricação de objetos tridimensional. Este modelo de produção consiste no uso de tecnologia de fabricação aditiva de forma a produzir diretamente produtos usáveis ou partes dos mesmos (CUNHA, 2007). Existem várias denominações para a fabricação rápida, tal como produção direta, fabricação direta, prototipagem rápida e produção digital (HOPKINSON, 2006; GRENDA, 2006). Este modelo de produção é encontrado na manufatura de curto-prazo, na produção de peças diferenciadas ou reparações individualizadas. A impressão 3D faz parte deste tipo de manufatura e permite que os modelos de objetos produzidos promovam muitas vantagens nas várias áreas de aplicação.

Com a impressora 3D é possível imprimir praticamente qualquer objeto, para lazer, educação, área médica, partes de equipamentos industriais e etc. O diferencial deste tipo de produção está na produção sem a necessidade de moldes que servem para criar formas para o modelo conforme acontece nos processos de produção tradicionais. Um dos maiores benefícios da sua aplicação é na área de saúde que possibilita por exemplo, a produção de moldes para guias cirúrgicos, planejamento de tratamentos, impressão de objetos que serão utilizados para representar alguma estrutura anatômica específica do corpo humano, fabricação de próteses, tratamento de tumores, planejamento de radioterapia, design de implantes, design de instrumentos médicos e outras aplicações (GRENDA, 2005; GRANDO, 2005). Ainda nesta linha de produção, impressoras 3D vêm sendo usadas para fabricação de próteses de mãos de baixo custo, com acionamento puramente mecânico (ROBOHAND, 2015). Isso representou grande avanço, pois facilitou o acesso a esse tipo de prótese com baixo custo de produção.

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo comparativo de alguns modelos de kit impressoras 3D conhecidas como DIY (*Do It Yourself*) “tradução nossa” faça você mesmo e evidenciar alguns pontos como confiabilidade, documentação de apoio, comunidade de usuários on-line, dimensional da peça produzida, insumos, interface com usuário. Para isso será apresentada uma revisão bibliográfica sobre produção com manufatura aditiva, tipos de produção, tipos de polímeros, os modelos de impressoras 3D DIY. Ademais evidenciaremos os diferenciais entre os modelos que serão apresentados, destacando o modelo mais relevante.

Este estudo é relevante pois necessitamos de impressora 3D para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa de próteses que realizamos no nosso grupo de pesquisa. Este estudo pode ajudar também nos estudos da engenharia da produção, em projetos que necessitam projetar moldes, protótipos e modelos de

objetos que serviram para apoiar e apresentar o resultado de algum estudo principalmente na área da saúde. A comparação dos modelos também direciona outros interessados a entender e fazer a escolha pelo modelo que possa atender o seu projeto. Neste artigo vamos entender o que é a impressora 3D, alguns modelos DIY 3D, a metodologia utilizada para este estudo, ademais a comparação, os resultados e conclusão.

2. IMPRESSORA 3D

A capacidade de imprimir geometrias complexas é um dos maiores diferenciais da manufatura aditiva ou impressão 3D, que atualmente vem recebendo um grande destaque pelas suas possibilidades na área de produção de peças industriais e principalmente na área da medicina. O processo de produção de uma impressora 3D consiste no deposito da matéria prima em camadas lineares até formar todo o objeto que está sendo produzido (EESC, 2015).

Este processo é realizado através da extrusão que é um processo mecânico de produção de componentes de forma semicontínua onde o material é forçado através de uma matriz adquirindo assim a forma pré-determinada pela forma da matriz projetada para a peça. O processo de extrusão é executado com diversos polímeros que dependem da temperatura. No processo de produção o polímero passa pela extrusora com pressão e temperatura, através de um molde que deposita continuamente e que resulta na construção do objeto como uma peça sólida semiacabada ou também na forma de um vergalhão para ser fatiado no comprimento desejado. O processo de produção é limitado a quantidade de polímero disponível e no tamanho da peça a ser produzida. A figura 01 apresenta um modelo de extrusora de impressora 3D. Nesta imagem está em destaque a parte interna de um modelo de extrusora na qual podemos observar, que a matéria prima é que um filamento passar por algumas camadas interna da extrusora neste momento o polímero é aquecido para ser depositado sobre uma superfície sólida e desta forma a impressora cria a peça de baixo para cima ou seja da base até o ponto mais alto (PROTOFAST, 2015).

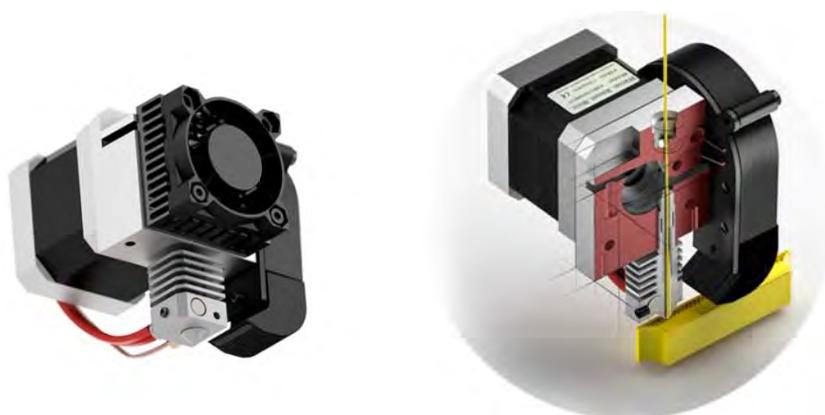


Figura 1. Extrusora e parte interna da extrusora (BQ, 2015).

Este tipo de tecnologia não é recente pois comercialmente está no mercado desde o final da década de 1980, porém nos últimos anos houve um salto tecnológico principalmente em sistemas embarcados e projetos de microcontroladora como o projeto Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, que foi projetada com um microcontroladora Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido e possível de ser programada com a linguagem de programação C (Project Arduino, 2015).

Atualmente existem diversas tecnologias, para a produção como a, produção rápida na qual a impressora 3D faz parte dentre essas a FDM (*Fused Deposition Modeling*), a FFF (*fused filament fabrication*) neste dois modelos, utilizam filamentos de polímeros como matéria prima. A SLA (*Stereolithography Apparatus*) é uma técnica que utiliza luz ultravioleta para curar resinas líquidas. Também existe o processo SLS (*Selective Laser Sintering*) que criar objetos 3D, a partir de material granulados de plástico, cerâmicas e metais (EESC, 2015). O modelo de impressora 3D DIY que serão comparadas utilizam a tecnologia FFF/FDM. Vamos entende-las.

Fused Deposition Modeling e Fused Filament Fabrication

O processo de Manufatura Aditiva através de extrusão de polímeros para impressora 3D pode utilizar duas tecnologias a FDM que é um dos mais conhecidos pela sua simplicidade e baixo custo, neste modelo utiliza um filamento que poderá ser de plástico, material biodegradável ou metal que é desenrolado de uma bobina e depositado sobre uma superfície até a peça ficar pronta. O FDM desenvolvido em 1988 por S. Scott Crump co-fundador da Stratasys Inc. (STRATASYS, 2015).

Outra modelo que utiliza o mesmo modelo de tecnologia é o FFF conhecido como fabricação por filamento fundido. Este modelo utiliza a mesma técnica do FDM, contudo devido a restrições de patente e contexto industrial ele foi cunhado pelos membros do projeto RepRap, devido às restrições do uso da sigla FDM registrada pela Stratasys Inc (PROFAST, 2015).

RepRap que é um projeto de código aberto para a construção de impressoras replicáveis, ou seja, é possível recriar e adaptar qualquer modelo disponível no projeto. Os projetos são colaborativos através de uma comunidade de desenvolvedores e usuários (RepRap, 2015). Os atuais modelos de impressoras 3D DIY estão disponíveis no site da RepRap essa foi a nossa fonte de pesquisa.

Polímeros para produção em impressora 3d

Para a produção de objetos na impressora 3D é comum a utilização de dois tipos de polímeros que são:

O ABS (Acrilonitrilo-butadieno-estireno) é um polímero amorfo produzido através da polimerização por emulsão ou massa do acrilonitrilo e estireno na presença de polibutadieno. Sua aplicação na indústria do plástico pode ser aplicada para filamentos de impressora 3d, tubulações, moldes e etc. na indústria de elétrica e

tecnologia é utilizada principalmente para a estrutura de computadores, máquinas de calcular, gps, *smartphone* e *tabletes* e etc (RESINEX, 2015).

O biopolímero PLA (ácido poliláctico) é produzido a partir da dextrose (açúcar) extraídas de materiais de fontes renováveis. É o bioplástico ou biopolímero mais popular e o único atualmente produzido em escala mundial, sua produção industrial é comum em produtos atóxicos (RESINEX, 2015).

A figura 2 apresenta o modelo de polímero que é utilizado PLA para impressora 3D, este mesmo modelo também é comercializado em ABS.



Figura 2. Bobina filamento em PLA utilizada impressora 3D DIY (BQ, 2015).

2. Kit IMPRESSORA 3D DIY

O termo DIY (*Do It Yourself*) atualmente é uma proposta muito utilizada para produção de impressoras 3D replicáveis. O DIY nasceu de uma ideologia na qual propõem que o próprio indivíduo possa criar, montar ou construir o que deseja em uma impressora 3D. Atualmente existem DIY sob licença *Open Source* para Hardware e Software e também modelos comerciais ambos, oferecem a produção através de FDM e FFF. Abaixo

3 METODOLOGIA E ESCOLHA DOS MODELOS DE IMPRESSORA 3d DIY

Foi realizado um estudo bibliográfico sobre os modelos de impressora 3D DIY, após esse estudo foram analisados e montados os modelos de impressora Prusa I3 Rework Prusa I3 Hephestos ambas são modelos melhorados de versões que serão apresentadas neste artigo.

3.1. Rostock MAX

A Rostock Max é um modelo de impressora que originalmente começou como uma campanha no site Indiegogo, que é um sítio de financiamento de projetos aberto ao público, o projeto conseguiu 777% de sua meta inicial de U\$ 10.000. Desde então, este modelo de impressora vem aumentando a sua popularidade. O seu modelo de robô estilo Delta ao invés de estilo cartesiano tradicional utilizada pela maioria dos

modelos, este robô foi desenvolvido por Reymond Clavel na Escola Politécnica Federal de Lausanne (EPFL), Suíça. Sua invenção tornou-se um dos mais bem-sucedidos projetos de robô paralelo do mundo (PARALLEMIC, 2015). A Rostock Max oferece uma precisão, posicionamento e velocidade de impressão maior que as demais máquinas. Este modelo de impressora tem alta velocidade e grande comunidade, contudo, a maioria reclama dos níveis de ruídos, falta de apoio para extrusão dupla e de difícil calibragem. A figura 3 apresenta o modelo da impressora Rostock MAX. Com esta impressora é possível imprimir em ABS e PLA e a dimensão de suas peças chega a 280 mm (RepRap, 2015).



Figura 3. Impressora 3D Rostock MAX (RepRap, 2015).

3.2. Mendei90, Prusa i3 Rework e Prusa i3 Hephestos

Mendel Prusa é um modelo que foi relançada pela comunidade do RepRap como diversas melhorias o que proporcionou a extensão e o lançamento de novos modelos como Mendeli90, Prusa i2, i3, i3 Rework, i3 Hephestos e outras mais.

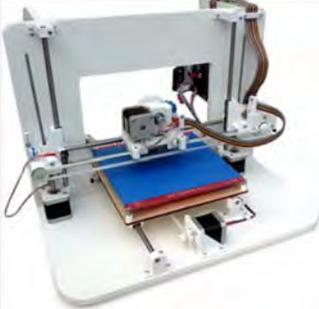
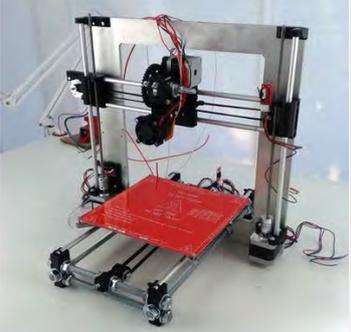
A Mendei90 Este kit DIY é largamente utilizada para usuários que estão iniciando a produção em 3D e não se preocupam com seu grande processo de montagem que pode ter cerca de 100 peças ao todo. O modelo Mendel tem uma grande contribuição na comunidade de impressoras 3d Open Source e muitos fabricantes vendem os kits customizados com novas ideias e melhorias. Este modelo de impressora trabalha com plataforma aquecida assim como as demais citadas neste artigo, e o seu projeto é bastante diversificado onde suas peças são fáceis de serem encontradas. Também é um modelo que constrói objetos com bastante qualidade em tamanho médio de 200 mm que poderá ser em ABS ou PLA. A maior queixa dos usuários está no nível de ruídos e nos programas de edição e produção 3d (3DHUBS, 2015).

A Prusa i3 Rework, é um modelo considerado como o terceiro modelo da impressora Prusa Mendel. Esta versão recebeu alteração na cabeça de impressão (bico da impressora) o suporte aos modelos de hotend Magma ou J-Head, foi adicionado uma ventoinha adicional para o hotend, o aumento das peças de apoio do eixo Y para aumentar a estabilidade da base, alteração do controle da tensão da correia,

alteração no fim de curso do eixo x e y, e as barras roscadas da mesa agora são do modelo 10M para uma maior estabilidade na impressora (RepRap, 2015).

O modelo Prusa i3 Hephastos é um modelo de impressora que é comercializado com kit DIY pela empresa BQ, empresa que revende kits de robótica, Telecom, e outros projetos de tecnologias. A proposta da BQ é apresenta um modelo de impressora Prusa i3 modificada para ser menos complexa no momento da montagem e calibração. As principais melhorias deste modelo são: sensores de fim de curso que foram desenhados pela própria BQ, o tensor de correia, suporte para a parte eletrônica e do LCD da impressora, suporte a ventoinha que não é encontrado em outros modelos Prusa, guia dos fios elétricos, a fonte de alimentação, extrusora do modelo Witbox, que foi projetado com corpo de aço inoxidável AISI 303, este material proporciona uma alta condução térmica que permite que o sistema alcance mais rapidamente a temperatura de impressão e uma camada de cerâmica para melhora estabilidade da temperatura e o manuseio do polímero, a figura 01 apresenta o modelo de extrusora, seu volume de impressão que poderá será de 21 cm e pode se estender (RepRap, 2015). A tabela 1 apresenta o modelo da impressora mendel90.

Tabela 1. Título da tabela (RepRap, 2015)

Mendel i90	Prusa i3 Rework	Prusa i3 Hephastos
		

3.3. Kossel

É uma máquina que tem com origem no projeto RepRap e foi nomeado posteriormente por Albrecht Kossel, um bioquímico alemão e pioneiro no estudo da genética. Esta impressora utiliza um robô estilo Delta assim como o modelo Rostock MAX. Ela oferece um grande precisão e alta velocidade, contudo o ABS é opcional nesta impressora, outro detalhe está no tamanho das peças que podem chegar a 170mm (RepRap, 2015). O modelo é apresentado na figura 5



Figura 5. Impressora 3D Kossel (RepRap, 2015).

3.4 Ultimaker

Foi lançada em 2011 sendo considerado um dos projetos mais antigos de impressão 3d DIY. Este modelo possui 7 revisões de melhoria ao longo dos anos de projeto. É um modelo bastante conhecido devido a sua idade, porém o custo para montar este modelo é o mais elevado dentre os demais. Uma queixa comum dos usuários está nos seus ruídos. Este modelo imprime em ABS e PLA com dimensão de 210 mm, superior aos demais apresentados. A sua comunidade garante a qualidade das peças produzidas, porém precisa de muitos ajustes o que necessita de um usuário intermediário para produção em 3d(3DHUBS, 2015). A figura 6 apresenta o modelo Ultimaker.

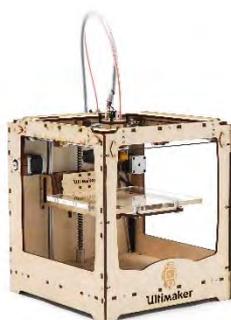


Figura 6. Impressora 3D Ultimaker (RepRap, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podemos observar que os modelos das impressoras 3d DIY, têm semelhanças no seu modelo e tipo de produção conforme é apresentado na tabela 2, contudo os modelos utilizam dois modelos de robôs como o chamado modelo de plano cartesiano tradicional e delta. Esses modelos são principais influências em kit DIY e passam por muitas variações. A

impressora que tem a maior variação de adaptações é a Mendel na qual podemos encontrar, Mendel original, Mendel Max, Prusa Mendel, Prusa i3, Prusa i3 Rework, Prusa i3 Hephestos.

Tabela 2. Comparação dos modelos das impressoras 3D DIY

	Polímero	Área de produção	Opens Source
Rostock MAX	ABS/PLA	280 mm	Sim
Mendel90	ABS/PLA	20 mm	Sim
Prusa i3 Rework	ABS/PLA	20 mm	Sim
Prusa i3 Hephestos	PLA	21 mm	Parcial
Kossel	ABS <i>opcional</i> /PLA	170 mm	Parcial
Ultimaker	ABS/PLA	21 mm	Sim

Este modelo de impressora 3d impulsionam os estudos e amadurecimento de novos modelos de impressora para produção em grande escala, maior dimensão das peças que são produzidas e principalmente a melhoria no acabamento das peças. Todos os modelos apresentados não fazem impressão colorida como ocorre em um processo de impressão 2d no papel.

4. CONCLUSÃO

A proposta deste estudo é apresentar os principais modelos de impressoras 3d DIY, é possível observar que os modelos oferecem resultados muito próximos uma das outras mais a sua estrutura física e modelo de robô de impressão pode direcionar ao tipo de produção que se deseja realizar. Acreditamos que este artigo promova o conhecimento nesta modalidade de impressora 3D para incentiva o estudo e o avanço na qualidade da impressão, alta produção e acima de tudo pesquisa para novas materiais primas e baixo custo de produção, acreditamos que os modelos de impressoras apresentados oferecem uma documentação oficial capaz de direcionar os leitores para outras informações técnicas.

5. REFERÊNCIAS

[1] Cunha, Antero; Macedo, Humberto; Lino, F. Jorge; Vasconcelos, Pedro; Neto, Rui J. L.; Freedom of Creation Lighting Objects Using Rapid Prototyping, FEUP, Porto, 1-4 April 2007

[2] Hopkinson, N.; Hague, R. J.; Dickens, P. M.; *Rapid Manufacturing an Industrial revolution for the digital age*; John Wiley & Sons, Ltd., England, 2006

[3] Grenda, Ed; *Printing the Future the 3D printing and rapid prototyping source book*; Castle Island Co.; USA, 2006

[4]Grando, Neusa, *Segmentação de Imagens Tomográficas visando a construção de modelos médicos*; Tese de PósGraduação em Engenharia Eléctrica e Informática

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Industrial, Centro Federal de Educação Tecnológica do Panamá, Curitiba, agosto 2005.

[5] Sítio da Robohand. Disponível em: < <http://www.robohand.net> >. Acesso em: 20 março 2015.

[6] Sítio da Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164>. Acesso em: 15 junho 2015

[7] Sítio da PROTOFAST. Disponível em <<http://protofast.com.br/blog/2014/11/03/extrusao-de-material-material-extrusion/>>. Acesso em 15 julho 2015.

[8] Sítio da Qb.com. Disponível em <<http://www.bq.com>>. Acesso em 10 fevereiro 2015.

[9] Sítio do Projeto Arduino. Disponível em <<http://www.arduino.cc>>. Acesso em 01 janeiro 2015.

[10] Sítio da Stratasys. Disponível em <<http://www.stratasys.com//search?q=fdm>>. Acesso em 10 julho 2015.

[11] Sítio do projeto RepRap. Disponível em <<http://www.reprap.org>>. Acesso 15 fevereiro 2015.

[12] Sítio da Resinex. Disponível em < <http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/abs.html>>. Acesso em 15 julho 2015.

[13] Sítio da PARALLEMIC. Disponível em <<http://www.parallemic.org/Reviews/Review002p.html> > Acesso em 25 Julho 2015.

[14] 3dHUBS. Disponível em <<https://www.3dhubs.com/>> Acesso em 10 Março 2015.

QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO E FATORES ERGONÔMICOS: ESTUDO DE CASO NA COORDENADORIA DE HABITAÇÃO DA SINDEC EM SALVADOR (BA)

Rosana dos Santos Carvalho¹, Alessandro dos Santos Reis², Eduardo Xavier de Góes³

¹Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, E-mail: rosscar@ig.com.br

²Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, E-mail: alexbahia_3@hotmail.com

³Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, E-mail: eduardoxgoes@gmail.com

RESUMO

A ergonomia visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente, podendo ainda influenciar na qualidade de vida do trabalhador. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os fatores ergonômicos e sua correlação com a produtividade dos funcionários da Coordenadoria de Habitação da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Habitação e Defesa Civil. Para tanto, adotou-se como procedimentos metodológicos observações *in loco*, entrevistas com funcionários através de questionários, e por fim a elaboração textual do artigo. Como resultados foi possível constatar algumas oportunidades de melhorias no que se refere à ergonomia dos equipamentos; à iluminação e aos ruídos das salas; à disponibilização de mesas e cadeiras, uma vez que boa parte dos funcionários entrevistados sinalizaram que os fatores ergonômicos influenciam na produtividade do setor estudado.

Palavras-chaves: Vida saudável, ergonomia, produtividade.

ABSTRACT

Ergonomics aims to establish parameters that allow adapting working conditions to the psycho-physiological characteristics of workers, in order to provide maximum comfort, safety and efficient, performance can influence the worker's quality of life. Therefore, aim of this study was to evaluate the ergonomic factors and their correlation with the productivity of employees of the Coordination of Property Municipal Infrastructure Department, Housing and Civil Defense. To this end it was adopted as methodological procedures observations *in loco*, interviews with employees through questionnaires, and finally the textual construction of the article. As a result it was possible to observe some opportunities for improvement with regard to ergonomics of the equipment; lighting and noise of the rooms; the availability of tables and chairs, since most of the respondents signaled employees ergonomic factors influence the productivity of the studied sector.

Keywords: Life healthy, ergonomic, productivity.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de vida no trabalho (QVT) vem se tornando cada vez mais uma preocupação para a Administração Pública e as organizações, devido à ligação que existe entre condições adequadas para realização de um trabalho e produtividade, podendo se destacar por vários itens que formam um conjunto de fatores que interferem no desempenho dos funcionários. Muitas empresas vêm buscando a melhor qualidade de vida no trabalho, estabelecendo programas que incentive a saúde do trabalhador investindo em projetos e estudos que contribuam com a qualidade de vida e maior produtividade para a organização. [2]

Assim, a ergonomia destaca-se como um fator de extrema importância no que se refere à qualidade de vida no trabalho, pois ela visa unir o conceito de produtividade em conjunto com os conceitos de eficácia bem-estar, no intuito de sua melhor adaptação ao trabalho. [3]

A Ergonomia é o conjunto dos conhecimentos científicos relacionados ao homem e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência [1]. É importante salientar que no Brasil, o Ministério Público do Trabalho e Previdência Social instituiu a portaria nº. 3.751 em 23/11/90 [3], a NR 17[3], que trata especificamente da ergonomia. Conforme a NR 17, a ergonomia visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Em outras palavras, a ergonomia esta relacionada com as condições gerais de trabalho, tais como, a iluminação, os ruídos, a temperatura e postura que geralmente são conhecidas como agentes causadores de males na área de saúde física e mental, mas que o estudo procura traçar os caminhos para a correção.

O ambiente de trabalho é um conjunto de fatores interdependentes que atua direta e indiretamente na qualidade de vida das pessoas e nos resultados do próprio trabalho. A falta da ergonomia e suas consequências são uma das causas da baixa produtividade e o desconforto, que entre as suas várias causas está diretamente ligada à adequação do corpo frente a um determinado equipamento. A questão da iluminação, que além de poder causar danos à visão, contribui significativamente na baixa da capacidade de produção de uma pessoa, quer seja em um escritório, indústria, como até mesmo em ambientes de trabalho mais sofisticados. Além disso, os ruídos e mudanças de temperatura também influem negativamente neste processo [3].

O desempenho da produtividade de uma organização depende das condições ergonômicas que ela disponibiliza procurando reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes. Proporcionando assim segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores para uma melhor qualidade de vida e que as atividades sejam executadas com mais motivação e empenho levando ao aumento da moral, conforto e melhoria nas comunicações entre os membros da equipe e dos fluxos de processo.

Vale ressaltar que o empregado estimulado pela inovação, uma vez que desenvolva aspectos saudáveis, que não agrave o indivíduo em seu âmbito físico e psicológico tem sido aprimorado principalmente pelas empresas bem-sucedidas e estas, portanto, tornam-se um diferencial no índice de desenvolvimento organizacional.

Para uma empresa a aplicação de métodos ergonômicos é essencial, pois reduz o absenteísmo, aumenta a produtividade, qualidade do produto, motivação e qualidade de vida no trabalho

proporcionando mais do que um posto de trabalho melhor, mas também uma qualidade de vida no trabalho satisfatória; além de levar a organização a um crescente desenvolvimento, contribuindo para que permaneça competitiva e obtenha o sucesso.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os fatores ergonômicos e sua correlação com a produtividade dos funcionários da Coordenadoria de Habitação da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Habitação e Defesa Civil – SINDEC, a partir de dados como suas atividades rotineiras, posturas incorretas e uso de equipamentos sem adaptações ao funcionário.

2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos, foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a ergonomia e os impactos desta no ambiente de trabalho e na produtividade do trabalhador, posteriormente realizaram-se observações *in loco*, entrevistas com funcionários através de questionários, e por fim a elaboração textual do artigo. O trabalho foi realizado conforme fluxograma das etapas da pesquisa (figura 1) mostrado a seguir:

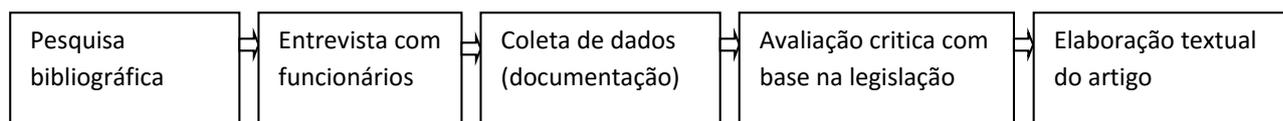


Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa

Fonte: Rosana Carvalho (2015)

A escolha por determinados setores ligados a Coordenadoria de Habitação, como referencial de pesquisa teve como agente impulsionador a acessibilidade que esta Coordenadoria oferece para pesquisar, e pelo pesquisador fazer parte do quadro de funcionários, podendo assim contar com a colaboração dos mesmos, que compreenderam a grande relevância do tema da pesquisa.

Vale mencionar que a Coordenadoria de Habitação possui a seguinte divisão conforme tabela abaixo:

Setor	Número de funcionário
Subcoordenadoria de Habitação de Interesse Social	02 funcionários
Setor de Planejamento de Habitação de Interesse Social	06 funcionários
Setor de Acompanhamento de Trabalho Técnico Social	06 funcionários
Setor de Orientação Técnica e Elaboração de Projetos/ Setor de Vistoria e Acompanhamento de projetos	12 funcionários
Setor de Apoio aos Programas Habitacionais	11 funcionários

Tabela 1 – Divisão da Coordenadoria de Habitação

Fonte: Rosana Carvalho (2015)

Esses setores foram escolhidos por estarem diretamente ligados a Coordenadoria de Habitação, onde o autor esta inserido, viabilizando dessa forma a verificação da deficiência dos fatores ergonômicos no ambiente de trabalho desses setores em questão.

Para realizar a pesquisa participaram 32 colaboradores, que trabalham nos setores citados acima. Os colaboradores realizam atividades, que tem por finalidade planejar, elaborar e executar a construção de habitação social, onde compete, a Subcoordenadoria de Habitação de Interesse Social. O questionário aplicado possuía 26 questões, sendo 1 aberta e as demais fechadas com múltiplas escolhas. Posteriormente os dados foram tabulados e foram criados gráficos para as questões de 1 a 6 que permitiram uma avaliação das respostas obtidas.

Para avaliar os fatores ergonômicos e sua correlação com a produtividade dos funcionários da Coordenadoria de Habitação da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Habitação e Defesa Civil – SINDEC, tomou-se como base, dados relativos às suas atividades rotineiras, posturas incorretas, uso de equipamentos sem adaptações ao funcionário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens a seguir são apresentados os resultados referentes à pesquisa como o perfil dos participantes (sexo, nível de instrução e idade) e dados específicos da pesquisa (nível de satisfação, fatores ergonômicos).

Perfil dos entrevistados

Em relação análise do sexo dos participantes, verificou-se conforme apresentado na Figura 2 que 55% dos participantes são do sexo masculino e 45% do sexo feminino.

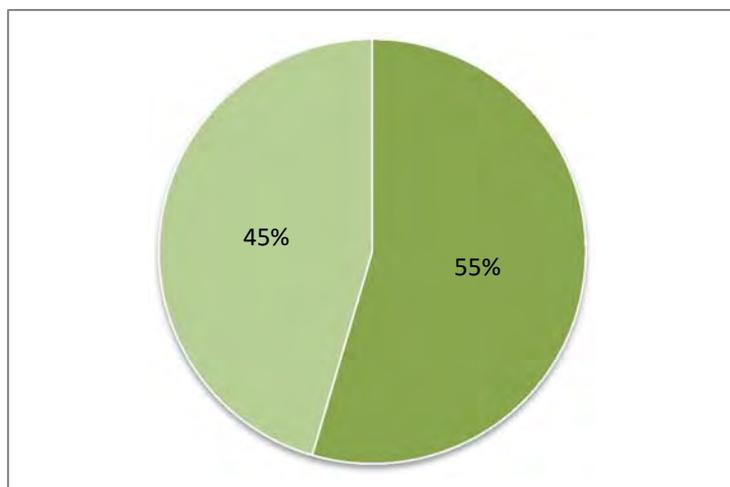


Figura 2 – Gráfico sobre sexo dos participantes.

Fonte: Rosana Carvalho (2015)

Em relação faixa etária dos participantes, verificou-se conforme Figura 3 que 47% dos participantes estão entre 20 a 30 anos, 19% estão entre 31 a 41 anos, 31% estão entre 42 a 52 anos e 3% estão acima de 53 anos.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

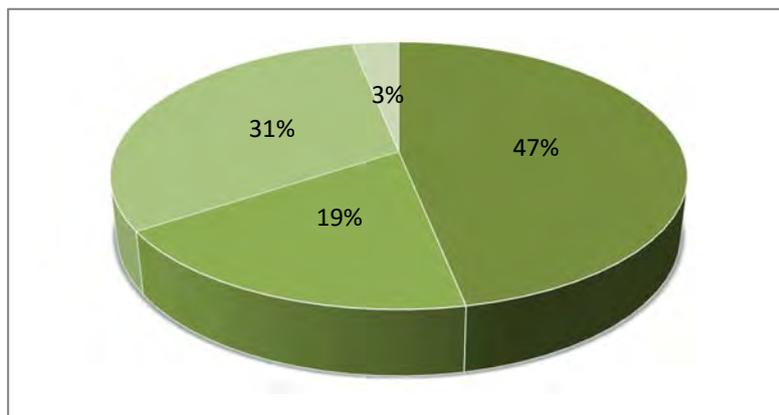


Figura 3 – Gráfico sobre a faixa etária.

Fonte: Rosana Carvalho(2015)

Em relação ao grau de escolaridades dos participantes, verificou-se conforme Figura 4 que 3% dos participantes tem Ensino Fundamental, 3% tem Ensino Médio Incompleto, 20% tem Ensino Médio, 41% tem Nível Superior Incompleto, 9% tem Nível Superior, 18% tem Pós Graduação e 6% tem Mestrado.

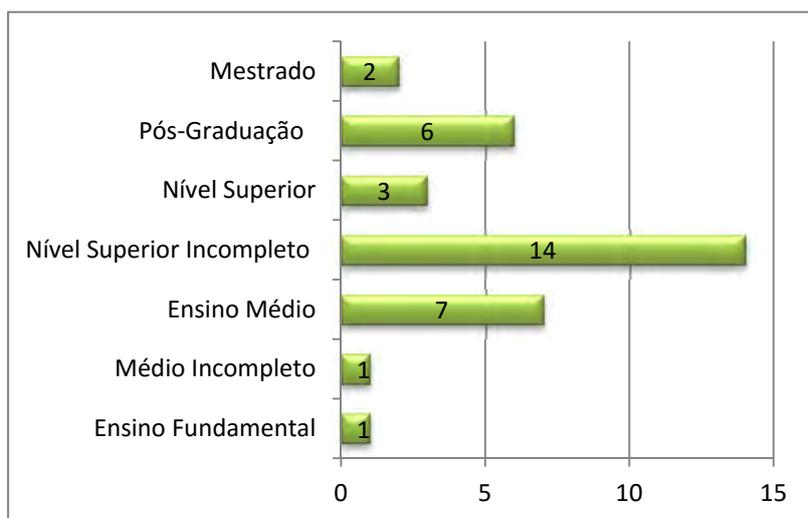


Figura 4 – Gráfico sobre grau de escolaridade.

Fonte: Rosana Carvalho(2015)

Em relação a função exercida no ambiente laboral pelos participantes, verificou-se conforme Figura 5 que 6% dos participantes exercem atividade administrativa, 10% são chefe de setor, 13% são assistente social, 9% são arquitetos, 6% são engenheiros, 6% são advogados e 22% são estagiários e 28% são atendentes.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



Figura 5 – Gráfico sobre o ambiente laboral, função exercida
Fonte: Rosana Carvalho(2015)

Em relação ao tempo de trabalho dos participantes na Secretaria verificou-se conforme Figura 6 que 3% dos participantes tem menos de 1 ano, 50% tem entre 1 a 5 anos, 25% tem entre 6 a 10 anos, 10% tem entre 11 a 15 anos, 3% tem entre 16 a 20 anos e 9% acima de 21 anos.

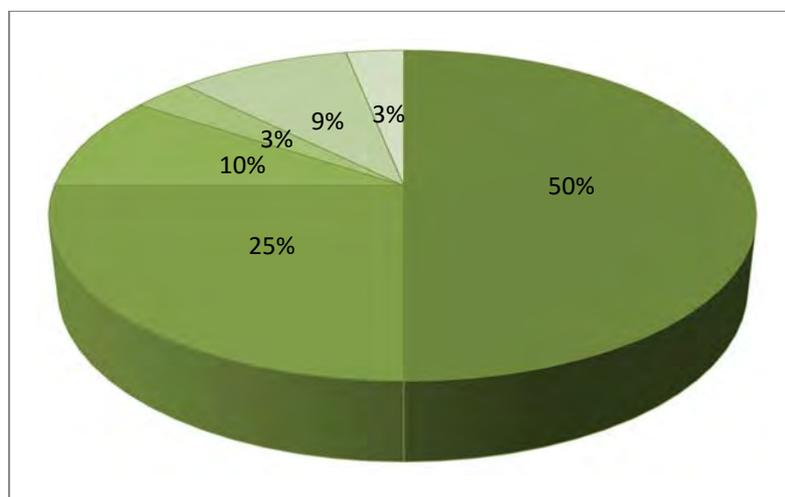


Figura 6 – Gráfico sobre tempo de trabalho na Secretaria
Fonte: Rosana Carvalho(2015)

Em relação ao nível de satisfação com a jornada de trabalho, conforme Figura 7 nota-se que 0% dos participantes estão totalmente insatisfeito, 91% estão satisfeito, 6% estão totalmente satisfeito, 3% estão insatisfeito, 0% estão indiferentes.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

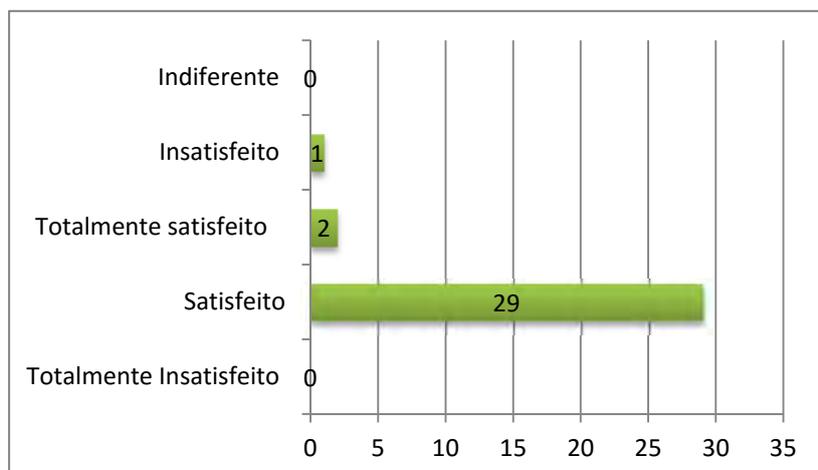


Figura 7 – Gráfico sobre Nível de satisfação com a jornada de trabalho

Fonte: Rosana Carvalho(2015)

Percepção sobre os fatores ergonômicos

No que se refere ao tempo de uso do computador, 21 (67 %) dos entrevistados responderam que utilizam o computador de 4h a 6h; 11 (33 %) dos entrevistados responderam que utilizam o computador de 6h a 8h. Nenhum dos entrevistados respondeu que utilizam o computador de por mais de 8h por dia

Sobre a mobília mesa, 2 (6%) dos entrevistados disseram ser muito desconfortável; 12 (37%) dos entrevistados disseram ser desconfortável; 11 (33%) dos entrevistados disseram ser Confortável; nenhum dos entrevistados disseram ser muito confortável; 8 (24%) dos entrevistados disseram ser Suportável. Quanto ao questionamento sobre mobília cadeira, 6 (19%) dos entrevistados disseram ser muito desconfortável; 11(34%) dos entrevistados disseram ser desconfortável; 9 (28%) dos entrevistados disseram ser Confortável; nenhum dos entrevistados disseram ser muito confortável; 6 (19%) dos entrevistados disseram ser Suportável.

Vale mencionar que a posição em que a pessoa está sentada pode ser confortável se as necessidades do corpo, principalmente relacionadas à circulação, forem atendidas. Ao sentar, devem-se evitar contrações musculares excessivas e prolongadas e manter as estruturas das articulações sem compressões e estiramentos [3]. É importante levar em consideração que a regra é nunca projetar um posto de trabalho contando apenas com o assento, mas também a superfície de trabalho com a qual o assento esta relacionada [4].

No que tange a iluminação da sala, 13 (41%) dos entrevistados disseram ser desconfortável; 12 (38%) dos entrevistados disseram ser Confortável; 2 (6%) dos entrevistados disseram ser muito confortável; 2 (6%) dos entrevistados disseram ser Suportável. Assim, cabe ressaltar que nível de iluminação interfere diretamente no mecanismo fisiológico da nossa visão, além da musculatura dos olhos, ou seja a iluminação é condição fundamental no desenvolvimento da tarefa, pois influencia de forma decisiva no comportamento do trabalhador e da eficiência [5]. Além nos níveis de iluminância em diversas atividades econômicas, a NBR 5413 traz

ainda uma classificação que pode fazer os valores aumentar ou diminuir de acordo com a idade do trabalhador.

No item sobre ruídos na sala, 1 (3%) dos entrevistados disseram ser muito suportável; 7 (22%) dos entrevistados disseram ser pouco suportável; nenhum dos entrevistados disseram ser insuportável; 24 (75%) dos entrevistados disseram ser Suportável. Trata-se de um importante fator a ser monitorado, visto que o trabalhador exposto a um ruído elevado ou incômodo, poderá apresentar consequências, como: cefaleia leve, sensação de ouvido cheio, fadiga auditiva, tontura, etc.

Ao perguntar se as tarefas desenvolvidas diariamente são compatíveis com a capacidade física, nenhum dos entrevistados disseram estar totalmente insatisfeito; 21 (66%) dos entrevistados disseram estar satisfeito; 6 (19%) dos entrevistados disseram estar totalmente satisfeito; 1 (3%) dos entrevistados disseram estar insatisfeito; 4 (12%) dos entrevistados disseram estar indiferente. Quanto ao ambiente de trabalho onde as tarefas desenvolvidas diariamente são seguro e saudável, 18 (56%) dos entrevistados disseram estar satisfeito; 4 (12%) dos entrevistados disseram estar totalmente satisfeito; 6 (19%) dos entrevistados disseram estar insatisfeito; 4 (13%) dos entrevistados disseram estar indiferente.

No entanto, ao perguntar como avalia a ergonomia no ambiente de trabalho, 5 (16%) dos entrevistados disseram ser péssima; 11 (34%) dos entrevistados disseram ser Ruim; 10 (31%) dos entrevistados disseram ser razoável; e 4 (13%) dos entrevistados disseram ser Boa e 2 (6%) dos entrevistados disseram ser Ótima. Isso pode ser evidenciado também no item sobre o nível de satisfação com a mobília (cadeiras, telas de computadores ajustadas, encostos nos pés e braços e etc.) se estar ergonomicamente correta, 9 (28%) dos entrevistados disseram estar totalmente insatisfeito; 7 (22%) dos entrevistados disseram estar satisfeito; nenhum dos entrevistados disseram totalmente satisfeito; 13 (41%) dos entrevistados disseram estar insatisfeito; 3 (9%) dos entrevistados disseram estar indiferente.

Adicionalmente, quando perguntado se o desempenho na Coordenadoria de Habitação é afetado pelo ambiente ergonômico e de que maneira, 4 (12%) dos entrevistados disseram ser afetados positivamente; 16 (50%) dos entrevistados disseram ser afetado negativamente e 12 (38%) dos entrevistados disseram que não são afetados.

Neste contexto, tais aspectos que devem ser observados diariamente na execução das tarefas executadas pelo trabalhador. A monotonia e a fadiga estão ligadas a todos os ambientes de trabalho e quando não podem ser eliminadas devem ser controladas, substituindo por ambientes mais motivadores, uma vez que influencia negativamente no desempenho do trabalhador [6]. Por fim, no item acerca dos sintomas contraídos através do trabalho desenvolvidos pelos colaboradores, em seu ambiente de trabalho como:

1. Dores na coluna: 2 (6%) dos entrevistados disseram Nunca sentir; 7 (22%) dos entrevistados disseram Raramente sentir; 15 (47%) dos entrevistados disseram As vezes sentir e 8 (25%) dos entrevistados disseram Sempre sentir.

2. Dores no pescoço: 4 (13%) dos entrevistados disseram Nunca sentir; 9 (28%) dos entrevistados disseram Raramente sentir; 10 (31%) dos entrevistados disseram As vezes sentir e 9 (28%) dos entrevistados disseram Sempre sentir.

3. Dores nos membros inferiores: 11(35%) dos entrevistados disseram Nunca sentir; 7 (22%) dos entrevistados disseram Raramente sentir; 11(34%) dos entrevistados disseram As vezes sentir e 3 (9%) dos entrevistados disseram Sempre sentir.

4. Dores nos membros superiores: 7 (22%) dos entrevistados disseram Nunca sentir; 9 (28%) dos entrevistados disseram Raramente sentir; 13 (41%) dos entrevistados disseram As vezes sentir e 3 (9%) dos entrevistados disseram Sempre sentir.

5. Dores nas articulações: 8 (25%) dos entrevistados disseram Nunca sentir; 8 (25%) dos entrevistados disseram Raramente sentir; 10 (31%) dos entrevistados disseram As vezes sentir e 6 (19%) dos entrevistados disseram Sempre sentir.

Diante desde contexto, sugestões podem ser implantadas nos setores da Coordenadoria de Habitação da SINDEC, com relação ao ambiente de trabalho, para que este possa ser desenvolvido com menos risco à saúde das pessoas que trabalham nesse local. Através das sugestões foi possível identificar os fatores que interferem na produtividade do espaço físico dos funcionários e na qualidade de vida, sendo necessárias adequações ergonômicas relativamente simples nos setores de trabalho.

Portanto, a partir dos dados coletados, sugeriu-se: melhorar a ergonomia dos equipamentos; melhorar a iluminação e os ruídos das salas; melhorar a disponibilização de mesas e cadeiras; realizar ginástica laboral; colocar cadeiras com encostos para os braços; colocar encostos para os pés; revisão nas instalações e na estrutura do prédio; implantação de horários para atividade física dos funcionários; troca de mobiliário, e ar condicionado sem ruídos; investir em ergonomia para melhorar a qualidade do ambiente de trabalho com mobiliários ajustáveis e mais confortáveis; melhorar os recursos de materiais que auxiliem no trabalho; redução do ruído do ar condicionado e do ruído do corredor que em alguns momentos influencia negativamente na concentração.

4. CONCLUSÃO

A análise se tornou importante pelo fato de avaliar os fatores ergonômicos da SINDEC, correlacionando com a produtividade e qualidade de vida dos colaboradores, e como fazer para melhorar cada vez mais esses cuidados para com seus trabalhadores. Contudo se faz necessário um maior envolvimento dos gestores e dos próprios funcionários, para entender os possíveis benefícios que eles poderão trazer para o ambiente interno.

Sabe-se que o trabalho na posição sentada e com computadores pode causar uma série de complicações, devido às posturas incorretas e uso de equipamentos sem adaptação ao funcionário, assim como problemas como iluminação, temperatura, ruídos, postura, mobiliários etc. Hoje, a ergonomia ganhou grande importância ao minimizar ou eliminar, em alguns casos, a fadiga e o “stress” decorrente das atividades laborais. Esta é a situação nos

setores da Coordenadoria de Habitação que se pretende estudar, pois no trabalho com computadores, é imprescindível uma análise dos riscos ergonômicos relacionados a posturas inadequadas e outros fatores ergonômicos inadequados presentes nos setores de trabalho.

Observa-se ainda que uma adequação ergonômica do setor de trabalho pode gerar impactos positivos na produtividade do trabalhador, sendo do interesse da organização. Nos setores em questão, são desenvolvidas atividades com computadores, e grande parte do tempo, os funcionários envolvidos nestas atividades permanecem na posição sentada diante do computador, estão expostos a uma luminosidade inadequada, e utilizando mobiliários inadequados.

5. REFERÊNCIAS

¹ WISNER, A., 1987, Por dentro do trabalho. Ergonomia: métodos & técnica. 1 ed. São Paulo, FTD/ Oboré.

² CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de Pessoas: O novo papel dos recursos humanos nas organizações. Rio de Janeiro: Campus, 2010.

³ BRASIL. Ministério do Trabalho. *Manual de aplicação da norma regulamentadora nº 17*. 2. ed. Poder Executivo, Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2002.

⁴ GEREMIAS, Rodrigo. Ergonomia. Joaçaba: Unoesc virtual, 2011. 68p.

⁵ IIDA, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção, 2ª Edição Revisada e Ampliada, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.

⁶ COSTA, L. Gomes. Análise ergonômica de postos de trabalho. Universidade do Minho. Escola de Engenharia.

⁷ MOTTA, Fabrício Valentim. Avaliação ergonômica de postos de trabalho no setor de pré impressão de uma indústria gráfica. Monografia de curso da Engenharia da produção.MG: 2009.

SEARCHING RESISTANCE MARKERS IN *SACCHAROMYCES SP.* UNDER ETHANOL STRESS BY PROTEIN PROFILING AND ULTRASTRUCTURE ANALYSIS

Edgard Freitas de Siqueira Junior¹, Celso Duarte Carvalho Filho², Antônio Ferreira da Silva³, Jéssica Guerreiro³, Edson Delgado Rodrigues⁴, Suzana Telles da Cunha Lima⁵

¹Instituto Federal Baiano, ²Faculdade de Farmácia e ³Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, ⁴Departamento de Ciências da Vida da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e ⁵Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA),

RESUMO

Saccharomyces cerevisiae é um importante modelo para investigar a resposta de levedura ao estresse ambiental. O presente estudo objetivou analisar o perfil de proteínas de diferentes estirpes sob estresse por etanol, a identificação de peptídeos com expressão aumentada e análise de alterações morfológicas. Os métodos utilizados foram SDS_PAGE e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados indicaram bandas mais fortes com pesos moleculares de 10 a 160 kDa, coincidindo com diferentes proteínas de choque térmico (HSP)s sintetizadas em resposta a condições de estresse. A ultraestrutura demonstrou alterações na morfologia como deformações na parede celular, dimorfismo de célula e brotamento, provavelmente como um comportamento de defesa. Apesar disso, todas as estirpes apresentaram fermentação bastante satisfatória, demonstrando serem apropriadas para bioprocessos industriais. As proteínas HSP são muito conservadas entre espécies e conhecidas por aumentarem a resistência dos diferentes organismos ao ambiente. Assim sendo, acreditamos que elas podem ser usadas como marcadores para a seleção de cepas mais apropriadas para processos de fermentação, não só em *Saccharomyces*, mas também entre as espécies não-saccharomyces.

Palavras-Chaves: *Saccharomyces cerevisiae*; marcadores proteicos; fermentação; etanol e HSP.

ABSTRACT

Saccharomyces cerevisiae is an important model to investigate the response of yeast cells to environmental stress. The present study aimed to analyze the protein profile of different strains under stress for ethanol, the identification of peptides with increased expression and analysis of morphological changes. The methods used were SDS_PAGE and scanning electron microscopy. The results indicated stronger bands with molecular weights of 10 to 160 kDa, coinciding with different heat shock proteins (HSP)s synthesized in response to stress conditions. The ultrastructural changes in morphology were deformation in the cell wall, cell dimorphism and

budding, probably as a defensive behavior. Nevertheless, all strains presented fairly satisfactory fermentation, demonstrating to be suitable for industrial bioprocesses. HSP proteins are very conserved between species and known to increase the resistance of different organisms to the environment. Therefore, we believe that they can be used as markers for selection of most suitable strains for fermentation processes, not only with *Saccharomyces*, but also using non-saccharomyces species.

Key-words: *Saccharomyces cerevisiae*; protein markers; fermentation; ethanol; HSP.

1. INTRODUCTION

The term fermentation derives from the Latin *fervere* (boil), due to the appearance of bubbles of carbon dioxide resultant from the yeast action over the fruit extract, or malt grains [1]. The alcoholic fermentation consists in the transformation of sugars into ethanol, carbon dioxide, and energy needed for maintaining vital activities [2]. Yeasts are the main organisms performing this catalytic action at industrial level. They are fungus, primarily under unicellular form, presenting vegetative reproduction by gemmulation, cell wall, spherical to ovoid or even filamentous to ellipsoid form. Many physical (temperature, osmotic pressure), chemical (pH, oxygenation, mineral and organic nutrients, inhibitors) and microbiological factors (species, stain and concentration of yeast, bacterial contamination) affect the yield of fermentation and the efficiency of converting sugar into ethanol [3].

The effective cost of ethanol production depends, among other factors, on the high yield and quick conversion of carbohydrates into ethanol. However, ethanol accumulated in the culture medium can become a significant stressor during fermentation. According to Silva and collaborators [4], during the process of fermentation a series of compounds that can act as potential inhibitors are originated, among them, secondary metabolites and contaminants, including the ethanol produced in the process. The high concentrations of ethanol have a detrimental effect on proteins, phospholipid bilayer (increasing fluidity and decreasing integrity) and other cellular components [5, 7]. As a consequence, there is limitation in growth and metabolic activity, as well as in the production of alcohol [6].

Simple fungi have evolved sophisticated mechanisms to detect and respond to environmental stimuli, enabling coordinated changes in cellular physiology, morphology and cell adhesion. Physiologically, ethanol causes an inhibition on the growth and viability of yeast because of its negative action on different transport systems (including permeases of amino acids), glucose cell signaling and activity of keys enzyme of glycolytic pathway [8] [9] [10].

Critical nutrient depletion also induces changes in morphology, including growth interruption and the formation of spores that can tolerate a wide variety of environmental stresses. Another resistance alternative is to growth dimorphic filaments, characterized by branching networks of chained cells or hyphae, forming a mycelium [11] [12]. This dimorphic switch is essentially modulated and can be activated by a wide variety of stimuli according to the lifestyle of the fungus.

The ability to quickly respond to variations in temperature, nutrients, as well as other environmental changes is essential to the general activity of the cell and its survival. The cells of *Saccharomyces cerevisiae*, when subjected to stress, develop a rapid molecular response to repair damage and protect structures [13]. These responses are characterized by the synthesis, among others, of a group of proteins called heat shock proteins or HSPs, which act as chaperones in the processes of folding after translation or denaturation for recovery of damaged proteins [14] [15].

Understanding the response of cells regarding to environmental changes is a topic of great interest because it could offer clues about the molecular apparatus that allow cells to adapt to new environments. At biotechnological level, it is an interesting topic since many molecules of financial interest increase their production under stress conditions (ex. biodiesel precursors and pigments of microalgae [16]).

The fact that *S. cerevisiae* has a completely sequenced genome allows rapid identification of genes involved in response to stress with a specific function, as well as identification of orthologs in other organisms. All these features make this yeast an excellent experimental model to study stress response.

The aim of this study was to evaluate protein expression of different *S. cerevisiae* strains under ethanol stress, identify the molecular weights of proteins with increased expression and relate them to others found in the literature. In addition to that, analyze by Scanning Electron Microscopy (SEM), the changes in the morphology of the *Saccharomyces bayanus* caused by ethanol stress.

2. MATERIALS AND METHODS

SAMPLES

Six starter strains of *Saccharomyces* (Table 01) were used for the fermentation of beer, wine, and bread. Dry brewer's yeast Safale S-04 Ale and Saflager S-189 Lager (LALLEMAND, Quebec) were used in this article under the code S04 and S189, respectively. Dry yeast for production of cachaça (Cenex-ICB-UFMG) was used under the code ScFC. Dry yeasts from wine production in the sub median São Francisco river (Lagoa Grande, PE, Brazil) were used under the code SbV (*Saccharomyces bayanus*) and ScVY (*Saccharomyces cerevisiae* unknown strain "y"). Instant Dry Yeast used in the production of bread (Dr. Oetker, São Paulo) was used under the code ScFP.

The method for preparing starter culture and stress-inducing conditions were the same as described by REIS [17] with modifications in the ethanol concentration, as described below.

Table 01 – Ethanol concentration and cell resistance for different strains of *Saccharomyces*. The X indicates that cells grew at the YEPD medium plate containing this concentration.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Strains	Concentration of Ethanol						
	3%	5%	7%	9%	12%	15%	21%
S04	X	X	X	X	X	X	
S189	X	X	X	X	X		
ScFC	X	X	X	X	X		
ScFP	X	X	X	X	X		
SbV	X	X	X	X	X		
ScVy	X	X	X	X	X		

ETHANOL STRESS

An yeast colony in a petri dish containing YEPD medium and 100µg of chloramphenicol was removed with a platinum loop and seeded in a chloramphenicol-free YEPD medium culture dishes containing 3%, 5%, 7%, 9%, 12%, 15%, and 21% of absolute ethanol (v/v). To make these chloramphenicol-free dishes ethanol was added to the still liquefied medium at 50-55°C and after solidification, the plates were sealed with *Parafilm*. All ethanol was incorporated and solidified with the medium. The inoculated plates were kept at 28° C for 7 days.

CELL LYSIS

The yeast samples were transferred to centrifuge tubes containing lysis buffer (100 mM PBS, 5 mM EDTA, 100 mM PMSF, pH 7.0). Glass beads (0.5 mm) were added and the tubes were vortexed by one minute to promote cell lysis and homogenization. This procedure was repeated four times at intervals of 1 minute under ice bath, followed by centrifugation at 850g for 2 minutes.

The supernatants were transferred to new tubes, identified and kept in ice bath. The lysis was repeated with the precipitate and the supernatants obtained were added to previous one. The total volume of the supernatant was homogenized, separated into aliquots and stored at -20°C.

PROTEIN QUANTIFICATION

The concentration of proteins was determined by the Bradford Method [18]. A bovine serum albumin (BSA) standard curve was plotted, with concentration of protein as a function of absorbance obtained at 595nm. The BSA curve was used for calculating the samples' protein concentration (mg/mL).

SDS-PAGE ANALYSIS

The SDS-PAGE gel was run at 75 volts (Gibco BRL Power Supply, Life Technologies) after preparation according to Laemmli [19] using Mini-protean cell Electrophoresis (Biorad). A standard concentration of 10 µg of protein was applied to each lane for assessment of expression levels. Many repetitions (at least five gels)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

were made for each sample for confirming the peptides (bands) with increased expression. The molecular weight was evaluated according to a standard marker for proteins (Protein Ladder BenchMark, Invitrogen) after staining with *Coomassie Brilliant Blue* (Invitrogen) or silver nitrate method [20].

MORPHOLOGICAL ANALYSIS BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)

Samples of *S. bayanus* grown in agar plates under different concentrations of ethanol (3%, 5%, 7%, 9%, 12%, 15%, and 21%) were attached to the surface of conductive carbon and metallized with gold using a sputter coater Desk V (Denton Vacuum, New Jersey) for SEM analysis.

The images were obtained with accelerating voltage between 5 and 20 KV in a Scanning Electron Microscopy JEOL KAL-6610LV with tungsten filament belonging to Electronic Microscopy Multi-user Laboratory (LAMUME-UFBA).

3. RESULTS AND DISCUSSION

YEAST GROWTH UNDER ETHANOL STRESS

There was no yeast growth at concentrations of 21% ethanol (v/v). The concentration of 15% (v/v) proved to be a limiting factor for the growth of most strains of *Saccharomyces* analyzed (Table 01). Only S04 grew at 15% ethanol (v/v) after 168 hours of culture. Apparently, lag phase adaptations to environmental stress extended the time needed to start log phase, which occurs later in these conditions, according to our observations.

PROTEIN EXPRESSION PROFILE AFTER ETHANOL STRESS

Ethanol levels starting at 3% showed increasingly expression of proteins with molecular weights between 10 and 160 kDa for all strains tested (Table 02).

Table 02 – Molecular weight of peptides (KDa) with increased synthesis during stress by ethanol by each yeast strain analyzed. X represents the presence of the peptide in SDS-PAGE.

MW (KDa)	ScFC	ScFP	SbV	ScVY	S-04	S-189
220						
160						X
120						
100	X					
90					X	X
80	X					
70		X	X			
60				X		

50	X	X	X	X	X	X
40			X			
30	X	X	X	X	X	X
25		X	X	X	X	
20	X	X				
18				X		
15			X	X	X	
10					X	

In strain S-189, used for beer fermentation, this feature can be reflected by slight increase in protein expression during stress. However, it is possible to see an upturn in proteins with 30, 50, 90 and 160 kDa (Figure 01).

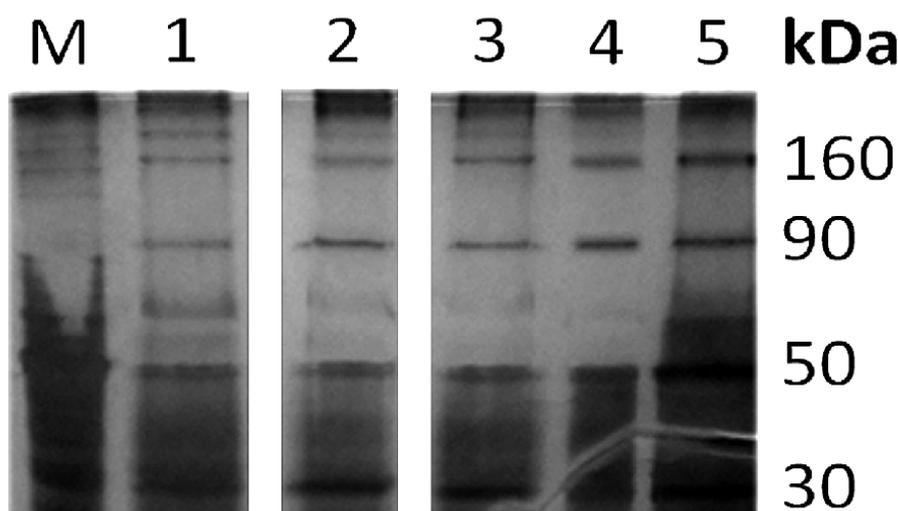


FIGURE 01 – Electrophoretic Profile (SDS-PAGE) of strain S189 under stress by ethanol (M= molecular weight marker, Lane 1= 3%, 2= 5%, 3= 7%, 4= 9%, 5= 12% of ethanol).

Strains ScVY and SbV, used in wine fermentation, presented a similar profile with increase in bands between 15 and 60-70 kDa (Figures 02 and 03).

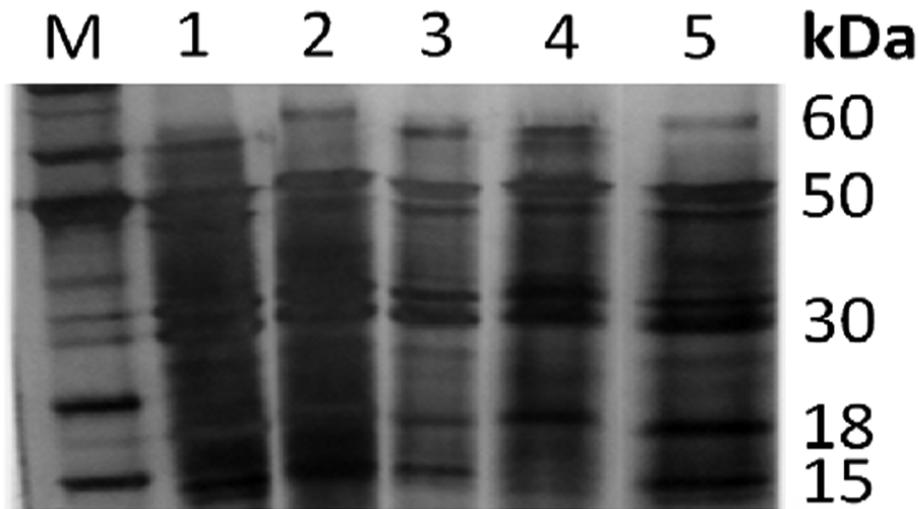


FIGURE 02 - Electrophoretic Profile (SDS-PAGE) of strain ScVY under stress by ethanol (M= molecular weight marker, Lane 1= 3%, 2= 5%, 3= 7%, 4= 9%, 5= 12% of ethanol).

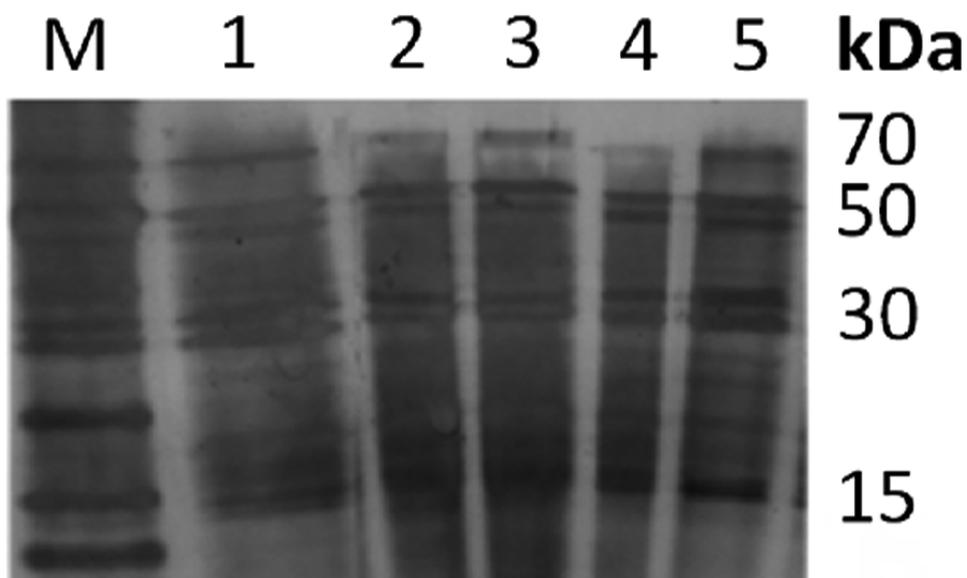


FIGURE 03 - Electrophoretic Profile (SDS-PAGE) of strain SbV under stress by ethanol (M= molecular weight marker, Lane 1= 3%, 2= 5%, 3= 7%, 4= 9%, 5= 12% of ethanol).

Ethanol is capable of destabilizing the hydrophobic interactions of the complex chaperones-HSP and activates thermal shock genes, increasing the concentration of HSP [39]. Cellular characteristics as accumulation of threalose [21] [22] [23], lipid

content of plasma membrane [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34], HSP104 activity [35], mitochondrial stability [36] and H⁺-ATPase activity [24] [25] [26] may be responsible for the variation of ethanol tolerance observed in different strains. The biosynthesis of ergosterol [37] and phospholipids [38] are other mechanisms used by yeast to develop tolerance to ethanol. A selection of genes involved in ethanol stress and related protein function is presented in Table 03. Data was gathered from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein> using: stress, ethanol and saccharomyces as search terms.

TABLE 03 - Relationship of some genes and proteins involved in stress by ethanol, according to protein database.

ORF	GENE	PROTEIN ACTIVITY	MW (Da)
YHR104W	<i>GRE3</i>	Aldose Reductase. Induced by thermal shock, osmotic (ethanol), ionic, and oxidative stress	37,188
YCR021C	<i>HSP30</i>	HSP induced by thermal shock, ethanol and organic weak acid.	37,044
YFL0144	<i>HSP12</i>	HSP induced by thermal shock, oleate, alcohol and osmotic stress.	11,693
YHR206W	<i>SKN7</i>	Transcription factor involved in osmotic regulation.	69,202
YLL026W	<i>HSP104</i>	HSP induced by thermal stress, ethanol and sodium arsenite.	102,034
YLR251W	<i>SYM1</i>	Thermal stress-induced protein used in the metabolism of ethanol.	22,915
YNL064C	<i>YDJ1</i>	Chaperonin HSP40 homolog involved in regulation of HSP70 and 90 during stress.	44,670
YBR072W	<i>HSP26</i>	HSP	23,879
YOL151W	<i>GRE2</i>	Methylglyoxal reductase induced by osmotic, ionic, oxidative, and thermal stress and heavy metals.	38,169
YPL223C	<i>GRE1</i>	Osmotic stress-induced protein	19,025
YPR006C	<i>ICL2</i>	Non-Functional Isocitrate Lyase. Ethanol-induced	64,976
YRE065C	<i>ICL1</i>	Isocitrate Lyase ethanol-induced and repressed by glucose	62,408
YHR076W	<i>PTC7</i>	Mitochondrial phosphatase 2C induced by ethanol and sustained by glucose	41,190
YPR093C	<i>ASR1</i>	Protein involved in the signaling pathway of putative response to alcohol. Accumulates in the nucleus under stress of alcohol.	33,347
YBR086C	<i>IST2</i>	Plasma membrane protein involved in osmotic tolerance.	105,856
YMR175W	<i>SIP18</i>	Osmotic stress protein	8,873

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

In the present work, all strains expressed a protein with molecular weight of approximately 33kDa that could be related to Asr1 (alcohol sensitive RING/PHD1). Asr1 is encoded by gene *ASR1/YPR093C* and was the first yeast protein found to be involved in a putative signaling pathway in response to alcohol. It accumulates in the nucleus when the cell is under stress [40] [41] as a signaling mechanism for cell growth in media containing high concentrations of alcohol. This protein represents a key element in tolerance to this kind of stress [40]. The HSP104, ATPase and IST2, with a molecular weight of approximately 100 kDa are expressed in response to stress by ethanol, but are also related to other stressors, such as heat, osmotic and sodium arsenate. [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47]. This molecular weight matches the same of the peptide with increased expression in ScFC strains analyzed in our work (Table 01 and Figure 04).

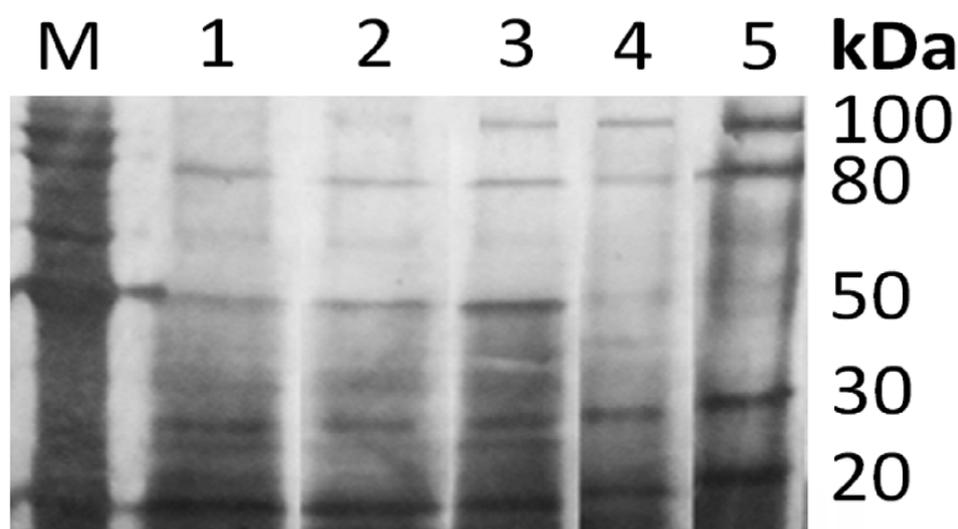


FIGURE 04 - Electrophoretic Profile (SDS-PAGE) of strain ScFC under stress by ethanol (M= molecular weight marker, Lane 1= 3%, 2= 5%, 3= 7%, 4= 9%, 5= 12% of ethanol).

Our results also show an increase in the expression of proteins with low molecular weight (Figure 02 and 03) and this finding is in agreement with recent studies that have confirmed the expression of several small HSP (sHSP) induced by ethanol. However, the low expression of at least one of these proteins, the HSP26, does not affect the tolerance for this kind of stress [48] [49]. The family of sHSP is composed of proteins with molecular weight between 12 and 43 kDa. They can form multimeric structures and display a wide range of cellular functions [50]. HSP12 on plasma membrane is induced by osmotic stress and suppressed in the presence of protein kinase A, having an important role in the maintenance of membrane organization in stress conditions [51] [52] [53]. According to PIPER et al. (1994) [54], Northern Blotting analysis of mRNA of BJ2168 strain showed increased expression of HSP26 in response to stress by ethanol. Increased tolerance to ethanol is inducible, often

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

taking place under the same conditions as those which lead to increased thermo tolerance [42] [55]. The toxic effect of ethanol can be evaluated by inhibition of glycolytic enzymes and in numerous biological processes, many of which are associated with cell membrane lipids [56].

Since HSP is highly conserved among many different organisms, at least for this protein it is easy to confirm identity through *western blotting* analysis using antibodies anti-HSP of the same molecular mass commercially available (*New England Biolab*). The extension of this work would be to confirm the identity of all proteins with increased expression under ethanol stress and use them as markers of more resistant strains from fruits and grains. This would increase the value of alcoholic beverages since the addition of *Saccharomyces* is implemented due to a low resistance of yeasts from grapes, sugar cane, wheat and barley.

MORPHOLOGY OF SACCHAROMYCES EXPOSED TO ETHANOL STRESS

Under normal growth conditions, without exposure to ethanol, oval and elliptical *S. bayanus* present themselves individually without the formation of budding, curls and deformations in the cell wall (Figure 05).

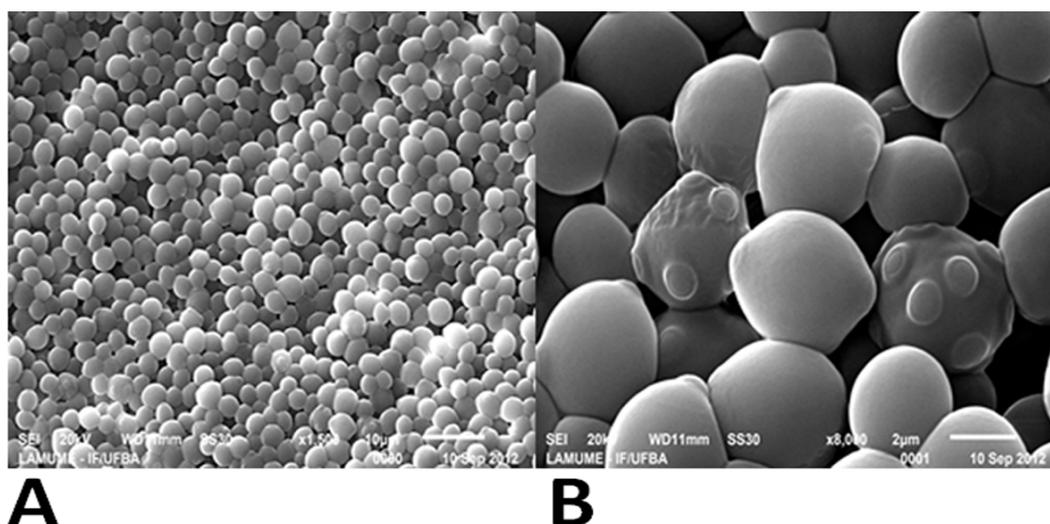


FIGURE 05 – *S. bayanus* grown in YEPD medium without ethanol. (A) Image increased 1.500 X; (B) Image increased 8.000 X

At 5% ethanol (Figure 06) it is possible to notice changes in the structure of the cell wall, cell morphology and reproduction mode. The morphology becomes more elongated and unipolar budding occurs (Figure 06B), with the daughter cells mechanically connected to the parent cell through protein interactions in the cell wall. Deformations in the yeast cell wall can be observed under these conditions.

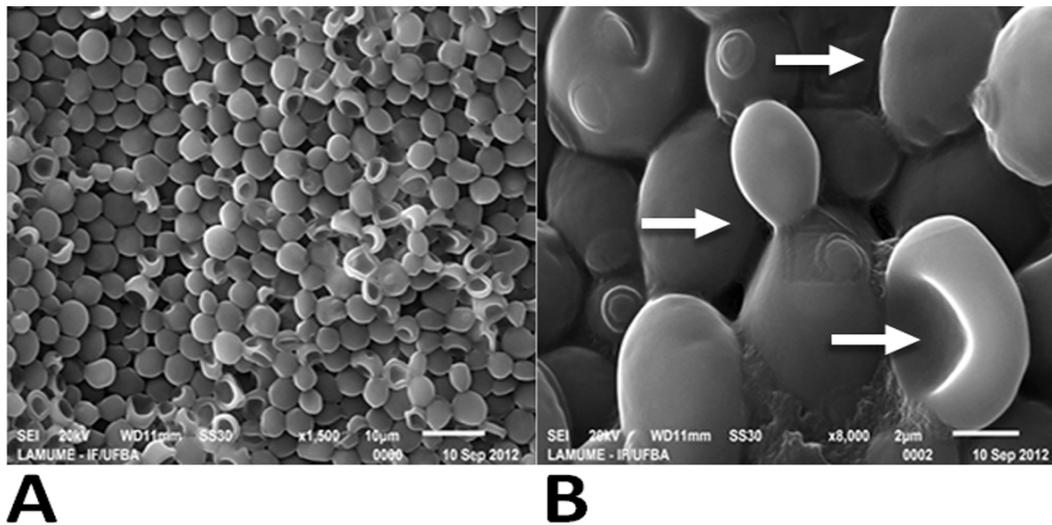


FIGURA 06 – *S. bayanus* grown in YEPD medium with 5 % ethanol. (A) Image increased 1.500 X; (B) Image increased 8.000 X

Higher concentrations of ethanol cause increasing deformations in the cell wall (figures 07A, B and 09) which can be a reaction to toxicity or a dehydration effect due to the increased concentration of alcohol.

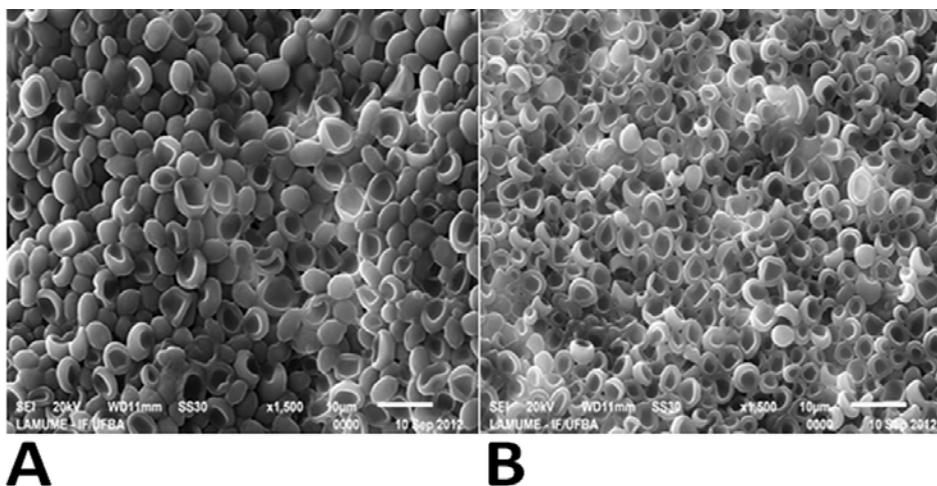


FIGURA 07 – *S. bayanus* grown in YEPD medium with (A) 7 % and (B) 12 % of ethanol. Image increased 1.500 X.

Figure 8 shows an amplified image of yeast under 9% ethanol and arrows point the formation of pseudohyphae, with aggregation of walls among cells.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

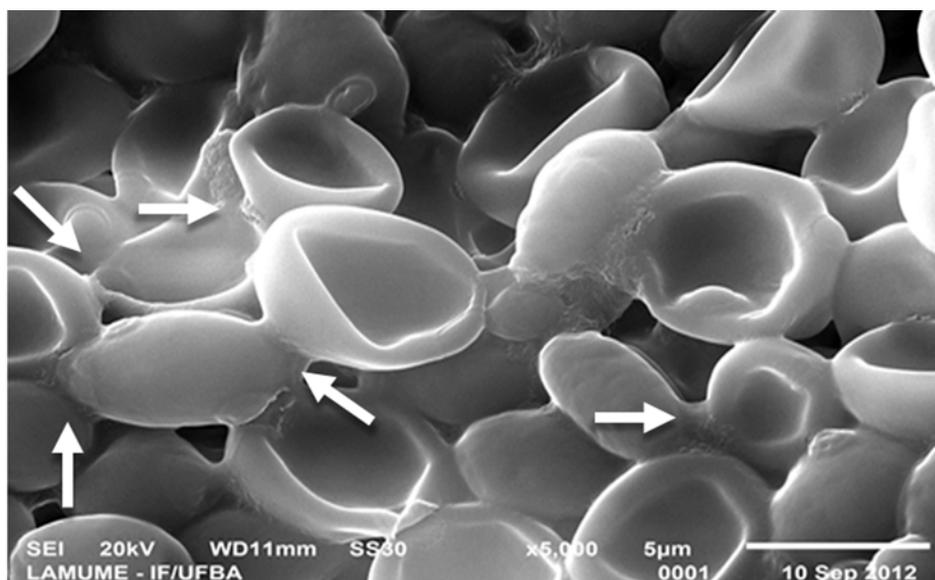


FIGURE 08 - *S. bayanus* grown in YEPD medium with 9 % ethanol concentration. Arrows indicate the formation of pseudohyphae. Image increased 5,000 X.

Although ethanol is the primary product of fermentation in *S. cerevisiae*, yeast produces a variety of other alcohols (mainly products of metabolism of branched chain amino acids) collectively known as fusel alcohols [57]. The morphology of the cells under higher concentration of ethanol found in the present study is very similar to that of cells exposed to fusel alcohols. Lorenz et al. (2000) [58] characterized the link between these morphological changes induced by alcohol and pseudohyphae. Isoamyl alcohol and butanol promote filamentous growth on solid medium, and elongated shape and filamentous in liquid medium. According to the author and also in our results, concentration of 9% ethanol (v/v) stimulated cells to a different behavior; the daughter cells do not separate from the parent cell after the budding, forming filaments or curls. Filamentous morphology of yeast can be a problem for the fermentation process. There is a tendency for the formation of cell aggregates of yeast in the form of foam at the top of the fermentation tank that reduces process efficiency [59]. According to POSSAS (2010) [60], pseudohyphae-shaped yeasts have disadvantages compared to single cells, with less ability to convert substrate into ethanol, due to a smaller area of contact with the environment. The formation in pseudohyphae is a self-protection mechanism aiming increased tolerance to formed ethanol, preventing the exposure of daughter cells to adverse factors.

4. CONCLUSION

Fermentation suffers the influence of factors such as ethanol concentration, pH, and temperature, among others. Strains of *S. cerevisiae* are characterized by good resistance to these fermentation conditions, which makes the species a good model for determining molecular markers of stress tolerance to be used in other strains. The use of molecular markers facilitates bioprospection of tolerant species, decreasing

the need for adding *S. cerevisiae* to the fermentation media. Most of these molecular markers found in our study were proteins with molecular weight equivalent to HSPs. Since those proteins are highly conserved among many different organisms, the next step of this work would be to confirm identity through *western blotting* analysis using anti-bodies anti-HSP of the same molecular mass of the peptides with increased expression under stress.

From the morphological point of view, it was observed that the increase in the concentration of ethanol in culture medium causes damage to the yeast, with dimorphism, growth of pseudohyphae, and formation of bunches. The reproduction by simple budding also changes to unipolar budding. These changes appear to be a defense response of the organism against adverse conditions, and may affect the efficiency of fermentation.

5. REFERENCES

- 1 - OLIVEIRA, E.R. **Histórico da fermentação alcoólica**. In: SEMANA DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA, 1960, Piracicaba: USP, 1960.
- 2 - SANTOS, D. ; GELINSKI, J.M.L.N., (2008) **Cultura iniciadora da fermentação de vinhos**. Evidência, Joaçaba v. 8 n. 1-2, p. 57-84, janeiro/dezembro 2008, In: KÖNIG, H., UNDEN, G. e FRÖHLICH, J. **Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine**. BerlinHeidelberg: Springer-Verlang,
- 3 - LIMA, U.A.; BASSO, L.C.; AMORIM, H.V., **Produção de etanol**. In: Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W. (Ed.) **Biotechnologia Industrial**, São Paulo: Edgard Blücher LTDA, cap.1, p. 11-20. 2001,
- 4 - SILVA, J. A. et.al. **Aplicação da Metodologia de Planejamento Fatorial e Análise de Superfícies de Resposta para Otimização da Fermentação Alcoólica**. Universidade Estadual da Paraíba. Química Nova. v.31. 2008.
- 5 - ROSE, A. H. **Composition of the envelope layers of Saccharomyces cerevisiae in relation to flocculation and ethanol tolerance**. *Journal of Applied Bacteriology*, Oxford, v.74, p. 110-118, 1993.
- 6 - GUERZONI, M. E., LANCIOTTI, R., SINIGAGLIA, M., ANESE, M., LERICE, C. R. **Influence of some selected ions on system water activity and on ethanol vapour pressure and its inhibitory action on Saccharomyces cerevisiae**. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v.40, n. 12, p. 1051-1056. 1994.
- 7- MISHRA, P.; PRASAD, R. **Relationship between ethanol tolerance and fatty acyl composition of Saccharomyces cerevisiae**. *Appl Microbiol Biotechnol* [S.I.], v. 30, p. 294–298, 1989.
- 8 - ALEXANDRE, H.; CHARPENTIER, C. **Biochemical aspects of stuck and sluggish fermentation in grape must**. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v.20,n. 1, p. 20-27, 1998.
- 9 - BISSON, L. - **The biotechnology of wine yeast**. *Food Biotechnol.*, **18**: 63-96. 2004.

- 10 - FERNANDES, P. M. B. et al. **Ácidos Graxos de Membrana e Trealose na Resposta de Levedura a Alta Pressão Hidrostática**. Universidade Federal do Espírito Santo- Vitória. 2008.
- 11 - GANCEDO, J. M. **Control of pseudohyphae formation in *Saccharomyces cerevisiae***. FEMS Microbiol. Rev., v.25, n.1, p.107-23, 2001.
- 12 - PALECEK, S.P.; PARITH, A.S.; KRON, S.J. **Sensing, signalling and integrating physical processes during *Saccharomyces cerevisiae* invasive and filamentous growth**. Microbiology, 148:893-907.2002.
- 13 - ESTRUCH, F. **Stress-controlled transcription factors, stress-induced genes and stress tolerance in budding yeast**. Federation of European Microbiological Societies Microbiology Reviews, Amsterdam, v. 24, p.469-486. 2000.
- 14 - JAKOBSEN, B.K., PELHAM, H.R.B. **A conserved heptapeptide restrains the activity of the yeast heat shock transcription factor**. The EMBO Journal 10, 369-375. 1991.
- 15 - MORIMOTO, R.I. **Cells in stress: transcriptional activation of the heat shock genes**. Science 259, 1409-1410. 1993.
- 16- BOUSSIBA, S.; FAN, L.; VONSHAK, A. Enhancement and determination of astaxanthin accumulation in green alga *Haematococcus pluvialis*. In: LESTER, P. (Ed.). **Methods in Enzymology**: Academic Press, v. 213, p.386-391, 1992.
- 17 – REIS, V.R. **Caracterização de linhagens selvagens de *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de processos fermentativos para produção de etanol**. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Da universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba –SP. 2011.
- 18 - BRADFORD M.M. - **Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilising principle of protein dye binding**. Analyt. Biochem. v. 72, p.248–254. 1976.
- 19 - LAEMMLI, U.K. **Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4**. Nature, **227**: 680-685. 1970.
- 20 - MORTZ, E. et al. **Improved silver staining protocols for high sensitivity protein identification using matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight analysis**. Proteomics, 1(11):1359-1363. 2001
- 21 - MANSURE, J. J. C., PANEK, A. D., CROWE M. & CROWE, J. H. - **Trehalose inhibits ethanol effects on intact yeast-cells and liposomes**. Biochim. Biophys. Acta, **191**: 309-316.1994
- 22 - SHARMA, S. C. - **A possible role of trehalose in osmotolerance and ethanol tolerance in *Saccharomyces cerevisiae***. FEMS Microbiol. Lett., **152**: 11 15. 1997.
- 23 - LUCERO, P., PEÑALVER, E., MORENO, E. & LAGUNAS, R. - **Internal trehalose protects endocytosis from inhibition by ethanol in *Saccharomyces cerevisiae***. Appl. Environ. Microbiol., **66**: 4456-4461. 2000.
- 24 - ROSA, M. F. & SÁ-CORREIA, I. - **In vivo activation by ethanol of plasma membrane ATPase of *Saccharomyces cerevisiae***. Appl. Environ. Microbiol., **57**: 830-835.1991.
- 25 - SUPPLY, P., DEXAERDE, A. D., ROGANTI, T., GOFFEAU, A. & FOURY, F. - **In-frame recombination between the yeast H⁺-ATPase isogenes Pma1 and**

- Pma2: insights into the mechanism of recombination initiated by a double-strand break.** Mol. Cell. Biol., **15**: 5389-5395. 1995.
- 26 - AGUILERA, F., PEINALDO, R. A., MILLAN, C., ORTEGA, J. M. & MAURICIO, J. C. – **Relationship between ethanol tolerance, H⁺-ATPase activity and the lipid composition of plasma membrane in different wine yeast strains.** Int. J. Food Microbiol., **110**: 34-42. 2006
- 27 - JIMENEZ, J. & BENITEZ, T. - **Adaptation of yeast cell membranes to ethanol.** Appl. Environ. Microbiol., **53**: 1196-1198. 1987.
- 28 - LLOYD, D., MORREL, S. CARLSEN, H. N., DEGN, H., JAMES, P. E. & ROWLANDS, C. C.– **Effects of growth with ethanol on fermentation and membrane fluidity of *Saccharomyces cerevisiae*.** Yeast, **9**: 825-833. 1993
- 29 - SAJBIDOR, J. - **Effect of some environmental factors on the content and composition of microbial membrane lipids.** Crit. Rev. Biotechnol., **17**: 87-103. 1997.
- 30 - CHI, Z. & ARNEBORG, N. - ***Saccharomyces cerevisiae* strains with different degrees of ethanol tolerance exhibit different adaptive responses to produced ethanol.** J. Ind. Microbiol. Biotechnol., **24**: 75-78. 2000.
- 31 - YOU, K. M., ROSENFELD, C. L. & KNIIPPLE, D. C. - **Ethanol tolerance in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* are dependent on cellular oleic acid content.** Appl. Environ. Microbiol., **69**: 1499-1503. 2003.
- 32 - TAKAGI, H., TAKAOKA, M., KAWAGUSHI, A. & KUBO, Y. - **Effect of L-proline on sake brewing and ethanol stress in *Saccharomyces cerevisiae*.** Appl. Environ. Microbiol., **71**: 8656-8662. 2005.
- 33 - SANCHEZ Y, et al. **Hsp104 is required for tolerance to many forms of stress.** EMBO J **11**(6):2357-64. 1992.
- 34 - PIPER, P - **The heat-shock and ethanol stress responses of yeast exhibit extensive similarity and functional overlap.** FEMS Microbiol. Lett., **134**: 121-127. 1995.
- 35 - AGUILERA, A. & BENITEZ, T. - **Role of mitochondria in ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*.** Arch. Microbiol., **142**: 389-392. 1985.
- 36 - IBEAS, J. L. & JIMENEZ, J. - **Mitochondrial DNA loss caused by ethanol in *Saccharomyces flor* yeasts.** Appl. Environ. Microbiol., **63**: 7-12. 1997.
- 37 - LEI, J., ZHAO, X., GE, X. & BAI., F. - **Ethanol tolerance and the variation of plasma membrane composition of yeast floc populations with different size distribution.** J. Biotechnol., **131**: 270-275. 2007
- 38 - CHI, Z. & ARNEBORG, N. - **Relationship between lipid composition, frequency of ethanol induced respiratory deficient mutants, and ethanol tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*.** Appl. Microbiol., **86**: 1047-1052. 1999.
- 39 - MAGER, W. H. & MORADAS-FERREIRA, P. **Stress response of yeast.** Biochem J **290**, 1-13.1993
- 40 - BETZ, C.; SCHLENSTEDT, G. & BAILER, S.M. **Asr1p, a novel yeast Ring/PHD finger protein, signals alcohol stress to the nucleus.** The J. Biolog. Chem. **279** (27): 28174–28181. 2004
- 41 - DING, J; HUANG, X; ZHAO. N; GAO. F; LU, Q & ZHANG, K. **Response of *Saccharomyces cerevisiae* to ethanol stress involves actions of protein Asr1p.** J. Microbiol. Biotechnol. **20**(12): 1630–1636. 2010.

- 42 - SANCHEZ, Y., TAULEIN, J., BORKOVICH, K. A. & LINDQUIST, S. **Hsp104 is required for tolerance to many forms of stress.** EMBO J 11, 2357-2364. 1992.
- 43 - GLOVER JR and LINDQUIST S **Hsp104, Hsp70, and Hsp40: a novel chaperone system that rescues previously aggregated proteins.** Cell 94(1):73-82. 1998.
- 44 - PARSELL DA, et al. **Protein disaggregation mediated by heat shock protein Hsp104.** Nature 372(6505): 475-8. 1994.
- 45 - PARSELL DA, et al. (1991) **Hsp104 is a highly conserved protein with two essential nucleotide-binding sites.** Nature 353(6341):270-3
- 46 - ROSA, M. F. & SÁ-CORREIA, I. - **In vivo activation by ethanol of plasma membrane ATPase of Saccharomyces cerevisiae.** Appl. Environ. Microbiol., **57**: 830-835. 1991.
- 47 - ROSA, M. F. & SÁ-CORREIA, I - **Ethanol tolerance and activity of plasma membrane ATPase in Kluyveromyces marxianus and Saccharomyces cerevisiae.** Enzyme Microb. Technol., **14**: 23-27. 1992.
- 48 - PETKO, L. & LINDQUIST, S. - **Hsp26 is not required for growth at high temperatures, nor for thermo tolerance, spore development, or germination.** Cell, **45**: 885-894. 1986.
- 49 - SUSEK, R. E. & LINDQUIST, S. L. **Hsp26 of Saccharomyces cerevisiae is related to the superfamily of small heat shock proteins, but is without a demonstrable function.** Mol Cell Biol9, 5265-5271.
- 50 - HORVÁTH, I.; MULTHOFF, G.; SONNLEITNER, A.; VÍGH, L. **Membrane-associated stress proteins: More than simply chaperones.** Biochimica et Biophysica Acta. v.1778, p.1653-1664. 2008.
- 51 - VARELA JC, PRAEKELT UM, MEACOCK PA, PLANTA RJ, MAGER WH. **The Saccharomyces cerevisiae HSP12 gene is activated by the high-osmolarity glycerol pathway and negatively regulated by protein kinase A.** Mol Cell Biol., 15(11):6232-45. 1995
- 52 - SIDERIUS, M. et al. **High-osmolarity signaling in Saccharomyces cerevisiae is modulated in a carbon-dependent fashion.** Microbiology 143 (Pt. 10): 3241-50. 1997.
- 53 - REP M, et al. **Osmotic stress-induced gene expression in Saccharomyces cerevisiae requires Msn1p and the novel nuclear factor Hot1p.** Mol Cell Biol 19(8):5474-85. 1999.
- 54 - PIPER, P. W.; TALREJA, K.; PONARETOU, B.; MORADAS-FERREIRA, P.; BYRNE, K. PRAEKELT U.M.; MEACOCK, P.; RECNACQ and BOUCHERIE H. **Induction of major heat-shock proteins of Saccharomyces cerevisiae, including plasma membrane Hsp30, by ethanol level above a critical threshold,** Microbiology, 140, 3031-3038. 1994.
- 55 - COSTA, V., REIS, E., QUINTANILHA, A. & MORADAS-FERREIRA, P. - **Acquisition of ethanol tolerance in Saccharomyces cerevisiae: the key role of the mitochondrial superoxide dismutase.** Arch. Biochem. Biophys., **300**: 608-614. 1993
- 56 - MONACO, M.A.L.S., **Efeito protetor do magnésio no choque térmico e estresse pelo etanol em leveduras Saccharomyces cerevisiae.** Dissertação a

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

titulo de Mestre. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. São Paulo. In: PRETOV, V.V. 2007.

57 - WEBB, A.D.; INGRAHAM, J.L. **Fusel oil**. Adv. Appl. Microbiol., 5:317-353, 1963.

58 - LORENZ, M.C.; CUTTER, N.S.; HEITMAN, J. **Characterization of alcohol-induced filamentous growth in *Saccharomyces cerevisiae***. Mol. Biol. Cell, 11:183-199. 2000.

59 - CECCATO-ANTONINI S.R., SUDBERY, P.R **Filamentous growth in *Saccharomyces cerevisiae***, Braz. J. Microbiol. v.35(3) São Paulo, 2004.

60 - POSSAS, T.C.V. **Reversão de leveduras *Saccharomyces* de processos fermentativos de varias usinas, da forma de pseudomicélios (cachos) para forma unicelular**. MICROSERV - ASSESSORIA E SERVIÇOS EM MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL LTDA. 2010.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

UMA PROPOSTA DE MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DO CABO GUIA NA DETERMINAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE FOGUETES DE GARRAFA PET PRESSURIZADA

Marcelo E. C. de Carvalho¹, Carlito B. Marques Neto¹, Matheus B. Duailibe¹, Fábio A. Lora¹, Guilherme O. Souza¹, Melina, S. Lima¹, José V. C. Santos¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: mec.espinheira@gmail.com; carlitoobessa@gmail.com; duailibe23@gmail.com; lora@fieb.org.br; guilhermeos@fieb.org.br; melina.lima@fieb.org.br; vicente.cardoso@fieb.org.br.

RESUMO

Durante o estudo da física e mecânica, diversas instituições de ensino superior utilizam-se do projeto do foguete de garrafa PET como recurso para o aprendizado do movimento balístico. O objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de uma modelagem matemática capaz de prever com uma boa precisão a posição do foguete ao longo da trajetória, para que seja possível o transporte de um cabo guia de aço em direção a um alvo definido. Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma medição do terreno utilizado como referência, além de uma revisão bibliográfica lastrada nas equações da física mecânica, e utilizando o Excel 2010 e outros softwares para elaborar uma modelagem matemática capaz de descrever a trajetória balística de foguetes de garrafas PET. Com os dados de entrada e utilizando a planilha, encontrou-se um ângulo de lançamento para que o foguete acertasse o alvo determinado. Em seguida foram realizados lançamentos com este ângulo e observou-se que 71,43% das vezes o foguete acertou, enquanto 28,57% das vezes que não foram obtidos êxito. Estes valores apresentam a eficácia da modelagem, visto que mesmo sem consideração de variáveis não mensuráveis como a variação da velocidade do vento, obteve-se um resultado promissor. Por fim, os autores registraram todo o processo como uma eficaz adoção de integração de conhecimentos de cunho interdisciplinar e de formação integradora singular.

Palavras - Chaves: Foguete de garrafa PET; Lançamento de projétil; Modelagem Matemática.

ABSTRACT

During the study of mechanical physics, several institutions of higher education are used PET bottle rocket design as a resource for learning ballistic movement. The objective of this study is to develop a mathematical model able to predict with good accuracy the rocket position along the path, so you can carry a steel cable guide toward a defined target. To develop this work, was held a measurement of the land used as a reference, and literature review based in mechanical equations with the use of Excel 2010 software and others to prepare this mathematical model able to describe the trajectory of bottle rockets PET. With the input data and using a spreadsheet, met a launch angle so that the rocket hit him the intended target. Then, were carried out with this angle and it was found that 71.43% of the time the rocket hit the target, while 28.57% of the time were not successfully obtained. These figures show the effectiveness of the modeling, since even without consideration of non-measurable variables as the speed variation of wind, there was obtained promising results. Finally, the authors recorded the whole process as an effective adoption of integrated interdisciplinary nature of knowledge and unique integrative training.

Keywords: *Water Rocket Launcher; Projectile Launcher; Mathematical Modeling.*

1. INTRODUÇÃO

Na disciplina de física mecânica, apresentada aos alunos de ensino médio e superior em física e nas engenharias, conceitos relativos ao movimento bidimensional são explorados com o estudo do movimento balístico. Para a consolidação do aprendizado adquirido com as aulas teóricas, os alunos realizam experimentos práticos com objetivo de observar e analisar os fenômenos físicos estudados.

O uso de foguetes de garrafa PET vem sendo largamente utilizado nas mais diversas universidades do país como parte do ensino de física mecânica, e neste contexto alguns alunos acabam por se aprofundar na análise dos fenômenos observados buscando uma modelagem matemática que satisfaça ao conjunto de variáveis envolvidas no lançamento vertical do projétil [1, 2]. Durante a pesquisa na literatura acadêmica não foram encontrados estudos que busquem a criação de modelo matemático específico para a análise da trajetória balística do foguete de garrafa PET, além disso, poucos estudos buscam uma aplicação prática para o lançamento do mesmo, sendo esta uma tecnologia de baixo custo e que se utiliza de materiais recicláveis, o que justificaria a sua utilização em possíveis propostas.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo a elaboração de uma modelagem matemática capaz de descrever a trajetória balística desenvolvida por um foguete de garrafa PET lançado em direção a um alvo determinado, levando consigo um cabo guia de aço de 1/16", que serviria de apoio ao transporte de cabos de tensão de rede elétrica e outros dispositivos em regiões de difícil acesso. A modelagem precisaria ainda ser capaz de definir o melhor ângulo de lançamento, assim como ilustrar de forma gráfica toda a trajetória desde o disparo até atingir o alvo em um sistema de coordenadas bidimensionais.

2. METODOLOGIA

Para construção da modelagem inicialmente foram coletadas as dimensões do território de lançamento, buscando conhecer as reais distâncias entre o ponto de saída do foguete e o alvo determinado, assim como todos os obstáculos presentes, a Figura 1 ilustra o esquema da trajetória. O método utilizado para confecção do foguete se baseia no artigo publicado por Souza em 2007 [1], onde é possível encontrar as especificações para determinação geométrica estrutural de forma a garantir a sua estabilidade durante o voo.

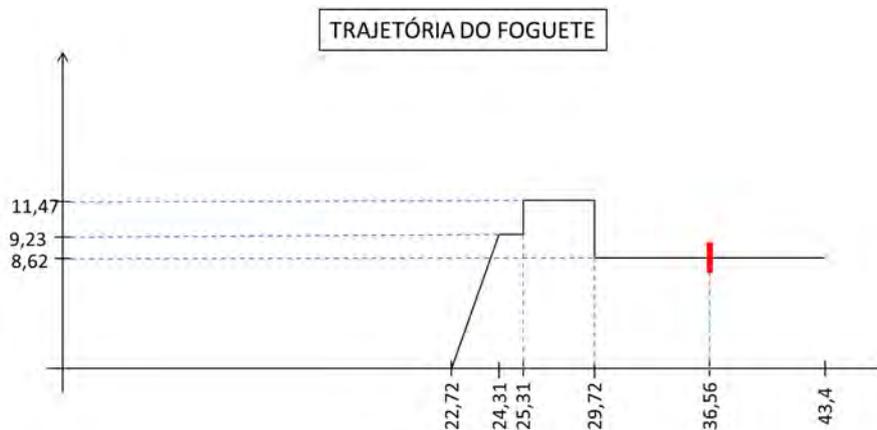


Figura 1 - Esquema simplificado do terreno de lançamento do foguete. Fonte: Autores.

Neste esquema, a marcação em vermelho determina o centro do alvo ao qual o foguete tem que acertar e os valores de 29,72m e 43,4m representam os limites do alvo.

Para a realização da modelagem matemática foi necessário obter alguns dados prévios como, velocidade inicial no instante após a ejeção total da água, gravidade do local onde foram realizados os lançamentos (disponibilizado pelo Laboratório de Metrologia do SENAI CIMATEC), massa do foguete, pressão interna do foguete pressurizado (obtido pelo manômetro do compressor manual utilizado), valor do coeficiente de arrasto e o tempo de ejeção. Alguns destes dados, como a velocidade inicial do foguete e tempo de ejeção foram extraídos de lançamentos verticais realizados no local estacionamento do SENAI CIMATEC.

Para a determinação do instante em que o foguete ejetou toda a água e da respectiva altura, foi realizada uma análise do vídeo utilizando o *Software VirtualDub 1.3c (portable)* onde foi observando cada *frame* (quadro) para encontrar o ponto final de ejeção da água e tempo para ejeção total. Após observar os frames, o instante de ejeção total da água foi capturado e utilizando o *software KLONG Image Measurement*, versão 14.2.1, que se utiliza de uma medida referencial da imagem, neste caso as marcações metro a metro no tubo posicionado no paredão, obtendo-se a medida desejada, como pode ser visto na Figura 2.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

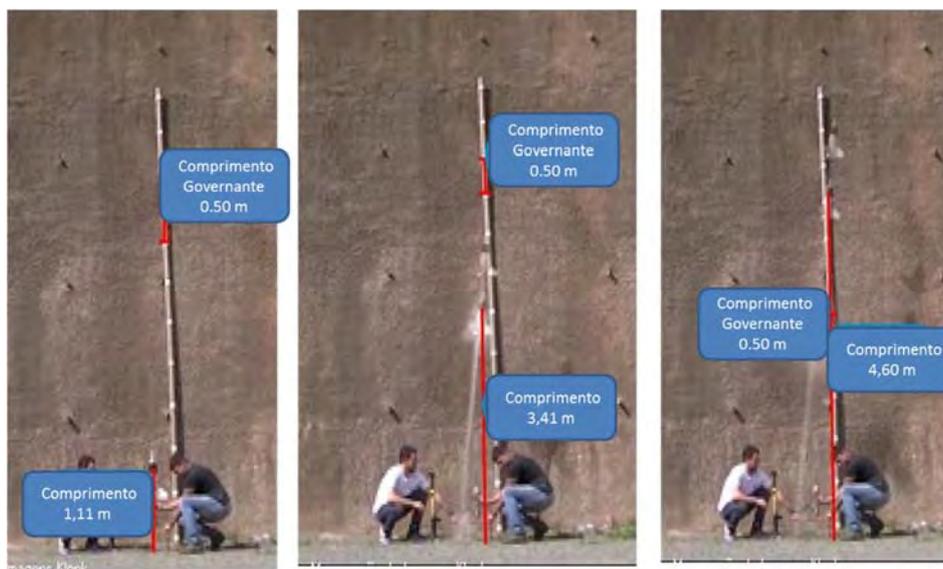


Figura 2 - Medição da posição do foguete e a referência utilizada para esta medição.

Fonte: Autores.

Utilizando a Equação 1 [3], foi possível determinar o velocidade máxima ou inicial do foguete (ΔV), onde ΔS foi o deslocamento do foguete no instante após a ejeção total da água e Δt o tempo de um frame para o outro obtido pelo *software* VirtualDub 1.3c (Portable).

$$\Delta V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

Após a determinação da velocidade e deslocamento iniciais do foguete foi realizada uma decomposição do deslocamento nos eixos x e y do sistema de coordenadas utilizado, tendo como objetivo determinar o ponto de partida para a análise de discretização. Esta determinação foi necessária visando desconsiderar a análise do deslocamento do foguete no intervalo de tempo relacionado à propulsão devido às dificuldades de prever com exatidão o comportamento do projétil neste intervalo, tendo o movimento aceleração variável do disparo até a total ejeção da água, após este ponto o movimento foi considerado com desacelerado nos eixos verticais e horizontais devido a atuação da força da gravidade, arrasto do ar e da tração do cabo.

Para a análise do comportamento do foguete foi definido um intervalo de tempo de 0,01 segundos, onde de um tempo para o seguinte o deslocamento foi resultado da ação das forças envolvidas. A Figura 3-a ilustra o diagrama das forças de desaceleração do foguete, que foram decompostas de acordo a sua atuação a cada instante em forças horizontais e verticais, como ilustrado na Figura 3-b.

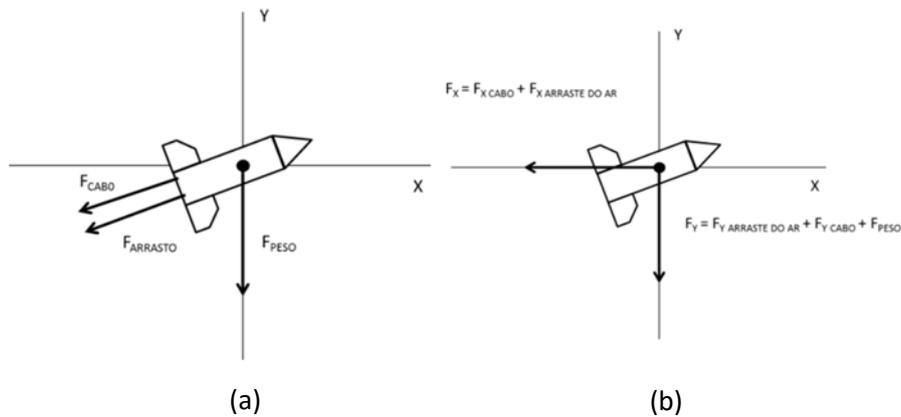


Figura 3– (a) -Foguete e as forças atuantes durante o movimento; (b) - Decomposição das forças no foguete nos eixos x e y. (Fonte: Autores.)

Para determinação da força de arrasto no descolamento do foguete foi utilizada a Equação 2, onde C_d corresponde ao coeficiente de arrasto, ρ a massa específica do ar, V a velocidade do projétil e d o diâmetro da seção do foguete. O valor do coeficiente de arrasto utilizado foi baseado no trabalho desenvolvido por Xavier [4], com valor médio encontrado de 1,04 para um foguete com dimensões similares ao utilizado no presente trabalho.

$$D = \frac{\pi C_d \rho V^2 d^2}{8} \quad (2)$$

A força de arrasto foi decomposta nos eixos x e y , assim, para encontrar o valor no eixo y deverá multiplicar este valor pelo cosseno do ângulo formado entre a componente de arrasto e a sua decomposta D_y e o mesmo foi calculado para o eixo x , alterando somente o cosseno pelo seno do ângulo.

A força peso, apresentada na Equação 3 [5], onde m representa a massa e g a gravidade, é uma força constante, pois a massa do foguete, após a ejeção total da água não varia com o tempo.

$$F_p = m \cdot g \quad (3)$$

Partimos do pressuposto que a tração exercida pelo cabo nas frações de tempo analisadas está diretamente relacionada à taxa de ganho de cabo ao longo da trajetória. Assim, a Equação 4 [3] ilustra o método utilizado para o cálculo de ganho de massa de cabo a cada instante relacionado ao deslocamento do foguete neste intervalo de tempo, multiplicado pela densidade linear do cabo (sendo esta calculada pela medição direta de um fragmento do cabo utilizando um paquímetro e uma balança semi analítica).

$$M_{cabo} = \sqrt{(\Delta x^2) + (\Delta y^2)} \cdot d \quad (4)$$

A partir da massa de cabo calculada e, utilizando a Equação 5 [3], foi possível encontrar a força de tração que o cabo exerce. Lembrando que, da mesma forma que a força de arraste, a

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

força de tração também foi decomposta no eixo x e eixo y e o como o sentido da força de arraste é o mesmo da força de tração, que é contra o movimento, para encontrar o valor da força de tração na componente y basta multiplicar pelo cosseno do ângulo e para o eixo x multiplicar pelo seno.

$$F_C = m_{cabo} \cdot g \quad (5)$$

Ao determinar estes cálculos, poderá se encontrar a velocidade do foguete tanto em x (V_x) quanto em y (V_y) utilizando o cálculo do momento. O momento foi calculado tanto para o eixo x quanto para o eixo y, afinal as forças atuantes encontram - se nos 2 eixos. A seguir, a Equação 6 [3] apresenta o cálculo da variação do momento linear para as componentes x e y entre dois instantes em um intervalo de tempo de 0,01 segundos, onde F é a força resultante, ΔM a variação de momento linear, Δt a variação de tempo, m a massa d foguete, V_1 a velocidade antes e V_2 a velocidade após a desaceleração resultante das forças .

$$F = \frac{\Delta M}{\Delta t} \rightarrow \Delta M = F \cdot \Delta t \rightarrow mV_1 - mV_2 = F \cdot \Delta t \quad (6)$$

A partir do cálculo de momento linear foi possível prever a variação de velocidade do foguete nas componentes x e y entre dois pontos no intervalo de tempo analisado, e assim desenvolver os calculos necessários para determinar a posição do projétil em um sistema de coordenadas bidimensionais após o mesmo intervalo de tempo. Utilizando a Equação 7 [3], onde o deslocamento (S) é igual ao deslocamento inicial (S_0) somando à velocidade no instante (v) multiplicada pelo tempo (t) e desprezando a aceleração na análise do deslocamento, pode-se determinar a posição final do projétil utilizando para tal os valores das componentes das velocidades em x e em y no instante inicial.

$$S = S_0 + vt \quad (7)$$

O processo de discretização acontece utilizando, como descrito anteriormente, os dados referentes a velocidade do foguete em um instante e o seu deslocamento resultante. A velocidade no instante seguinte é calculada com base na forças responsáveis pela desaceleração do projétil (arrasto, gravidade e massa do cabo) que variam em cada intervalo de tempo de forma interligada.

Para a elaboração da planilha foi utilizado o *software* Excel 2010, onde inicialmente foi definida uma coluna com o intervalo de tempo para análise definido anteriormente e então as demais colunas receberam os registros das posições relativas ao sistema de coordenadas e as suas respectivas velocidades em cada componente, os momentos lineares em cada componente, a força de arrasto e tração do cabo em cada instante. As células foram preenchidas com as fórmulas no formato do programa para o cálculo dos valores absolutos de forma a interrelacionar as variáveis descritas e finalmente permitir a representação gráfica da trajetória do foguete dentro de um desenho esquemático da mesma. Variando o ângulo de lançamento na planilha era possível prever a posição do foguete ao final da trajetória e prever se o mesmo atingiria o alvo ou não.

Para verificar a eficácia da modelagem foram realizados 14 lançamentos com foguetes de mesma dimensões e massas. O alvo definido foi uma estrutura circular localizada em um nível

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

superior ao estacionamento inferior do SENAI CIMATEC, como pode ser identificado na Figura 6, que apresenta um raio de 6,84 metros. Visando melhorar a interpretação dos resultados esta região foi dividida esquematicamente em três zonas circulares, sendo a Zona 1 a região mais interna com raio de 2,28 metros, a Zona 2 com limite superior de 4,56 metros e a Zona 3 com limite em 6,84 metros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A planilha desenvolvida, como descrita anteriormente, permitiu a construção de um gráfico a partir dos dados do deslocamento vertical e horizontal, como ilustrado na Figura 15. Este gráfico funciona de forma dinâmica dentro da planilha, onde alterando o ângulo de lançamento é possível observar o novo local atingido pelo foguete, sendo possível realizar correções devido à possível mudança de massa de projétil, mudança de densidade do cabo guia e alteração do valor da velocidade inicial (variando a pressão de lançamento).

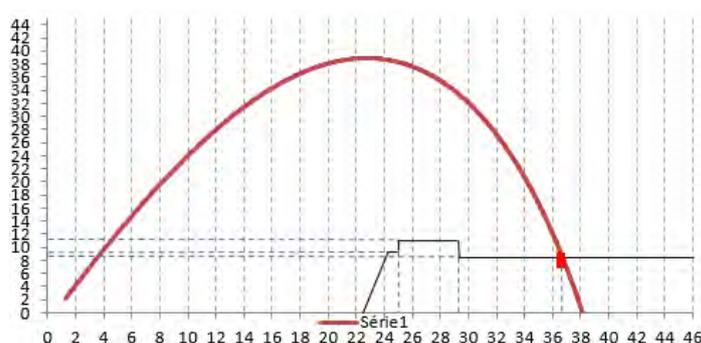


Figura 15 - Gráfico que simula o percurso do foguete no local de lançamento.

Fonte: Autores.

Ao final dos lançamentos e registro dos mesmos no histograma descrito anteriormente, ilustrados com os disparos na Figura 16, foi possível avaliar a precisão e a exatidão dos lançamentos. A pressão utilizada em cada lançamento, como previamente descrito, foi fixada em 80 Psi e os ângulos variaram entre 73 - 75° (medidos com auxílio do aplicativo Smart Protractor, disponível para Android).

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

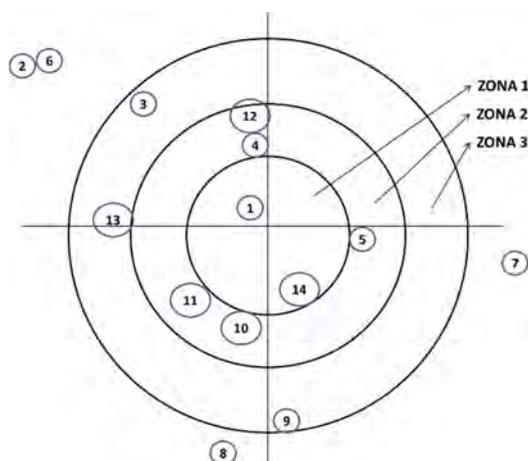


Figura 16 - Representação dos resultados dos 14 lançamentos executados.

Fonte: Autores.

Diante dos resultados é possível observar que dos 14 lançamentos realizados, dois (14,28%) atingiram a Zona 1, cinco (35,71%) atingiram a Zona 2, três (21,43%) atingiram a Zona 3 e quatro (28,57%) não atingiram o alvo. Logo, 71,43% dos lançamentos atingiram o alvo, contra 28,57% que não o atingiram.

Os trabalhos analisando o comportamento de foguetes de garrafa PET buscam desenvolver e validar uma modelagem matemática capaz de prever a altura máxima do projétil após o lançamento vertical levando em considerações variáveis relacionadas ao fluido, a taxa de variação de massa do foguete e arrasto do ar [1, 2]. Não foram encontrados, na bibliografia pesquisada, trabalhos que tenham desenvolvido uma modelagem específica para lançamento balístico.

Foi realizada uma tentativa de análise da altura de lançamento vertical do foguete com metodologia similar ao trabalho de Oliveira e Brito [2], utilizando um dispositivo medidor de ângulo similar ao descrito na site da NASA [6]. O objetivo realizar uma comparação com os dados estimados com a modelagem em um disparo a 90° (lançamento vertical), porém os resultados obtidos com o astrolábio não foram confiáveis, sendo então descartados e buscando a constatação da eficácia do modelo matemático no lançamento balístico proposto.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem inferir que a modelagem descrita apresenta uma boa capacidade de prever a trajetória do foguete evidenciado pela precisão razoável dos 14 lançamentos realizados com um foguete de garrafa PET pressurizada a 80 Psi, levando em consideração as limitações da análise bidimensional e a exclusão das variações de velocidade do vento durante os lançamentos. Além disto, é importante salientar que não foi possível verificar a altura máxima que o foguete atingiu, desta forma não há como garantir que o foguete percorreu exatamente a trajetória prevista pela modelagem, apesar do desfecho favorável.

REFERÊNCIAS

¹ SOUZA, J.A.. Um Foguete de Garrafas PET. Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007.

² OLIVEIRA, M. A. S.; BRITO, P. E.. Os Aspectos Físicos e Matemáticos do Lançamento do Foguete de Garrafa PET. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2008.

³ HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. Fundamentos de Física. 3ª Ed. Vol.3, Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 2002.

⁴ XAVIER, A.P. Uso do Foguete de Água no Ensino de Hidrodinâmica em Física Geral. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2012.

⁵ TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. Ed. Vol.1, Rio de Janeiro. LTC, 2008.

⁶ NASA. Rocket Thrust Equation. Disponível em: < <http://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/rockth.html>>, Acesso: 18/11/2014.

VISÃO GERAL DE NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA CONDUÇÃO AUTÔNOMA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES

Danilo Neves¹, Eugênio Borsatti²

¹SENAI-CIMATEC/Ford Motor Company Brasil, E-mail: danilogltn@gmail.com

¹SENAI-CIMATEC/Ford Motor Company Brasil, E-mail: eugenio.borsatti@fieb.org.br

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo acerca do desenvolvimento tecnológico referente aos veículos automotores autônomos, especificamente carros de passeio. Este inclui características técnicas, princípios básicos de funcionamento, histórico de desenvolvimento, diferenciação, barreiras, vantagens e desvantagens da implementação, além das previsões futuras de implantação destas tecnologias.

Palavras-chaves: *autônomo; tecnologia; veículos; sistemas*

ABSTRACT

This article presents a study of technological development related to self-driving vehicles, specifically passenger cars. It includes technical specifications, basic working principles, historical development, differentiation, deployment barriers, implementation advantages and disadvantages, and also predictions of future operation of these technologies.

Keywords: *self-driving; driverless; technology; vehicles; systems*

INTRODUÇÃO

Diante da crescente evolução tecnológica, aliada a necessidade mundial de redução do número de acidentes automotivos, principalmente em decorrência de erro humano, a condução autônoma de veículos tem sido um tema largamente abordado.

O carro autônomo propriamente dito seria um veículo capaz de suprir as capacidades de transporte de um carro tradicional, por meio dos princípios de reconhecimento, avaliação e atuação (processo de tomada de decisão e ação realizada) de funções da condução automotiva, também definidos através do design "sense, plan, act"^[1].

A autonomia total da condução dos veículos automotores comerciais atualmente se encontra em fase de testes de protótipos, em casos até de avaliações assistidas com autorização de circulação em rodovias. A SAE (*Society of Automotive Engineers*) classifica níveis de automação dos veículos, conforme apresentado na *Figura 3 - Classificação da condução autônoma segundo SAE*, a seguir.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



Figura 3 - Classificação da condução autônoma segundo SAE^[3]

A NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*), agência americana do departamento de transportes, responsável pelo estabelecimento de padrões e regulação de veículos automotores nos Estados Unidos, também possui uma classificação, conforme comparação exibida na *Figura 4* em relação à SAE.



Figura 4 - Comparação classificações SAE x NHTSA^[10]

No intuito de se obter a operação de um veículo totalmente autônomo em situações urbanas com tráfego imprevisível, diversos sistemas em tempo real devem interoperar, incluindo o planejamento e o controle da percepção do ambiente. Além disso, uma plataforma robusta com o sensoriamento apropriado, infraestrutura computacional de hardware, software e rede é essencial^[1]. Desta forma, um veículo pode atingir a capacidade de realizar uma condução autônoma quando controlar as funções básicas independentes de navegação, análise ambiental, planejamento de movimento e controle de trajetória, executando reações baseadas nas informações de entrada^[4]. Com o objetivo da detecção do meio ambiente circundante, os veículos autônomos em testes utilizam uma combinação de sensores, normalmente incluindo o LIDAR (*Light Detection and Ranging*), radar, câmeras, ultrassom, complementando um ao outro e compensando eventuais deficiências de qualquer sensor. Para o sistema de localização, são utilizados mapas digitais, a combinação do GPS (*Global Positioning System*), com o INS/IMU (*Inertial Navigation Systems / Inertial Measurement Unit*), além do DGPS (*Differential Global Positioning System*)^[1]. Em conjunto com os sistemas, são adicionados controladores/atuadores de direção, câmbio, aceleração e frenagem, que recebem comandos a partir do processamento das entradas sensoriais e de localização do veículo. Através dos próximos tópicos, este artigo irá apresentar uma visão geral de algumas das inovações tecnológicas embarcadas nos atuais projetos e protótipos em testes dos veículos autônomos, além de um breve histórico no mundo e no Brasil, princípios básicos, funcionalidades, empecilhos, benefícios e previsões de implantação.

METODOLOGIA

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A pesquisa acerca das tecnologias dos veículos autônomos foi realizada utilizando a bibliografia presente em trabalhos que abordam o tema, principalmente através da busca por artigos indexados na base de dados da *ScienceDirect* - www.sciencedirect.com, pesquisas universitárias, informações de fabricantes e revistas tecnológicas como a *IEEE Spectrum*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

HISTÓRICO

Nos Estados Unidos, de 1980 a 2003, centros universitários trabalharam em duas visões de automação veicular. A primeira visão foi baseada em sistemas de rodovias automatizadas, na qual a infraestrutura das rodovias coordenava veículos sem inteligência artificial. Outros grupos trabalharam na visão de veículos sem a necessidades de rodovias especiais. De 2003 a 2007, a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada do departamento de defesa dos Estados Unidos (DARPA) realizou três “Grandes Desafios” que contribuíram para a aceleração dos avanços na tecnologia autônoma. Cada desafio incentivou times universitários a desenvolver tecnologia, como equipes das universidades *Stanford* e *Carnegie Mellon*^[1].

Na Europa, a pesquisa e o desenvolvimento de veículos autônomos vêm sendo feitos desde a década de 80. Um dos pioneiros nessa área foi o pesquisador alemão Ernst Dickmanns no projeto PROMETHEUS (*PROgraMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety*) e o VaMoRs de 1985.

Os desenvolvimentos brasileiros de pesquisas acerca dos veículos terrestres autônomos são recentes, existindo poucos grupos de pesquisa acadêmicos, governamentais e empresariais. As primeiras ações foram dos grupos da UFMG (Lab. CORO/ DEE) com o veículo CADU e da UNIFEI (projeto *Driving4You*), e datam de meados de 2007. Além deles, existem projetos em andamento como o VERO - CTI/Campinas, o AutoLab - FEM/UNICAMP, o IARA na UFES, o SENA na EESC/USP e o CaRINA no ICMC/ USP. Destes, o projeto CaRINA é o pioneiro na realização de navegação autônoma em vias urbanas e vem sendo desenvolvido pelo Laboratório de Robótica Móvel - ICMC/USP com o suporte da FAPESP, CNPq e INCT-SEC. Em 2013, o mesmo já realizou seus primeiros testes de navegação autônoma nas ruas da cidade de São Carlos, com a autorização e o apoio das Secretarias Municipais de Transporte e Trânsito, e de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia de São Carlos^[5]. É apresentada na Tabela 6 um histórico das principais pesquisas internacionais sobre os veículos autônomos.

Tabela 6 - Principais pesquisas internacionais referentes aos veículos autônomos^[6]

Nome do Veículo	Grupos de Pesquisa	Ano	Velocidade de navegação em modo autônomo
Shakey	SRI (EUA)	1966- 1972	-
Veículo Inteligente	Universidade de Tsukuba (Japão)	1977	30 km/h máx.
VaMoRs	Universitat der Bundeswehr Munchen (Alemanha)	1985	100 km/h máx.
PVS	Nissan e Fujitsu (Japão)	1987	60 km/h máx.
VaMP	Universitat der Bundeswehr Munchen (Alemanha)	1994	130 km/h máx.
VaMoRs-P	Universitat der Bundeswehr Munchen (Alemanha)	1995	160 km/h máx.
ARGO	Universidade de Parma (Itália)	1997-2001	123 km/h máx.
ALV	DARPA	Década de 1980	3 km/h a 21 km/h máx.
NavLab	Universidade Carnegie-Mellon	1984 - atualmente	32 km/h a 144 km/h máx.
Stanley	Universidade de Stanford	2005	Limitada a 80 km/h pelo DARPA
Boss	Universidade Carnegie-Mellon/GM	2007	Média de 22 km/h

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Nesta seção serão apresentados algumas das novas aplicações de tecnologia implementadas nos veículos autônomos. Como implementação atual, veículos comerciais já utilizam dispositivos e sistemas com níveis intermediários de automação, em alguns casos até o nível 2, como o Assistente de Tráfego, conforme pode ser observado na *Figura 5*, no fluxograma de definições acerca de características e funções inerentes a cada nível de automação, considerando a graduação definida pela SAE.

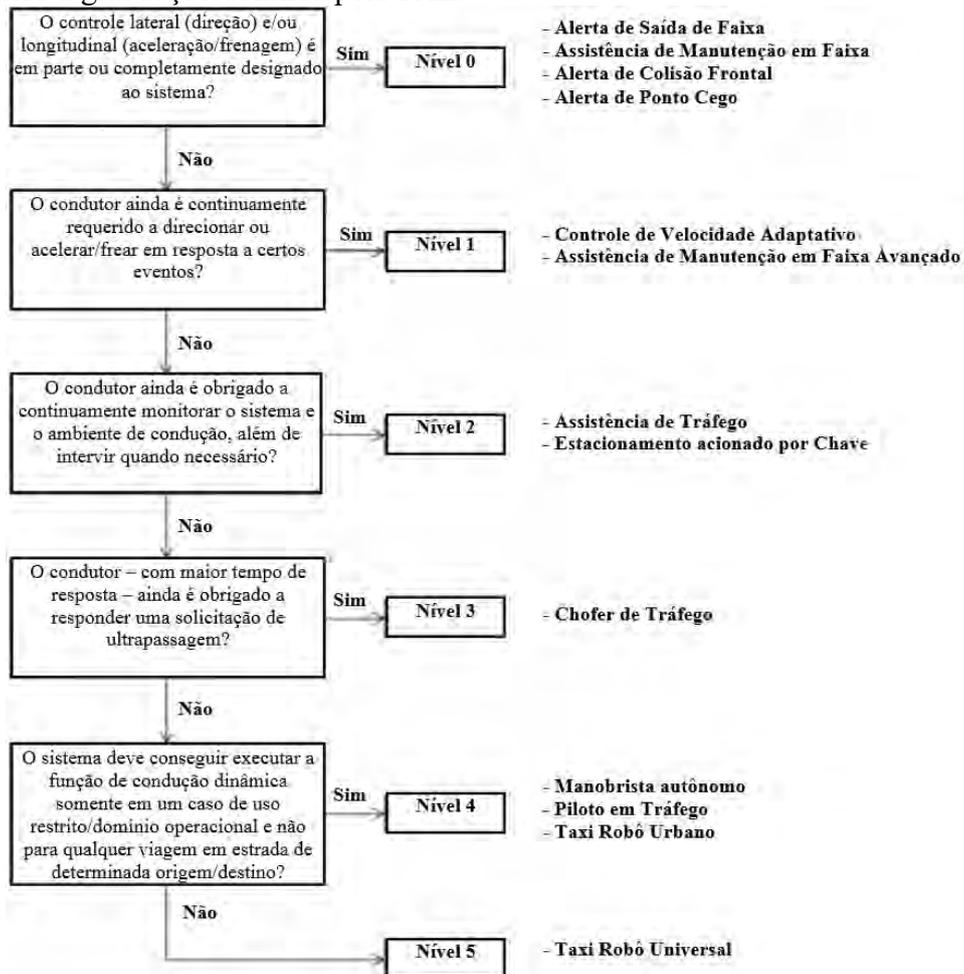


Figura 5 - Fluxograma de definição entre funções e níveis de automação^[3]

Um veículo autônomo deve integrar hardware e software de modo que operem com diferentes sensores e atuadores. Assim, aplicações de veículos autônomos requerem o desenvolvimento de diferentes módulos de hardware e software, além de interfaces que conectam usuários, sistemas de controle robótico e componentes embarcados^[7]. Uma arquitetura computacional deve ser definida de modo a prover as funções e permitindo a comunicação entre os diferentes módulos (neste caso considerando uma arquitetura distribuída e orientada a serviço). A *Figura 6* apresenta a arquitetura considerado no veículo autônomo protótipo CaRINA.

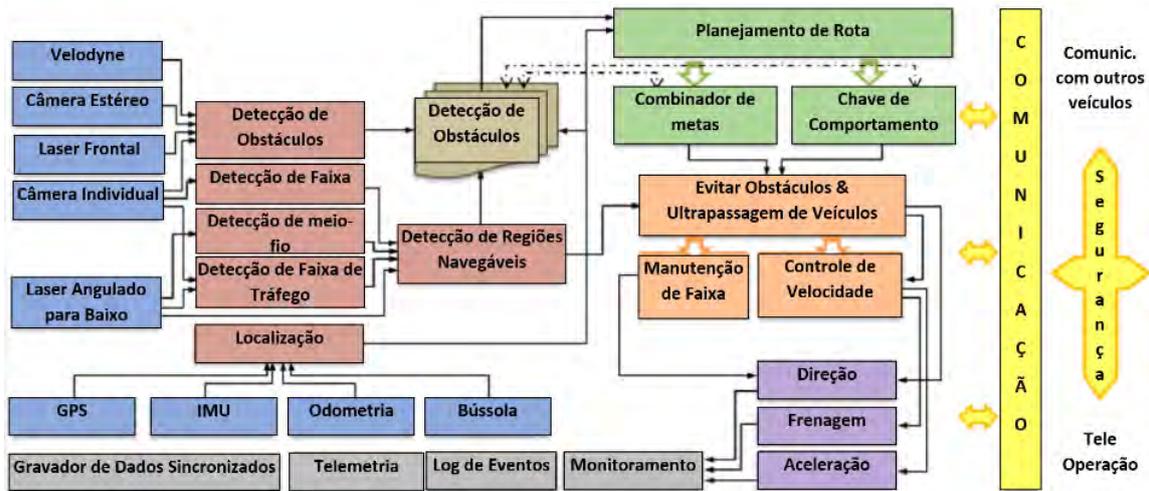


Figura 6 - Exemplo de arquitetura de veículo autônomo (Caso CaRINA)^[7]

Neste caso, os módulos foram separados da seguinte forma: Em azul, sensoriamento; em vermelho, extração e fusão de informações; em verde, processamento; em laranja, comportamental, em roxo, atuação; e em cinza sistema de segurança.

Outro exemplo que é de importante abordagem é a arquitetura do veículo protótipo SatAnt, mostrada na Figura 7.

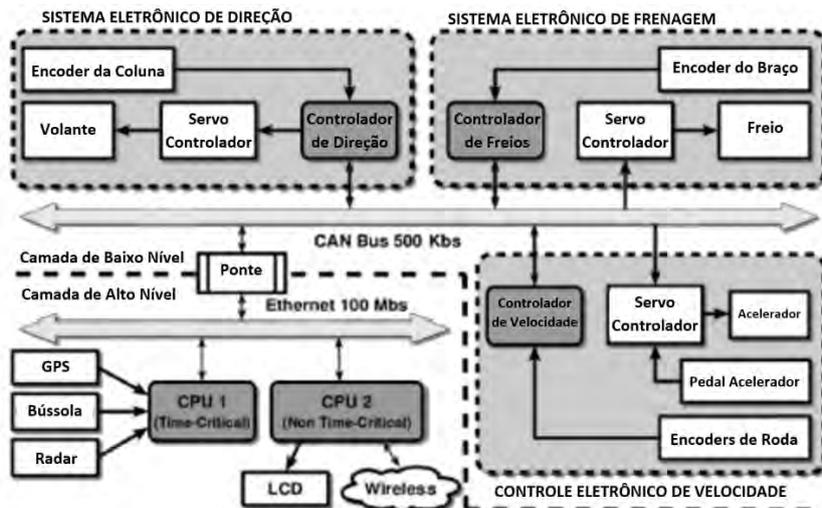


Figura 7 – Exemplo Arquitetura veículo SatAnt^[12]

A mesma é organizada em duas camadas, nas quais eletrônicos embarcados e controladores de baixo nível comunicam através de um barramento CAN operando a 500 Kbps, enquanto a eletrônica de alto nível comunica através de um barramento Ethernet de 100Mbps. Este projeto foca na modularização e escalabilidade, de forma que adicionando um novo módulo não interfere nos já existentes^[12]. Pode-se observar também a relação de comunicação entre os controladores de velocidade, frenagem e direção com o barramento de comunicação CAN, permitindo o controle eletrônico da atuação no veículo.

SISTEMA DE SENSORIAMENTO - ANÁLISE AMBIENTAL

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Nesta seção serão apresentados dispositivos aplicados para a condução autônoma voltadas para o sensoriamento do ambiente. A *Figura 8* apresenta um esquema de utilização de diversos sensores

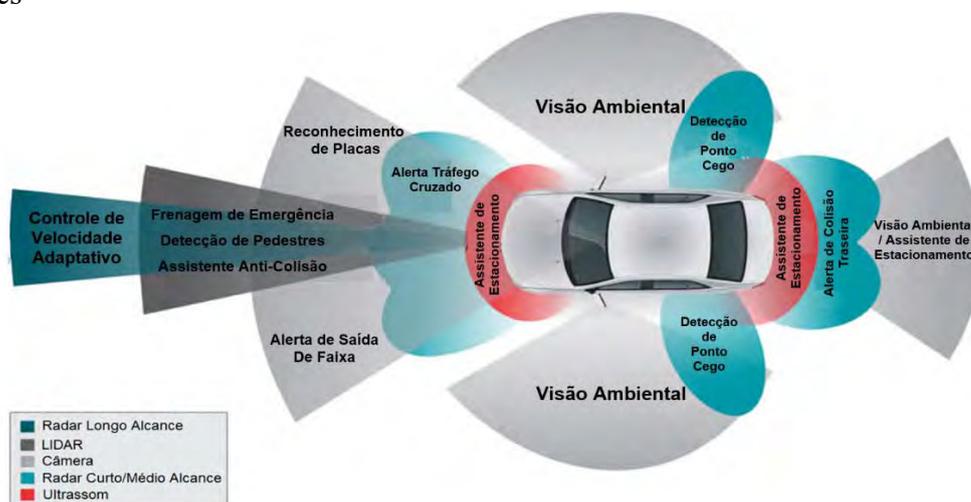


Figura 8 - Análise ambiental como utilização de diversos sensores^[9]

LIDAR

O LIDAR (*Light detection and ranging*) é uma tecnologia de sensoriamento remoto que mede distância através da iluminação do alvo com um laser e analisando o tempo de retorno da luz refletida por objetos no ambiente. Utilizado em sistemas robóticos, incluindo os veículos autônomos, os LIDARs mais aprimorados possuem múltiplos *transceivers* laser e espelhos rotacionais que geram dados tridimensionais do ambiente, com o objetivo de detecção e de se evitar obstáculos, sendo aplicado nos sistemas de “Frenagem de Emergência”, “Detecção de Pedestres” e “Sistema Contra Colisão”.



Figura 9 - Velodyne HDL-64E e utilização para escaneamento do ambiente^{[17][18]}

Desenvolvido durante o *DARPA Grand Challenge* e utilizado pelas equipes participantes, além de utilizados pela Google nos seus veículos autônomos protótipos, o Velodyne HDL-64E LIDAR utiliza 64 lasers que provêm 1,3 milhões de pontos de informação por segundo, além de oferecer um campo de visão de 360°. O HDL-64E utiliza laser de 905nm de comprimento de onda, com pulsos de 10ns e precisão de distância menor que 2cm^[18]. Os LIDARS são tipicamente úteis em curto alcance do que outros sensores, que no caso do Velodyne atinge até 120 metros a depender da refletividade do objeto. As duas principais limitações dos sistemas LIDAR são o alcance limitado e materiais com superfícies de refletividade bastante reduzida^[1].

RADAR

O RADAR (*Radio detection and ranging*) é outro sensor chave para os veículos autônomos. O mesmo utiliza o mesmo princípio básico de medida do tempo de emissão/reflexão dos sinais para determinar o alcance de objetos. No entanto, neste caso ondas de radiofrequência são o meio utilizado nos transmissores/receptores, o que dá ao radar diferentes capacidades e limitações. Para a aplicação em veículos autônomos, são utilizados sistemas radar de curto/médio e longo alcance. Os de curto/médio alcance, são voltados para sistemas de “Alerta de Tráfego Cruzado”, “Alerta de “Colisão Traseira”, “Assistente de Troca de Faixa”, “Assistente de estacionamento” e “Detecção de Ponto Cego”. Os mesmos normalmente utilizam a faixa de 24 GHz de frequência, com distâncias de detecção máximas em média de 50 a 70 metros aproximadamente, com proporcional redução de ângulo de detecção com aumento da distância. Os de longo alcance são utilizados principalmente nos sistemas “Controle Adaptativo de Velocidade de Cruzeiro”, “Sistemas anti-colisão”, com alcance máximo de em média 200 metros, utilizando a banda W, com frequência de 77 GHz. As limitações do radar são a necessidade de linha de visada, sensibilidade em relação do sinal recebido, limitação de alcance devido a ruído e interferência eletromagnética e maior limitação de refletividade de materiais (quando comparado ao LIDAR), principalmente para objetos não metálicos.

CÂMERAS

As câmeras são importantes sensores principalmente utilizadas nos sistemas de “Aviso de Saída de Faixa”, “Reconhecimento de Placas de Trânsito”, além da detecção de objetos como outros veículos, pedestres, placas e luzes. Estas conseguem captar longas distâncias (até 130 metros – a depender do tipo de câmera utilizada) e prover informações importantes para a automação automotiva. Câmeras estéreo podem ser principalmente utilizadas na detecção de obstáculos (pedestres – 40 metros, veículos – 200 metros), além de estimar distâncias do ambiente (em até 60 metros e 45° de ângulo de visão aproximadamente) e profundidade, promovendo robustez por redundância de informações. Desta forma estas podem ser usadas em técnicas de mapeamento, por exemplo reconstrução tridimensional de ambientes ou objetos. O processamento da câmera estéreo consiste em: reconstrução (25 Hz – método SGM) de imagem estéreo, computação de pixels, mapeamento em relação ao tempo para estimativa de movimento e segmentação final do objeto^[4]. As câmeras monoculares, normalmente grande-angulares, podem ser utilizadas na captura de imagens coloridas, de modo a identificar faixas, placas, semáforos e luzes, em alguns casos até 500 metros^{[4] [20]}.

ULTRASSOM

Os sensores ultrassom são utilizados basicamente nos sistemas de assistência de estacionamento, com a detecção de proximidade de objetos em baixa velocidade. Estes operam através do princípio de emissão de pulsos acústicos, com a medida do intervalo de tempo de retorno de cada sinal refletido, calculando a distância do objeto. Os sensores ultrassônicos propiciam dados apurados até 10 metros^[1].

NAVEGAÇÃO

GPS / DGPS

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

O DGPS (*Differential Global Positioning System*) ou GPS Diferencial é a evolução do GPS, proporcionando um aumento de precisão de uma margem de 10 metros para aproximadamente 10cm^[16]. O GPS tem o funcionamento a partir da localização via satélite, e em decorrência da criticidade da precisão de localização dos veículos autônomos este sistema é crucial para o planejamento de trajeto e tomada de decisões. Com a melhoria de localização através do método diferencial (na qual existe a utilização de uma rede de estações base de referência de posicionamento fixo e conhecido), a definição da posição dos veículos é aumentada de forma a contribuir na condução autônoma. No entanto, o GPS ainda possui limitações nas falhas temporárias do sinal por prédios, túneis e mal tempo.

INS/IMU

O INS/IMU (*Inertial Navigation System*) é composto por acelerômetros e giroscópios, possibilitando o constante cálculo de posição, orientação e velocidade do veículo sem a necessidade de referências externas^[1]. O INS é utilizado para melhorar a precisão do GPS colaborando durante as falhas do mesmo devido aos obstáculos urbanos aos seus sinais. Possui como limitação a propagação de erro agregada em valores consideráveis durante a indisponibilidade do GPS por longos períodos.

PROTÓTIPOS E TESTES

Esta seção apresenta um resumo, na Tabela 7, dos atuais desenvolvimentos de carros autônomos por parte dos fabricantes até o ano de 2014.

Tabela 7 - Fabricantes e desenvolvimentos de veículos autônomos^[8]

Fabricante Automotivo	Produtos	Desenvolvimentos
Audi	<i>Piloted Driving</i>	1) Pesquisa com a <i>Volkswagen Group Electronics Research Lab</i> e <i>Stanford University</i> . 2) 2010 - Carro de pesquisa autônomo Audi TTS no circuito da montanha <i>Pikes Peak</i> . 3) Sensor laser de menor tamanho (tamanho de um punho). 4) Licença para testar no estado de Nevada, USA, em 2013.
BMW	<i>Electronic co-pilot system</i>	1) Parceria com fornecedor automotivo Continental 2013-2014. 2) 2011 - Protótipo de pesquisa com mais de 10.000 milhas autônomas. 3) <i>BMW TrackTrainer</i> – Mapa digital, GPS, dados de vídeo para navegação autônoma em circuito de corrida.
Ford	<i>Automated Fusion Hybrid</i>	1) <i>Fusion Hybrid</i> autônomo é a atual plataforma de pesquisa para futuros veículos totalmente autônomos. 2) Plano de mobilidade Ford (soluções interligadas até 2050), que vislumbra um futuro de funcionalidade autônoma e tecnologias avançadas após 2025. 3) Parceria com a <i>University of Michigan</i> e <i>State Farm</i> .
GM	<i>Super Cruise</i> <i>Chevy EN-V</i>	1) <i>GM-Carnegie Mellon University</i> : Pesquisa Colaborativa em Condução Autônoma – parceria venceu o DARPA em 2007. 2) <i>Super Cruise</i> na Cadillac: Sistema semiautônomo de direção. 3) Chevy EN-V autônomo e elétrico que combina GPS com comunicações V2V (vehicle-to-vehicle) e tecnologias de sensoriamento de distância.
Lexus	<i>Advanced Active Safety Research Vehicle</i>	Veículo de pesquisa, Lexus LS460 com LIDAR.
Mercedes-Benz	<i>Mercedes-Benz Intelligent Drive</i>	1) <i>Intelligent Drive</i> autônomo utiliza GPS e câmera traseira com rota pré-programada. 2) <i>Intelligent Drive</i> completou 100 km em estradas reais na Alemanha.
Nissan	<i>Autonomous Drive</i>	Nissan 360 - test drive do Nissan Leaf com scanners a laser, câmeras e atuadores de inteligência artificial avançada.
Tesla	<i>Auto Pilot</i>	Meio de 2013: Desenvolvimento em andamento para a introdução de Sistema de sensores com custo mais baixo.
Volkswagen	<i>Temporary Auto Pilot</i>	1) Parceria com <i>Stanford</i> e <i>ERL - VW Electronics Research Laboratory</i> . 2) Demonstração de piloto autônomo em 2011.
Volvo	<i>Drive Me</i>	Projeto piloto público <i>Drive Me</i> - parceria da Volvo Car group com a Administração de

Fabricante Tecnologia	Produtos	Desenvolvimentos
		Transportes da Suécia para levantar benefícios da condução autônoma com a utilização de 100 carros de teste.
Google	<i>Driverless Car Project</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mais de 700.000 Milhas autônomas dirigidas autorizadas em 4 estados Americanos. 2) Protótipos em operação utilizando LIDARs retrabalhados (modelos Lexus e Prius) 3) Desenvolvimento de protótipos próprios sem volantes, pedais de freio e acelerador. 4) Experiência de pesquisadores das universidades <i>Stanford e Carnegie Mellon</i>
Bosch	<i>Autonomous vehicle</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fornece tecnologia para funções de assistência ao motorista como Controle adaptativo de velocidade de cruzeiro e sistemas de assistência de alta performance. 2) Parceiro do <i>Stanford Center</i> para Pesquisa automotiva e <i>Stanford Law</i>.

VANTAGENS, DESVANTAGENS, BARREIRAS E DESAFIOS

A entrada em operação da condução autônoma deve trazer uma revolução no meio de transporte urbano e no panorama de mobilidade mundial. Como possíveis vantagens com a operação de veículos autônomos podemos citar: Maior segurança com menor número de acidentes e redução de mortes devido à redução da condução humana e consequentes erros (os erros humanos são responsáveis por 90% dos acidentes^[16]) – A Organização Mundial da Saúde estima que 1,2 milhões de pessoas morrem no trânsito por ano no mundo, com 50 milhões de feridos^[21]; Redução de custos decorrentes de acidentes de trânsito e consequências dos mesmos; Menor tráfego e tempo de trânsito, além de menores custos correlatos; Eficiência no consumo de combustível; Desenvolvimento econômico e aumento do mercado do setor tecnológico autônomo; Acesso à mobilidade aos não aptos fisicamente a dirigir um veículo.

Por outro lado, podem ser identificadas as seguintes oportunidades de melhoria com a entrada da automação automotiva: Revisão no modelo de negócios dos setores de seguros e de cuidados com a saúde relacionados ao setor automotivo, os mesmos devem sofrer impacto considerando o atual modelo; Otimização do custo de manutenção dos veículos (com o maior valor agregado da tecnologia autônoma); Reestruturação dos setores relacionados à condução humana (ex.: motoristas de coletivos, particulares, etc.) e seus resultados, com possíveis propostas de incentivo da necessidade de observação humana nas conduções autônomas.

Dentre as barreiras e desafios dos veículos autônomos pode-se listar: Necessárias revisões de legislação para operação, além de definição de responsabilização; Limitações de algumas tecnologias ainda em desenvolvimento e condução em condições climáticas adversas (neve/chuva pesada); Custo necessário de investimento para implementação da tecnologia de modo viável; Complexidade da validação e homologação da tecnologia; Segurança digital dos dispositivos embarcados.

PREVISÕES

Atualmente, a maior parte das empresas da área automotiva tem projetos relacionados ao desenvolvimento de navegação autônoma ou de direção assistida no exterior. Atualmente encontram-se disponíveis no mercado carros capazes de estacionar sozinhos, frear quando próximos a outros veículos e notificar o motorista quando o mesmo está saindo de sua faixa. No entanto, no sentido comercial de implementação, empresas como a GM, Mercedes-Benz, Audi, Nissan, BMW, Renault, Tesla, Toyota e Google esperam comercializar carros completamente autônomos em 2020^[5]. Em outros casos de montadoras (Ford, Daimler), a estimativa chega a 2025 para comercialização. Não existe previsão para implementação específica no Brasil.

CONCLUSÃO

O crescente desenvolvimento e aplicação das tecnologias voltadas para os veículos autônomos nas últimas décadas e os esforços dos fornecedores e fabricantes de veículos são evidentes e cada vez maiores neste campo de pesquisa. Isto é devido, principalmente, ao grande potencial de profundos impactos econômicos e sociais na mobilidade urbana, eficiência energética, de tráfego, qualidade de vida, nos acidentes e vítimas do trânsito. Com o aumento da aplicação de sistemas parcialmente automatizados e assistidos, vem sendo observada uma revolução da maneira na qual os veículos auxiliam os condutores. Desta forma, fica evidente a motivação socioeconômica na criação deste novo nicho de mercado, apesar das complexas questões associadas à infraestrutura de implementação, supervisão humana, campo legal e de responsabilização. O futuro de um maior desenvolvimento do carro autônomo é certo, e uma das mais importantes questões é a disponibilidade de tais tecnologias para o consumidor.

REFERÊNCIAS

¹Anderson, J. M.; Kalra, N.; Stanley, K. D.; Sorensen, P.; Samaras, C.; Oluwatola, O. A.; *Autonomous Vehicle Technology - RAND Corporation*, 2014.

²Meeshika A., Priya K., Tanvi G. *Autonomous Driven Car - Banasthali University, Jaipur (Rajasthan)*. 2nd *International Conference on Emerging Trends in Engineering and Management*, ICETEM, 2013.

³Bartels, A.; Eberle, U.; Knapp, A. *Deliverable D2.1 - System Classification and Glossary, AdaptIVE Consortium*, 2014.

⁴Ziegler, J.; Dang, T.; *et al.* Making Bertha Drive — *An Autonomous Journey on a Historic Route – IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 6, no. 2, pp. 8-20, 2014.

⁵Wolf, D. F.; Osório, F. S. Veículos Terrestres Autônomos – *Computação Brasil – Revista da Sociedade brasileira de Computação – n24, p137 – p145 – 01/2014*.

⁶Pissardini, R. S.; Wei, D. C. M.; Fonseca Júnior, E. S. Veículos Autônomos: Conceitos, Histórico e Estado-da-arte - *Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, 2013.

⁷Fernandes, L. C.; Souza, J. R.; Pessin, G.; Shinzato, P. Y.; *et al.* *CaRINA Intelligent Robotic Car: Architectural design and applications - Journal of Systems Architecture JSA – 60*, 2014.

⁸Lari, A.; Douma, F.; Onyiah, I. *Self-Driving Vehicles: Current Status of Autonomous Vehicle Development and Minnesota Policy Implications. Preliminary White Paper - Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 2014.

⁹Heutger, M. *Self-Driving Vehicles in Logistics: A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry - DHL Customer Solutions & Innovation*, 2014.

¹⁰Dokic, J.; Müller, B.; Meyer, G. *European Roadmap Smart Systems for Automated Driving – EpoSS*, **2015**.

¹¹Araujo, L.; Mason, K.; Spring, M. *Self-driving cars - A case study in making new markets. Lancaster University*, **2012**.

¹²Martínez-Barberá, H.; Herrero-Pérez, D. *Multilayer distributed intelligent control of an autonomous car. Transportation Research Part C*, 39 p94–112, **2014**.

¹³Mujica, F. *Scalable electronics driving autonomous vehicle technologies – Texas Instruments*, **2014**.

¹⁴Couto, L. N. Sistema para localização robótica de veículos autônomos baseado em visão computacional por pontos de referência. Instituto de Ciências Matemáticas e Computação – ICMC-USP, **2012**.

¹⁵Guizzo, E. *How Google's self-driving car works. IEEE Spectrum*, **2011**.

¹⁶Hudda, R.; Kelly, C.; Long, G.; Luo, J.; Pandit, A.; Phillips, D.; Sheet, L.; Sidhu, I. *Self Driving Cars, College of Engineering - University of California, Berkeley*, **2013**.

¹⁷*Driverless Car*. Disponível em: <<http://www.driverlesscar.com>>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

¹⁸*Velodyne Lidar*. Disponível em: <<http://www.velodynelidar.com>>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

¹⁹Delphi. Disponível em: <<http://www.delphi.com>>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

²⁰Continental. Disponível em: <<http://www.conti-online.com>>. Acesso em: 30 de maio de 2015.

²¹Knight, W. *Driverless Cars are Further Away Than You Think - MIT Technology Review* **2013**.

V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI) E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



Desafios para Sustentabilidade Global



Gestão e Inovação Industrial

Apoio:



Realização:



SUMÁRIO – GESTÃO E INOVAÇÃO INDUSTRIAL

EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO	315
ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE GÁS NATURAL.....	323
GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR: DIFICULDADES E DESAFIOS	333
IMPACTO DO ACUMULO DE RODAGEM NA DEGRADAÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE PARA MOTOR CICLO DIESEL.....	343
INSERÇÃO DE CÉLULA ROBOTIZADA NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA.....	353
MELHORIA PRODUTIVA COM A IMPLANTAÇÃO DAS ROTINAS E PLANOS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO NO SETOR GRÁFICO	361
PERSPECTIVAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO UTILIZANDO DA FIBRA DE COCO VERDE.....	371
PROPOSTA PARA MELHORIA DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA UTILIZADA PELO CNTL POR MEIO DA INSERÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE E ESTATÍSTICA ..	382
SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS APLICADO NA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZANDO PROTOCOLO DIGITAL HART	393
TESTE DE UM SENSOR PARA MONITORAMENTO DO REVESTIMENTO EPÓXI DOPADO COM CORANTE FLUORESCENTE, APLICÁVEL EM DUTOS DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E COMPONENTES DE PIPELINE.....	403
UMA REVISÃO TEÓRICA A RESPEITO DA SELEÇÃO E GESTÃO DO RELACIONAMENTO COM FORNECEDORES	417
UMA SOLUÇÃO PARA GESTÃO DE EAD BASEADA NA INTEGRAÇÃO DE MOODLE COM O TOTVS	427

EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO **Julianna Berger¹, Mariangela T. Nakane² e Renelson R. Sampaio³**

¹Bolsista de Iniciação Científica da Faculdade SENAI Cimatec juliannabribeiro@hotmail.com

²Doutoranda Bolsista da Faculdade SENAI Cimatec, mariangelanakane@gmail.com

³Faculdade SENAI Cimatec. renelson.sampaio@fieb.org.br

RESUMO

A inovação tecnológica leva a melhoraria da produtividade e competitividade das organizações, impulsionando o desenvolvimento econômico. É fato que a difusão e transferência de tecnologia são fundamentais para o processo inovativo, uma vez que este envolve difusão e geração de conhecimento. No segmento agropecuário, a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, empresa pública ligada ao MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, destaca-se como em pesquisa e inovação. Considerando estes aspectos, este artigo tem como objetivo apresentar algumas das mídias utilizadas pela Embrapa na difusão de informação especializada e discorrer sobre a sua contribuição para o processo inovativo no cenário do agronegócio nacional. As mídias são segmentadas, tendo ênfase científica e tecnológica e possuem linguagem adequada ao usuário. Dentre as mídias, pode-se citar programas de TV e rádio, boletins, cartilhas, artigos técnicos, entre outros, direcionados a pesquisadores, produtores rurais, extensionistas, professores rurais e demais. Concluiu-se que a segmentação das mídias (científica e tecnológica) e adequação aos usuários tem auxiliado a adoção das tecnologias pelo produtor rural e o desenvolvimento de novas tecnologias, contribuindo para o agronegócio brasileiro.

Palavras-Chaves: *Embrapa, Inovação, Mídias, Tecnologia.*

ABSTRACT

Technological innovation improves productivity, competitiveness and economic development. The diffusion and technology transfer are important to innovation process, whereas this involves diffusion and knowledge generation. In agribusiness, EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research Corporation, a public company linked to MAPA - Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, stands out as in research and innovation. Considering these aspects, this article aims to present some of media used by Embrapa to disseminating specialized information and discuss their contribution to the innovation process in agribusiness. The media are targeted -

science and technology - and have adequate language to the public. Some media are TV and radio programs, newsletters, brochures, technical articles, among others, targeted at researchers, farmers, extension agents, rural teachers and others. It was concluded that the segmentation of media (science and technology), proper to public was importante to adoption of technologies by farmers and the development of new technologies, contributing to the Brazilian agribusiness.

Keywords: Embrapa, Innovation, Media, Technology.

INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica constitui uma ferramenta essencial para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações, assim como para impulsionar o desenvolvimento econômico de regiões e países. Há vários exemplos de países que vêm conseguindo superar o subdesenvolvimento com investimentos em educação e tecnologia e com isto, atuando em setores mais inovadores e dinâmicos da economia mundial [1]. Ela resulta, dentre outros aspectos, da disposição de correr riscos, de interações humanas, transferência de informações e tomadas de decisão, com uma certa complexidade [2].

A inovação é aceita somente se houver a adoção do conhecimento, promovido por um sistema de informação, a ela associado. A efetivação ocorre quando resulta na geração de conhecimento no indivíduo, no grupo ou na sociedade [3].

A comunicação tem importância fundamental no processo de difusão e transferência de tecnologia. Pode ser realizada por intermédio de publicações, documentos, seminários, palestras, programas de televisão e rádio ou mesmo contato direto, a depender do público a que se destina.

Vieira, Oliveira e Dommit [4] relatam que para Rogers, difusão de tecnologia seria o processo pelo qual a inovação é comunicada utilizando determinados canais e com o objetivo de reduzir o tempo entre a geração e adoção da tecnologia; e para Bacaltchuk, ela envolve a produção e o desenvolvimento da tecnologia dentro da cadeia produtiva e a retroalimentação das informações pelos usuários, por meio da cooperação entre produtores, extensionistas e pesquisadores.

Para Araújo [2]., a transferência de tecnologia corresponde a ideia de “retirar o conhecimento de dentro do laboratório e da informação e colocá-lo nas mãos dos usuários”, sendo que este conhecimento deve estar em linguagem compreensível para o usuário potencial.

A transferência de tecnologia requer a assimilação da informação e a geração de conhecimento [3]. Hayami e Ruttan [5], ao descrever a transferência de tecnologia em agricultura entre países, relatam que esta envolve a produção de tecnologia adaptada ao local, a partir da tecnologia importada. Ela não se resume apenas em comunicar a informação ao usuário potencial. Mendes [6], ao citar o estudo de Solo e Rogers, relata que para a transferência de tecnologia, não somente a movimentação de tecnologia de um local para outro é importante, mas é imprescindível que a empresa receptora desenvolva tecnologia própria (mesmo sendo uma adaptação) a partir da que foi recebida.

Para que a transferência de tecnologia e transferência de informação científica aconteçam é necessário que existam pessoas que emitam e pessoas receptoras de informação, independente dos mecanismos utilizados para tal [7].

No âmbito da comunicação científica e tecnológica, esta é realizada por canais formais ou de literatura e os informais ou pessoais, sendo que ambos possuem importância, quando analisados sob um contexto geral. É importante que estes canais de comunicação sejam em linguagem passível de ser entendida pelo receptor, para que não haja barreiras para a absorção e utilização do conhecimento [2].

No segmento do agronegócio, a Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária destaca-se como empresa de pesquisa e inovação. É uma instituição pública vinculada ao MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias, conhecimentos, e informações técnico-científicas voltadas para a agricultura e pecuária brasileira, contando com 46 Unidades de Pesquisa e Serviços, atuando em todas as regiões do país. Atua em cooperação com diversas instituições de pesquisa nacionais e internacionais, e empresas privadas Sua Missão é “*Viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira*”. Contribui fortemente para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro, devido a sua atuação baseada em transferência de tecnologia e disseminação de conhecimento para o setor produtivo, aliado a seu modelo de atuação em parceria com o Governo, outras instituições de pesquisa e com o setor produtivo. [8]

Devido a importância da Embrapa em pesquisa e inovação, este artigo tem como objetivo apresentar e discorrer sobre seu processo de disseminação e transferência de tecnologia.

METODOLOGIA

Esta pesquisa, de caráter exploratório, aborda estratégias de Pesquisa, desenvolvimento e Inovação a partir de um estudo de caso elaborado na EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [9].

Inicialmente, foram coletadas informações sobre a Embrapa, no portal da empresa, em livros e artigos, visando conhecer a instituição e seus processos. Para tal, foi utilizado *google* acadêmico e portal Capes de periódicos, com a palavra-chave “Embrapa”. Para a temática transferência de tecnologia, a busca foi realizada utilizando a expressão “transferência de tecnologia”; “difusão de conhecimento” e selecionados os artigos que se adequavam ao contexto estudado.

Para o levantamento de dados, foram utilizadas informações do site da empresa, sistema de informação Alice e Infoteca-e, para verificar a quantidade de publicações de artigos, boletins, entre outros tipos de publicações. A busca foi realizada selecionando inicialmente o tipo de mídia (artigos, boletins, etc) e posteriormente, foi selecionada a ordenação por “data de envio”. É importante ressaltar que, para as publicações mais antigas (anteriores aos anos 1990), a data de envio pode não corresponder à data da publicação, visto que o sistema informatizado da Embrapa se iniciou em 1991.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Embrapa exerce papel fundamental no segmento do agronegócio, com o desenvolvimento de pesquisas e inovação e disseminação do resultado para pesquisadores, produtores rurais, extensionistas, entre outros. Utilizando mídias adequadas para cada público e com linguagem acessível, a Embrapa contribui significativamente para a implantação e utilização de novas tecnologias desenvolvidas por ela, assim como auxilia pesquisadores para o desenvolvimento de novas pesquisas. Os resultados das pesquisas que são passíveis de transferência são segmentados em produtos (cultivares, fertilizantes, produtos multimídia, software, ração, etc), processos (práticas agropecuárias, processos agroindustriais, etc), serviços (treinamento/capacitação, consultoria, análise/levantamento, etc) e ativos de base tecnológica (banco de microrganismos, banco de compostos e substâncias, etc). Seus resultados de pesquisas, passíveis de transferência tecnológica são categorizados como sendo: a) produtos; b) processos; c) serviços; d) ativos de base tecnológica. [6]

A Embrapa possui diversas mídias (com ênfase científica e tecnológica), adequado ao tipo de público, conforme pode-se verificar nas Tabelas 1 e 2.

O sistema Alice (Acesso Livre à Informação Científica Embrapa) tem como objetivo reunir, organizar, armazenar e disseminar a produção científica dos pesquisadores da Embrapa. Essas informações são disponibilizadas em forma de capítulos de livros, artigos em periódicos indexados, artigos em anais de congressos, teses e dissertações, técnicas, entre outros, compondo uma rede global de informação científica. [8]

A Infoteca-e (Informação Tecnológica em Agricultura) tem como objetivo reunir e permitir que as informações sobre tecnologias desenvolvidas pela Embrapa estejam acessíveis aos produtores rurais, extensionistas; técnicos agrícolas, estudantes, cooperativas e professores de escolas rurais. Para que as informações sejam de

fácil entendimento e para melhor assimilação, toda essa referência é passada por boletins, cartilhas, programas de rádio e televisão, entre outros, com linguagem adaptada. [8]

Tabela 1 – Comunicações científicas (Alice)

Mídias	Produção de mídias (nº)				
	1991 a 1995	1996 a 2000	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2015
Artigo em anais de congresso	174	1313	2528	6921	11830
Artigo em periódico indexado	430	2421	2914	4190	6661
Capítulo em livro técnico-científico	15	147	96	471	855
Livros científicos	7	4	22	57	98
Nota técnica	1	8	11	37	98
Outras publicações científicas	32	8	11	20	65
Resumo em anais de congresso	308	2351	1172	5015	10604
Teses - dissertações	17	23	52	92	178
Texto para Discussão	0	3	20	18	9

Fonte EMBRAPA [8]

As comunicações segmentadas em científicas e tecnológicas, são direcionadas ao público diverso – principalmente pesquisadores e produtores rurais - apoiando a disseminação e transferência de tecnologia. O processo de difusão e transferência de tecnologia desenvolvido pela Embrapa vem contribuindo para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro, seja pela informação de novos métodos de plantio, de combate a pragas, ou pela disponibilização de sementes de cultivares mais resistentes a pragas e adequadas ao clima e/ou solo regionais [10].

É importante destacar que a Embrapa mantém parceria com instituições de extensão rural (Ater), atualmente sob responsabilidade do Ministério de Desenvolvimento Agrário – MDA, que apoiam a disseminação das tecnologias aos produtores rurais [8].

Tabela 2 – Comunicações Tecnológicas (Infoteca e)

Mídias	Produção de mídias (nº)				
	1991 a 1995	1996 a 2000	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2015
Artigo de divulgação na mídia	17	51	84	724	1064
Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento	155	239	655	1125	862
Circular Técnica	184	436	628	981	587
Colecção Criar, Plantar	2	30	28	80	13
Comunicado Técnico	432	1086	1595	2233	1355
Dia de campo na TV	0	0	1	19	17
Documentos	496	823	1453	2320	1410
Folders/Folhetos/Cartilhas	122	346	802	2024	1311
Livros técnicos	2	16	57	68	117
Outras publicações técnicas	32	8	11	20	65
Prosa Rural	0	0	0	497	975
Recomendação Técnica	7	17	93	23	25
Séries anteriores	358	835	266	279	17
Sistema de Produção	7	4	36	43	475

Fonte: EMBRAPA [8]

4. CONCLUSÃO

A inovação, vista como um processo de relações interativas entre a ciência, tecnologia, sistema produtivo, envolve aprendizado destas instâncias. A geração e

difusão de tecnologia tornam-se importantes para incentivar os processos de aprendizagem e inovação [6].

O processo de difusão e transferência de tecnologia se faz importante, visto que a difusão da inovação acontecerá somente se a informação sobre suas características de uso e valor forem transmitidas para os usuários. O conhecimento produzido por “*learning by using*” será eficiente com o contato direto do fornecedor com o usuário, devido a necessidade de informações sobre este novo produto ou soluções para eventuais problemas. Somente a comercialização de produtos não seria suficiente para uma efetiva transferência e difusão das novas tecnologias [11].

A Embrapa possui diversas mídias direcionadas a pesquisadores, empresas, produtores rurais e sociedade para disseminar e transferir as tecnologias produzidas, estando segmentadas em científicas e tecnológicas e adequadas a cada tipo de público.

As mídias com ênfase tecnológica vem contribuindo para a geração de conhecimento para o produtor rural, apoiando a adoção de tecnologias e conseqüente melhoria de produção/ produtividade de diversas culturas. As científicas vem apoiando o desenvolvimento de novas pesquisas, assim como a interação da Embrapa com outras instituições de pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

¹TIGRE, P.B. *Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil*. 2a. ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2006, cap 1

²ARAÚJO, V. M. R. H. Estudo dos canais informais de comunicação técnica: seu papel na transferência de tecnologia e na inovação tecnológica. *Ciência da Informação*, **1979**, 9, 79.

³BARRETO, A. A. A Transferência de Informação, o Desenvolvimento Tecnológico e a Produção de Conhecimento. *Informare: Cad. Prog. Pós-Grad. Ci. Inf.*, **1995**, 1, 10.

⁴VIEIRA, O. V.; OLIVEIRA, M. F.; DOMIT, L. A. Treino e Visita: Experiência da Embrapa Soja e da Iniciativa Privada na Transferência de Tecnologia. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, **2004**, 21, 278.

⁵HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. *Desenvolvimento Agrícola: teoria e experiências internacionais*. Embrapa: Brasília, 1988, cap 9.

⁶MENDES, C. I. C. *Transferência de Tecnologia da Embrapa: Rumo a Inovação. Tese de Doutorado*. Universidade Estadual de Campinas, 2015.

⁷PASSOS, F. U.; SANTOS, D. A geração de informações para transferência de tecnologia pela Embrapa: aferindo a adequação de algumas mídias. *Revista Gestão e Planejamento*, **2005**, 12, 71.

⁸Sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 19 jun. 2015

⁹YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2a ed. Bookman: Porto Alegre, 2001.

¹⁰NAKANE, M.T.; SAMPAIO, R.R. *Anuário de Trabalhos Apresentados IV Workshop de Pesquisa Tecnologia e Inovação PTI. Desafios e Oportunidades para o Desenvolvimento Industrial no Estado da Bahia*. Salvador, Brasil, 2014.

¹¹LUNDEVALL, B.Å. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. *Revista Brasileira de Inovação*, **2009**, 8, 34.

ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE GÁS NATURAL

Sheila Issa da Silva^[1]; Edna dos Santos Almeida^[1]

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec. E-mail: sheilaissa@gmail.com

RESUMO

As estratégias mercadológicas de muitas organizações vêm buscando gerir e controlar seus processos. As certificações em normas internacionais são muitas vezes exigências dos clientes, formando um padrão de mercado. A opção para implantação de sistemas de gestão único, que integre todos os processos e coordene seus múltiplos requisitos, pode ser o chamado Sistema de Gestão Integrada (SGI). É um sistema que contempla os requisitos das normas NBR ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, que regulamentam, respectivamente, o Sistema de Gestão da Qualidade, o Sistema de Gestão Ambiental e o Sistema de Gestão da Saúde e Segurança no Trabalho. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de estudar a implantação do SGI de Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança em uma empresa concessionária de gás natural. Os resultados mostraram o potencial de organização e controle documental e operacional que caracterizam um SGI na organização. No entanto para que este seja certificado nas normas ISO e OHSAS ainda será necessário atendimento a requisitos de Segurança e Meio Ambiente ainda não conforme.

Palavras-chaves: Sistema de Gestão Integrada; Implantação; ISO.

ABSTRACT

The marketing strategies of many organizations have managing and controlling their processes. The certifications in international standards are often customer requirements, constituting an industry standard. The option for deploying single management system that integrates all processes and coordinate the multiple requirements, can be called the Integrated Management System (IMS). It is a system which includes the requirements of ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001, which regulate, respectively, the Quality Management System, Environmental Management System and Management System Health and Safety at Work. This work was developed with the main objective to study the implementation of IMS Quality, Health, Safety and Environment in a natural gas utility company. The results showed the potential organization and control documentary and operational featuring an IMS in the organization. However for this to be certified in ISO and OHSAS you still need to meet some requirements Security and Environment.

Keywords: Integrated Management System; Deploying; ISO.

1. INTRODUÇÃO

As organizações anseiam na busca por sistemas que controlem e gerenciem seus processos e os suportem na melhoria de desempenho. O Sistema de Gestão Integrada (SGI) é uma excelente alternativa para as empresas. Seu principal objetivo é ser responsável pela integração dos processos de uma companhia.

O SGI engloba os requisitos estabelecidos através de normas internacionais de gestão, a Organization for Standardization (ISO) e a Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS). A NBR ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos^[1] é focada na qualidade do produto ou serviço oferecido. A NBR ISO 14001 - Sistemas da Gestão Ambiental - Requisitos com orientações para uso^[2] objetiva a proteção do meio ambiente. A OHSAS 18001 – Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (SST)^[3] é voltada para a saúde do trabalho e segurança dos colaboradores da organização

Segundo Oliveira^[4], à medida que as organizações obtêm múltiplas certificações, cresce a necessidade de se desenvolver um sistema único, que coordene os múltiplos requisitos, que interagem os elementos comuns e reduza redundâncias. Ter atividades coordenadas e controladas dentro de uma organização através da integração dos princípios de Gestão Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança (QSMS), já significa a adoção de um SGI.

Muitas empresas apostam no SGI baseado nos benefícios que um projeto deste oferece. Oportunidade de mapeamento de processos e suas interfaces, redução de custos gerais, controle documental e operacional, padrões de qualidade do produto ou serviço, programas de auditorias como base para melhoria contínua, política de atendimento a requisitos legais, práticas de sustentabilidade, compromisso com o meio ambiente, responsabilidade social e garantia de implantação de controles de segurança do trabalho são alguns exemplos de ganhos na organização. Marshall^[5] diz que a ampliação da abrangência da qualidade nas atividades organizacionais pode também ser percebidas em responsabilidades que se agregam à área, como qualidade ambiental e qualidade de vida, ética e valores, hoje imprescindíveis e objetos de regulamentações nacionais e internacionais e de normas diversas, mostrando a crescente conscientização da sociedade, que impõe demandas e exerce pressões.

Outro ponto a ser considerado é a satisfação das partes interessadas (clientes, acionistas, empregados, fornecedores, sociedade).^[1] Segundo COUTO^[6], tudo na empresa deriva do cliente, que deve estar satisfeito para continuar comprando, para recomendar outros clientes.

A implantação do SGI exige também gestão de mudança organizacional, transformação de cultura, investimentos por parte da organização. O envolvimento da alta direção no desenvolvimento do projeto é indispensável.

Segundo o Inmetro^[7], na área de atuação de Suprimento de Energia Elétrica, gás e água são 113 empresas certificadas na ISO 9001:2008^[1].

Sendo assim, o presente trabalho visa estudar o processo de implantação do SGI de Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança em uma concessionária de Gás Natural (GN).

2. METODOLOGIA

O estudo de caso em uma empresa do segmento de GN tem como objetivo principal avaliar a implantação de um SGI. Para tal, se faz necessário que outros passos sejam concretizados, como a discussão dos conceitos e análise das fases de implantação do sistema na organização.

O estudo de caso compreendeu 2 etapas. A primeira etapa envolveu pesquisa documental a partir de análise de relatórios, apresentações, leitura crítica por meio de material bibliográfico disponível e comparativo de registros e resultados com as normas referidas fornecidas pela empresa.

Na segunda etapa, colaborando com o levantamento dos dados, foram realizados trabalho de campo, com entrevistas baseadas em um questionário de 10 perguntas acerca do projeto de implantação, realizadas com o gerente do projeto e os 2 consultores da empresa contratada para suporte na implantação do sistema. As entrevistas foram tratadas pela análise de conteúdo. Com base em suas percepções concluídas durante o projeto, foi possível contribuir com o resultado desse trabalho.

Os dados coletados foram analisados e comparados com os requisitos das normas ISO^[1-3] que pode fornecer ao final do estudo, uma metodologia que permitisse de forma descritiva a análise de forma integrada de informações de QSMS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A organização engajada no cumprimento do seu projeto definiu a implantação do SGI em todo o seu sistema distribuição de GN (ativos em operação) e faixas de domínios (novos empreendimentos), até os limites de influência junto a fornecedores, contratados, clientes e demais partes interessadas, além das áreas administrativas: sede e todas as bases operacionais.

Segundo o Relatório Final de Acompanhamento do Projeto^[8] da empresa, foi realizado investimento direto de R\$1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais) apenas em consultoria de assessoria técnica especializada para implantação de SGI de QSMS. Não foram contabilizados valores de investimento em treinamento, homem-hora, sistemas, manutenção, entre outros.

O prazo previsto para a execução do projeto teve duração de 24 meses, contando com um time de pessoas envolvidas diretamente, como: o Representante da Direção (RD), equipe técnica de consultoria com 2 profissionais disponíveis em tempo integral e durante todo o projeto, uma equipe de funcionários facilitadores, totais de um pouco mais de 50 pessoas, que foram capacitadas para implantação do projeto, conforme demonstrado na figura 1.

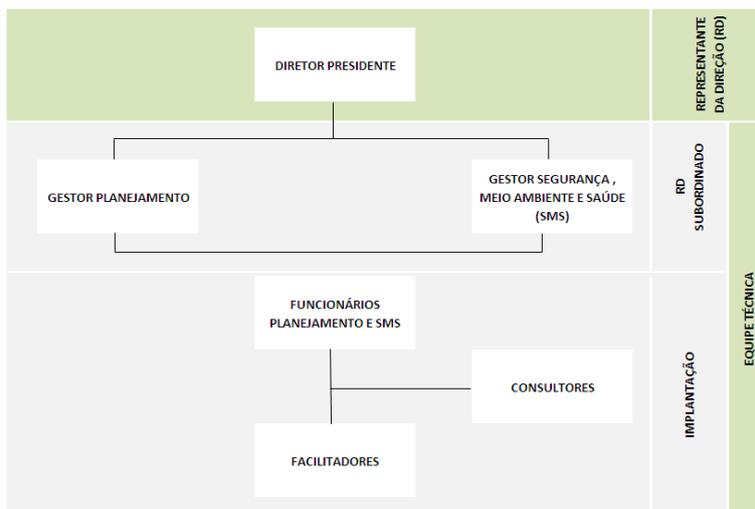


Figura 1. Equipe Técnica. Fonte: autor.

A companhia conservava desde 2002, a iniciativa de implantação de requisitos da qualidade, a partir de controle de emissão de documentos, com a elaboração de procedimentos, instruções de trabalho, formulários, entre outros.

Em 2013 deu-se início ao projeto de implantação. A política do SGI foi aprovada no final do projeto, em 2015 e esta em conformidade com a ISO^[1-3].

O Manual do SGI de QSMS divulgado na própria empresa contempla os seguintes itens indispensáveis e os descreve como:

Conformidade com os requisitos 5.6.1, 4.6 e 4.6 - Análise Crítica pela Direção, respectivamente da ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.

A Política de Qualidade, Saúde, Segurança e Meio Ambiente^[9], será analisada quanto ao seu contínuo alinhamento aos propósitos da organização através das reuniões de análise crítica pela alta direção, obedecendo a suas saídas que devem incluir quaisquer decisões à possíveis mudanças nas suas políticas, objetivos, metas e outros elementos do SGI, de acordo com melhoria contínua. Além dos registros dessas reuniões controláveis e rastreáveis;

Atendimento aos requisitos 5.3, 4.2 e 4.2 - Política da Qualidade, Política Ambiental e Política de SST, respectivamente da ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

A implantação e compreensão da política da empresa são garantidas através de apresentação pela alta direção, treinamentos de integração para todos colaboradores e terceiros e comunicação visual em pontos estratégicos da sede e todas as unidades;

Concordância com os requisitos 4.3.1 - Aspectos Ambientais da ISO 14001 e 4.3.1 - Identificação de Riscos, Avaliação de Riscos e Determinação de Controles da OHSAS 18001.

Aspectos e Impactos Ambientais, Perigos e Riscos de SST devem ser mantidos procedimento para continuamente identificar aspectos e perigos, avaliar impactos e riscos e determinar as medidas de controles necessárias ao cumprimento de sua política. Garantindo suas avaliações e efeitos desses controles no estabelecimento dos seus objetivos e indicadores estratégicos;

Conformidade com os requisitos 4.3.2 - Requisitos Legais da OHSAS 18001 e da ISO 14001.

Requisitos Legais: reiteração de seu compromisso com a Saúde e Segurança das partes interessadas e com o Meio Ambiente.

A legislação aplicável às atividades desenvolvidas pela companhia é disponibilizada e atualizada eletronicamente pelo seu sistema de Monitoramento de Requisitos Legais SYMLEX^[10]. Uma ferramenta *on line* que auxilia no conhecimento e controle de atendimento as legislações aplicáveis, sejam elas ambientais ou de Segurança e Saúde Ocupacional, em todos os seus âmbitos (federal, estadual e municipal).

Durante todo o projeto, os marcos definidos eram monitorados e medidos sobre o atendimento de prazo e evolução física do projeto e são apresentados conforme o Gráfico 1. Acompanhamento do Projeto por Atividade.

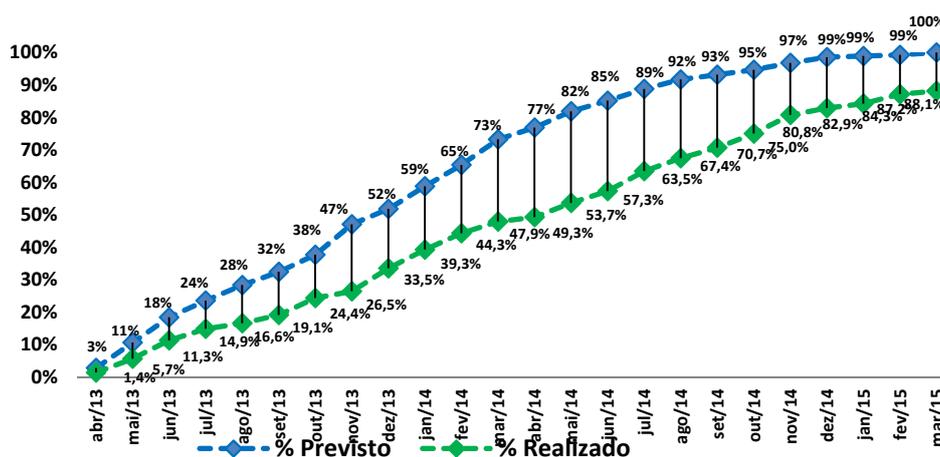


Gráfico 1. Acompanhamento do Projeto por Atividade. Fonte: autor

A organização alavancou ganhos significativos que mostraram a importância de um sistema de gestão e principalmente que integrasse todas as suas áreas e seus

processos. Dentre os principais avanços atingidos durante o projeto de implantação, se destacam:

O atendimento aos requisitos 4.2.3; 4.4.5 e 4.4.5 - Controle de Documentos, respectivamente da ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.

Considerando toda a sistemática de controle de documentos do SGI, regulamentos e controle de registros. Isso organizou e criou padrão de documentos em todos os processos;

O atendimento aos requisitos 4.5.3.2 - Não conformidade, ação corretiva e preventiva da OHSAS 18001; 4.5.3 - Não conformidade, ação corretiva e ação preventiva da ISO 14001 e 8.3 - Controle de produto não conforme da ISO 9001;

A implantação do sistema de Gestão de Anomalias, controlando o não atendimento a um requisito, produto ou serviço não conforme. A organização precisou estabelecer, implementar e manter procedimento(s) para tratar a(s) não conformidade(s) real(is) e potencial(is), e para executar ações corretivas e preventivas.

Implantação de Auditorias Internas como forma de verificação do cumprimento e entendimento do seu sistema de gestão, conforme a norma NBR ISO 19011 - Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão^[11];

Segundo OLIVEIRA^[4], o principal objetivo de uma auditoria de sistema de gestão é verificar o nível de conformidade do sistema de gestão implantado, aumentando assim, o nível de segurança nos ambientes de negócios e nos controle estabelecidos, revelando possíveis inconsistências estruturais, disfunções, desvios de procedimentos, integrando a empresa numa cadeia permanente de avaliação, otimizando processos e identificando atividades que não agregam valor.

Implantação dos requisitos 4.4.2 e 4.4.2 - Competência, Treinamento e Conscientização ambos da ISO 14001 e da OHSAS 18001 e o requisito 6.2.2 - Competência, Conscientização e Treinamento da ISO 9001.

Para área de Recursos Humanos, uma revisão do Mapeamento de Competências foi realizada, além do plano de treinamento para profissionais da organização e avaliação de eficácia das ações realizadas para garantir a competência necessária;

Implantação de Sistema de Gestão Integrada em todas as instalações operadas e mantidas pela empresa.

Na Tabela 1. Projeto de Implantação do Sistema de Gestão Integrada pode-se observar o cumprimento das etapas com marcos e os prazos previstos e atendidos.

Tabela 1. Projeto de Implantação do Sistema de Gestão Integrada.

PROJETO DE IMPLANTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA				
ETAPA	MARCO	PRAZO		PRINCIPAIS ATIVIDADES
		PREVISTO	REALIZADO	
ESTRUTURAÇÃO	2	Mai/2013	Jun/2013	- Elaboração de Plano Detalhado de Implantação e Implementação do Sistema de Gestão Integrada
	3	Mai/2013	Out/2013	- Ajustes no cronograma do Plano Detalhado de Implementação do Sistema de Gestão Integrada - Elaboração dos Programas de Reunião e de Treinamento para todas as áreas da empresa
	4	Jun/2013	Jun/2013	- Realização dos Treinamentos relativos aos conceitos e implementação do Sistema de Gestão Integrada para Alta Direção, Gestores e Facilitadores
IMPLANTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO	5	Nov/2013	Dez/2013	- Análise e Revisão do Mapeamento de Processos
	6	Dez/2014	Em execução	- Desenvolvimento, revisão e implementação dos procedimentos do Sistema de Gestão Integrada
	7	Set/2014	Em execução	- Elaboração de Programas de Inspeções e Auditorias de QSMS - Lançamento do Programa Corporativo de Reconhecimento, baseado nos desempenhos individuais e das equipes
	8	Out/2014	Jul/2014	- Reavaliação e Redefinição do Programa de Treinamento
	9	Mai/2013	Fev/2015	- Estabelecimento do processo de Análise Crítica e planejamento dos ajustes necessários
	10	Mar/2015	Em execução	- Realização de Auditoria Interna do SGI

Fonte: Relatório Final de Acompanhamento do Projeto.

Durante a implantação muitos itens tiveram sucesso na execução e foram monitorados garantindo sua plena concepção. No entanto, outros não foram possíveis.

Entre os pontos críticos do processo de implantação, considerados impeditivos para um projeto de certificação, se destacaram os observados:

O não atendimento aos requisitos 4.3.2 e 4.3.2 - Requisitos legais e outros, ambos da ISO 14001 e da OHSAS 18001 e o requisito 7.2.1 - Determinação de requisitos relacionados ao produto, ISO 9001;

No mapeamento dos requisitos exigidos ao Sistema de Distribuição de GN, contemplando a rede de atendimento aos requisitos legais e outros requisitos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente foi levantado a necessidade de atendimento à algumas Normas Regulamentadoras (NR), as quais ainda não haviam sido atendidos.

As NR's relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e

Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), Decreto Lei 5.452/43^[12].

Das normas levantadas para necessidade de atendimento se destacam o atendimento à NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, NR 13 - Caldeiras e Vasos de Pressão, NR 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, além do cumprimento dos condicionantes da Licença de Operação.

A não conformidade no atendimento dos requisitos 4.4.1 - Recursos, funções, responsabilidades e autoridades da ISO 14001, o 4.4.1 - Recursos, funções, responsabilidades, prestações de contas e autoridades da OHSAS 18001 e o requisito 6.3 - Infraestrutura, ISO 9001;

Infraestrutura não adequada disponibilizada para Gestão de Materiais – Almojarifado.

O não atendimento aos requisitos 4.4.1 - Recursos, funções, responsabilidades e autoridades da ISO 14001, 4.4.1 - Recursos, funções, responsabilidades, prestações de contas e autoridades da OHSAS 18001 e o requisito 6.3 – Infraestrutura, ISO 9001;

Cumprimento dos planos de manutenção da Rede de Distribuição do Gás Natural (RDGN). Plano de manutenção de equipamentos críticos e conservação de instalações.

A discordância nos requisitos 4.3.2 e 4.3.2 – Requisitos legais e outros, ambos da ISO 14001 e da OHSAS 18001 e o requisito 7.2.1 – Determinação de requisitos relacionados ao produto, ISO 9001;

Implantação dos controles operacionais que garantam as condições de SST na sede e bases da companhia (Exemplos: Alvarás de funcionamento, Limpeza de reservatório de água, Manutenção de ar condicionado).

O não atendimento ao requisito 4.2 – Requisitos de Documentação da ISO 9001; Continuidade na Implementação do Controle de Registros com o projeto Gestão de Documentos e Registros - GDR

Além do descumprimento ao Atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos, requisito da ISO 14001, ISO 9001 e OHSAS 18001.

Gerenciamento de Resíduos que garanta o armazenamento temporário, transporte e destinação final. A disposição adequada dos resíduos que deve ser seguido.

A empresa optou pela implantação da Responsabilidade Social - SA 8000, que é uma norma internacional de avaliação da responsabilidade social, em um segundo momento.

Observou-se a necessidade de trabalhar a gestão de mudança na organização, ou seja, gerir as mudanças decorrentes das novas práticas.

As fragilidades observadas no atendimento aos requisitos 4.4.2 e 4.4.2 - Competência, Treinamento e Conscientização ambos da ISO 14001 e da OHSAS 18001 e o requisito 6.2.2 - Competência, Conscientização e Treinamento da ISO 9001 são observadas quando os funcionários assumem responsabilidades de tarefas, mas não fazem gerenciamento da rotina, sendo assim, se comprometem com prazos infactíveis e planos de ação sem fazer uma avaliação das suas atividades.

Durante o monitoramento em auditorias e/ou com indicadores se descobre que o realizado não foi exatamente o planejado, ou nem foi executado, causado por dimensionamento de prazos sem o devido gerenciamento de rotina. Isso pode ser observado na Tabela 1. Projeto de Implantação do Sistema de Gestão Integrada, assim como também no Gráfico 1. Acompanhamento do Projeto por Atividade. Os projetos se encontravam em sua maioria com defasagem dos prazos estabelecidos.

Recomenda-se a questão de uma liderança mais incisiva na cobrança pra competência dos planos de ação e que gerencie isso dia a dia.

Observou-se que a Melhoria Contínua não esta fortalecida. A cultura organizacional não esta amadurecida suficiente para a prática da melhoria.

Analisando o ciclo do PDCA (Plan, Do, Check e Act), a etapa de execução, que corresponde ao “Do”, se configura como a mais complexa, pois se trata da elaboração e implementação das sistemáticas e controles operacionais necessários para o pleno atendimento aos requisitos das normas ISO^[1-3]. Segundo COUTO,^[6]as organizações planejam bem, produzem extensos e volumosos planos e procedimentos, mas na hora de implementá-los, a incidência é grande de não ser seguido. A Etapa “C” confirma a falta de cumprimento do planejamento. Com as etapas anteriores pouco praticadas, a etapa “A” que seria responsável por fechar o ciclo, asseguraria que tais problemas nunca mais ocorressem e iniciaria o ciclo virtuoso da melhoria contínua.^[6]

4. CONCLUSÃO

O projeto teve grandes avanços e ganhos para a organização que conseguiu promover melhorias significativas aos seus processos e sua integração. Além da implantação do controle documental, a elaboração da Política de QSMS e a maturidade no mapeamento de suas atividades, interações e atendimentos aos requisitos legais envolvidos no negócio.

O SGI encontra-se em estágio inicial de implantação, onde são evidentes muitas inconsistências relacionadas ao cumprimento dos requisitos legais, controles operacionais e o alcance dos objetivos previstos. Este não atingiu sua plena implantação em que o habilitaria para um processo de certificação. Existem pontos críticos impeditivos à um processo de certificação.

5. REFERÊNCIAS

¹ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR ISO 9001:2008 – Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos.

²ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR ISO 14001:2004 – Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso.

³OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMEENT (OHSAS). Norma OHSAS 18001:2007 – Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Requisitos.

⁴Oliveira, J. B.; *Como Auditar um Sistema de Gestão Integrado (SG)*, 1a. ed., Egba: Salvador, 2014.

⁵Marshall, J. I; Rocha, A. V.; Mota, E. A.; Quintella, O. M., *Gestão da Qualidade e Processos*, 1a. ed., FGV: Rio de Janeiro, 2012.

⁶Couto, B. A.; Marash, I. R., *Gestão por Processos em Sistemas de Gestão da Qualidade: conceitos, métodos e ferramentas para a melhoria contínua*, 1a. ed., Qualitymark, 2012.

⁷Sítio:http://www.inmetro.gov.br/gestao9000/Hist_Certificados_Emitidos_Cod_laf_atual.asp?Chamador=INMETROCB25&tipo=INMETROEXT

⁸Empresa Concessionária de Gás Natural. Documento Interno: Relatório Final de Acompanhamento do Projeto, 2015.

⁹Empresa Concessionária de Gás Natural. Documento Interno: Manual do Sistema de Gestão Integrada de QSMS, 2015.

¹⁰Sítio: Key Associados. Disponível em:
<<https://www.keyassociados.com.br/sym/manual/SOFTWARE%20DE%20LEGISLA%C3%87%C3%83O%20-%20MANUAL%20DE%20USO.pdf>>. Acesso em: 01 de julho de 2015.

¹¹ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR ISO 19011:2012 - Diretrizes para Auditoria de Sistemas de Gestão

¹²Brasil, Decreto Lei 5.452/43 - Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em: 22 de junho de 2015.

GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR: DIFICULDADES E DESAFIOS

Valnázia Andrade Pereira Ribeiro¹, Edna dos Santos Almeida²

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC - valniziaribeiro@ig.com.br¹, ednasa@fieb.org.br²

RESUMO: *Esse estudo trata sobre Acreditação Hospitalar através da Organização Nacional de Acreditação – ONA, que é uma metodologia reconhecida pela ISQua (International Society for Quality in Health Care) associação parceira da Organização Mundial de Saúde – OMS. O objetivo foi descrever o processo de implantação do hospital que busca atingir o Nível I da Acreditação. A metodologia está sendo implantada através da revisão e melhoria dos processos e da disseminação dos protocolos e políticas institucionais. Baseadas na literatura e em estudos científicos serão feitas análises comparativa entre o processo de acreditação hospitalar e a Norma ISO 9001:2008. As dificuldades relatadas durante o processo da implantação foram na inserção da cultura da qualidade e a resistência por parte de algumas lideranças. Em contrapartida já são evidentes alguns benefícios como o envolvimento dos colaboradores, melhoria da qualidade e segurança da assistência, padronização de rotinas e fluxos, melhoria do clima organizacional e o fortalecimento da comunicação. O hospital já está com os padrões da ONA implantados e aguarda a visita de avaliação onde busca o certificado de Acreditação Nível I.*

Palavras-chave: ISO 9001:2008; ONA; Qualidade; Certificação; Acreditação.

SUMMARY: *This study evaluated hospital accreditation by the National Accreditation Organization-ONA, which is a methodology recognised by ISQua (International Society for Quality in Health Care) association partner of the World Health Organization-WHO. The goal was to describe the deployment process of the hospital that seeks to achieve the level I accreditation. The methodology is being implemented through the review and improvement of processes and the dissemination of protocols and institutional policies. Based on literature and scientific studies will be made comparative analyses between the hospital accreditation process and ISO 9001:2008. The difficulties reported during the deployment process were on the culture of quality and resistance on the part of some leaders. On the other hand are already evident some benefits such as employee involvement, improve the quality and safety of care, standardization of routines and flows, improve the organizational climate and the strengthening of the communication. The hospital is already with the ONA deployed and awaits the visit of evaluation where the search level I Accreditation certificate.*

Key words: ISO 9001:2008; ONA; Quality; Certification; Accreditation.

1. INTRODUÇÃO

No cenário histórico e evolutivo da qualidade desde a época do feudalismo onde se praticava a troca de mercadorias e conforme Longo enfatiza, a gestão da qualidade total muda o enfoque de inspeção do produto final para o processo de realização, envolvendo toda a empresa,

entendendo-a como um conjunto de processos em que a noção do cliente e fornecedor ocorre tanto no âmbito interno quanto externo [1].

Armand Feigenbaum, 1951, em seu primeiro livro “Controle de Qualidade Total” estabeleceu os princípios da Gestão da Qualidade Total (“TQM”), a abordagem de qualidade e a rentabilidade os quais tem influenciado profundamente na estratégia de gestão e produtividade para os mercados mundiais nos Estados Unidos, Europa, Ásia, América Latina e Oriente Médio. Segundo este autor: “controle de qualidade total é um sistema eficaz para a integração do desenvolvimento da qualidade, manutenção e os esforços de melhoria dos vários grupos em uma organização, de modo que a produção e serviço aos níveis mais econômicos permitam a plena satisfação do cliente” [2].

Através da literatura é possível ainda verificar que não existe um conceito único para expressar o significado da qualidade, existe sim um conjunto de atributos, propriedades ou características relacionados a um produto que vão de encontro às necessidades e exigências dos clientes até homogeneidade dos resultados do processo [3].

Para atingir esses resultados aplicam-se ferramentas de melhorias que contribuem de forma eficiente à gestão do negócio como destaca o Ciclo PDCA ou Ciclo Deming, que é um modelo de melhoria contínua da qualidade e consiste em uma seqüência lógica de quatro etapas repetitivas para a melhoria contínua e aprendizagem. A sigla correspondente às iniciais P de plan (planejar); D de do (fazer, executar); C de check (conferir) e A de action (ação corretiva) [4].

PDCA é uma ferramenta importante para a qualidade e aplicada principalmente nas normas de sistema de gestão de forma a otimizar a execução dos processos, redução de custos, aumento da produtividade e, conseqüentemente a satisfação dos clientes, uma das principais finalidades do sistema de qualidade.

Para Maas e Reis (1994) apud Fonseca (2004), foi durante a I Guerra Mundial que o conceito de qualidade criou raízes, na medida em que os cientistas ingleses necessitavam melhorar a confiabilidade dos motores dos aviões de combate, permitindo que eles regressassem a sua base sem problemas de falhas mecânicas [5]. Diante dessa necessidade foi diagnosticado que faltava um sistema de gestão para análise do problem. Desta forma, 1987, a International Organization for Standardization – ISO oficializou a primeira série das normas ISO 9000 - Sistema de Gestão da Qualidade.

ISO (International Organization for Standardization) é uma organização de membros não-governamental independente e a maior desenvolvedora mundial de normas internacionais voluntárias. Já publicou mais de 19.500 normas internacionais, que abrangem quase todos os setores, da tecnologia, à segurança alimentar, à agricultura e à saúde. A família ISO 9000 aborda diversos aspectos da gestão da qualidade e contém alguns dos padrões mais conhecidos da ISO. Os padrões fornecem orientações e ferramentas para as empresas e organizações que querem garantir que seus produtos e serviços consistentemente atendam às necessidades do cliente e que a qualidade é constantemente melhorada.

A ISO 9001:2008 encontra-se em vigor e pode ser aplicada em qualquer organização, grande ou pequena, independentemente de seu ramo de atividade. Esta norma é baseada em uma série de princípios de gestão de qualidade, incluindo um forte foco no cliente, a motivação e implicação da gestão de topo, a abordagem de processo e melhoria contínua [6].

Hoje as empresas, independente de seu tamanho, deparam com demandas crescentes por lucratividade, qualidade e tecnologias que contribuam para seu desenvolvimento sustentável. Para transformar estas pressões em vantagem competitiva é preciso desenvolver um sistema de gestão eficiente e adaptado aos processos do negócio e usá-lo sistematicamente para manter e melhorar a organização. No entanto, todo sistema de qualidade precisa passar por um processo de validação por uma certificadora externa para chancelar o sistema implantado. Cabe ressaltar que o sistema de certificação é aplicável ao segmento industrial ou de serviços, a exemplo de hospitais, já o sistema de acreditação tem padrões de qualidade específicos para Serviços de Saúde.

No que se refere à gestão da qualidade em hospitais, os sistemas de acreditação hospitalar é uma referência de garantia da qualidade assistencial para a sociedade como um todo, trazendo como respostas a melhoria da qualidade da assistência, gerenciamento dos riscos clínicos e melhoria dos resultados financeiros institucionais.

Acreditação é o mais antigo e divulgado processo de avaliação externa de serviços, que resulta na atribuição de um certificado de mérito, podendo ser aplicada a diversos segmentos da área da saúde. No Brasil, a proposta de acreditação de serviços de saúde é ainda considerada inovadora, constituindo-se em uma alternativa moderna de avaliação do desempenho de serviços de saúde e de aplicação dos preceitos da qualidade. Assim como ocorreu nos EUA onde na década de 20, coube ao Colégio Americano de Cirurgiões lançar e liderar a ideia da acreditação hospitalar, também, no Brasil coube ao Colégio Brasileiro de Cirurgiões – CBC o papel pioneiro no desenvolvimento da acreditação quando em 1986, foi criada a Comissão Especial Permanente de Qualificação de Hospitais [7].

A história da Acreditação é dita quando em 1992 foi publicado o Manual para Acreditação de Hospitais, na América Latina e no Caribe por intermédio de parceria entre a Federação Latino Americana de Hospitais – FLH e a Organização Panamericana de Saúde – OPAS/OMS, em atuação conjunta com a Federação Brasileira de Hospitais, dentro do Programa de Garantia de Qualidade.

Para ser utilizado nacionalmente o manual da ONA foi testado em instituições de saúde nas cinco regiões do Brasil. Desde sua criação a ONA coordena o Sistema Brasileiro de Acreditação - SBA, que reúne organizações e serviços de saúde, entidades e instituições acreditadoras em prol da segurança do paciente e da melhoria do atendimento.

A publicação da 2ª edição do Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar deu-se em 1999, em 2001 a Portaria nº 1.970, de 25 de outubro aprova a 3ª edição do Manual de Acreditação

Hospitalar que o torna obrigatório no desenvolvimento do Processo de Acreditação Hospitalar no Brasil e em 2004 a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 12 – ANVISA, aprova 4ª edição do Manual Brasileiro de Acreditação de Serviços Hospitalar. A metodologia é reconhecida pelo Ministério da Saúde e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

Nesse contexto, a Acreditação Hospitalar através da Organização Nacional de Acreditação – ONA, é uma metodologia reconhecida pela ISQua (International Society for Quality in Health Care), associação parceira da Organização Mundial de Saúde – OMS e que conta com representantes de instituições acadêmicas e organizações de saúde de mais de 100 países. De caráter eminentemente educativo, está voltada para a melhoria contínua, sem finalidade de fiscalização ou controle oficial/governamental. Sem fins lucrativos certifica a qualidade de serviços de saúde no Brasil com foco na segurança do paciente, tendo como objetivo promover um processo constante de avaliação e aprimoramento nos serviços de saúde e, dessa forma, melhorar a qualidade da assistência no País.

Reiterando o compromisso do Ministério da Saúde e ANVISA com a qualidade nos serviços, em 25 de julho de 2013, através da RDC Nº 36, determina sua publicação que diz em seu Art. 1º: “esta Resolução tem por objetivo instituir ações para a promoção da segurança do paciente e a melhoria da qualidade nos serviços de saúde”.

Neste sentido, a proposta deste trabalho é demonstrar a importância do processo de Certificação na área hospitalar desde a sua implantação, ressaltando as dificuldades, benefícios e os resultados que tendem a reforçar a credibilidade, confiança e a sustentabilidade da instituição o que reflete no compromisso e na prestação de um atendimento integral e humanizado, assegurando aos clientes qualidade e segurança na assistência através de do sistema de Acreditação ONA.

2. METODOLOGIA

Este trabalho refere-se a um estudo de caso em um hospital.

O hospital objeto deste estudo é uma instituição de médio porte com mais de 20 anos de existência, atendendo a várias especialidades. Destacado pela excelência através de seu Laboratório de Análises Clínicas e Anatomia Patológica por ser certificado pela Norma ISO 9001:2008 tornando-se assim um diferencial no mercado.

A metodologia aplicada a essa pesquisa foi realizada em duas etapas: levantamento documental e entrevistas semi-estruturada.

A primeira foi o levantamento da documentação do sistema de gestão da qualidade do hospital e na literatura. O levantamento dos documentos do hospital nortearam os trabalhos que se traduz de forma descritiva e exploratória.

A segunda etapa foi elaborada através de entrevistas semi-estruturadas, formuladas com questões abertas e aplicada a colaboradores do hospital, consideradas como detentoras das informações de todo processo de implantação, possibilitando dessa forma uma visão mais ampla do processo. O objetivo foi obter informações quando da implantação da Norma ISO 9000 no laboratório e como e se deu a implantação do processo de Acreditação ONA no hospital considerando as dificuldades e benefícios.

Foram entrevistadas nesse estudo a Coordenadora de Qualidade do Laboratório que implantou a Norma ISO 9001 e da Coordenadora de Qualidade que está implantando o padrão ONA no hospital. As entrevistas ocorreram na própria unidade hospitalar.

Os dados obtidos através das entrevistas foram organizados em forma de texto, utilizando como base as questões aplicadas às entrevistadas referentes ao processo de implantação, impactos e os benefícios dos sistemas de qualidade.

A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos (Lüdke; André, 1986: 33-34) [8].

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

O objeto desse estudo é uma instituição hospitalar voltada para a preservação da saúde e da vida das pessoas, como resultados foram pontuados os maiores benefícios e dificuldades em implantar um sistema de acreditação na instituição.

A Coordenadora da Qualidade responsável pela implantação da Acreditação – ONA afirmou que: a escolha pela implantação da Acreditação ONA é por se tratar de uma Acreditação Nacional com padrões de qualidade específicos para Serviços de Saúde e considerada inovadora.

De fato, até julho/2015, 467 instituições foram acreditadas no Brasil, de acordo com a figura 1.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

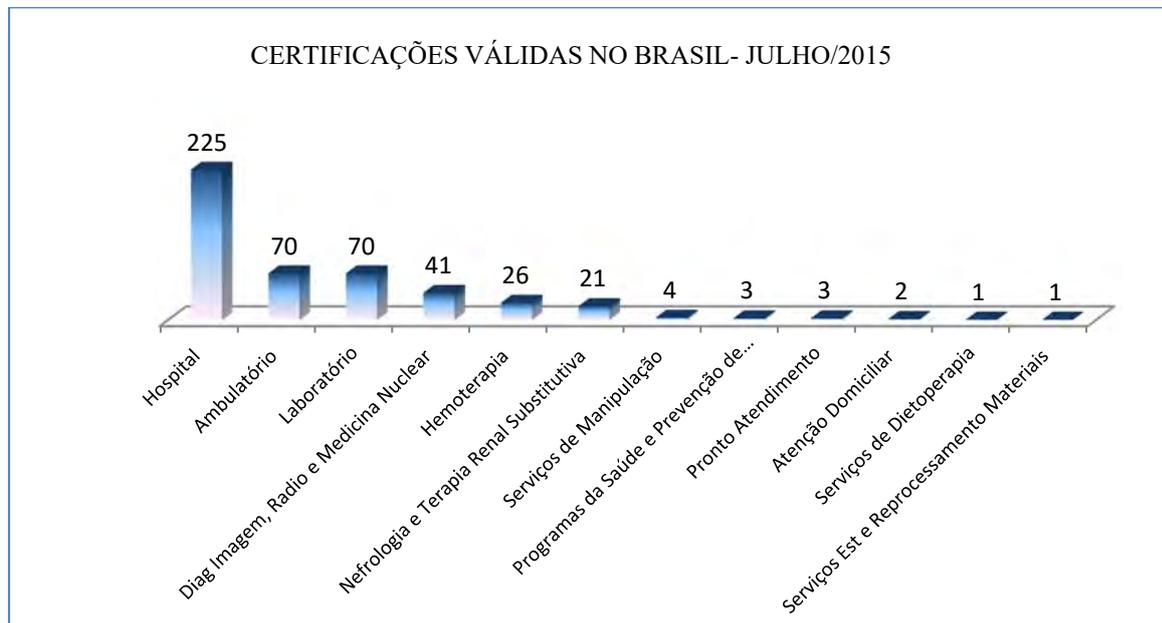


Figura 1: Representação gráfica do quantitativo de Certificações válidas no Brasil.

Fonte: Organização Nacional de Saúde – ONA (Jul.2015) [9]

Os principais benefícios com a implantação dos padrões da Acreditação segundo a Coordenadora da Acreditação do hospital foram a promoção do desenvolvimento dos colaboradores, fortalecimento da gestão clínica, através do uso e acompanhamento de indicadores assistenciais, melhoria da qualidade e segurança da assistência, melhoria do clima organizacional através do trabalho multidisciplinar, fortalecimento da comunicação e a padronização de rotinas e fluxos.

A Coordenadora complementa que em relação às dificuldades e os aspectos limitantes encontrados durante o processo de implantação cabe relatar resistências por parte de lideranças, que são naturais já que o processo de implementação propõe mudanças na operação e na gestão. Salienta-se que a implantação formal de um Programa de Qualidade requer o aprendizado de conceitos novos, mudanças de hábitos dos colaboradores, além de um trabalho intenso dos líderes.

Outras dificuldades encontradas foram na disseminação dos conceitos e da metodologia para toda a área operacional e na participação dos médicos que no hospital tem-se a sua maioria pertencente ao corpo clínico aberto.

Cabe relatar que foram identificados como pontos positivos os colaboradores das áreas assistenciais que estão participando e desejando trabalhar com a Acreditação, por entender que a Instituição não deve deixar de implantar essa metodologia pela possibilidade de trabalhar de forma mais organizada e padronizada.

A Coordenadora referenciou os padrões exigidos para Acreditação ONA – Nível I e as ações implantadas pelo hospital para atender esses requisitos:

Tabela 1: Manual da ONA – Dimensões da Qualidade, 4ª Versão, 2014.

SEÇÃO	SUBSEÇÃO	OBJETIVO	AÇÃO DO HOSPITAL
1-Gestão e Liderança	Liderança ; Gestão de Pessoas Gestão Administrativa Gestão Suprimentos Gestão Segurança Patrimonial Gestão Estrutura Físico-Funciona	- Identifica o modelo de gestão adotado - Aborda como o negócio da organização é conduzido por sua liderança e como a liderança é exercida.	O cumprimento desse padrão ocorreu através da implantação das Políticas Institucionais aprovadas pela Alta Direção
2- Atenção ao paciente/cliente	Gestão do Acesso; Internação; Atendimento Ambulatorial Atendimento de Emergência Terapia Antineoplásica Assistência Farmacêutica Assistência Nutricional	- Processos que envolvem os cuidados aos pacientes/clientes, estabelecendo relação entre as etapas necessárias e fundamentais p/ a prática clínica	Para cumprir esse padrão foram implantados Protocolos Assistenciais visando a melhoria e segurança dos serviços prestados e a capacitação de todos os colaboradores
3- Diagnóstico e Terapêutica	Processos Pré, Analíticos e Pós Analítico Diagnóstico por imagem Videoendoscopia	- Atividades e Serviços relacionados aos processos de apoio diagnóstico e terapêutica	Com o mapeamento dos processos foram realizadas auditorias internas, levantados pontos frágeis e implantadas melhorias nos processos
4- Apoio Técnico	Sistema informação; Gestão de Equipamentos / SCIH	- Atividades transversais que auxiliam o funcionamento da organização	Foram desenvolvidos Sistemas de Gestão para controle da Padronização, Informação E Gestão dos Equipamentos
5- Abastecimento e Apoio Logístico	Processamento de roupas CME, Higienização	- Atividades /serviços de abastecimento,	Realizado revisão nos processos e elaboração dos

		provimento e apoio logístico	Procedimentos Operacionais Padrão
--	--	------------------------------	-----------------------------------

Verificou-se que a certificação foi adotada na maioria dos hospitais da Bahia, totalizando 27 instituições, assim distribuídas: 9 hospitais, 7 ambulatórios, 3 instituições de Nefrologia e Terapia Renal, 3 laboratórios e 1 serviços de Hemoterapia, sendo que hospital objeto deste estudo de caso está em busca da Acreditação Nível I.

No que se refere à ordem financeira um dos principais requisitos para se atingir a certificação é o apoio e envolvimento da Alta Gestão. Dessa forma, já são esperados investimentos em estrutura física, equipamentos, processos e pessoas. Além disso, a questão comercial é fundamental no relacionamento com os convênios, pois a segurança e qualidade na assistência acarretam maior segurança aos colaboradores das áreas assistenciais.

O desejo da equipe é que o hospital obtenha a Acreditação Nível I num período em 12 meses que é um prazo possível, visto ser o nível I o nível básico, de segurança, mas para alcançá-lo será necessário o envolvimento e participação dos gestores em conjunto com suas equipes.

A Acreditação ONA trabalha com o conceito da melhoria contínua. Desta forma, o trabalho de melhoria dos processos assistenciais e administrativos deverá ter continuidade e já está incluído no Planejamento Estratégico da Instituição visando a evolução para o Nível II e posteriormente o Nível III.

A Coordenadora responsável pela Acreditação afirmou: “vale a pena ressaltar que a acreditação tem sido uma forma de gestão e controle aderente para a rede hospitalar público-privada. O hospital ao ser acreditado remete aos clientes que podem contar com uma instituição de saúde que oferece serviços controlados e que conferem mais segurança e qualidade na assistência, além de melhoria contínua na gestão hospitalar”.

Segundo a Coordenadora da Qualidade do Laboratório, no processo Certificação da Norma ISO:

“A alta gestão não pensava em implantar um processo de qualidade no hospital, quando da sua decisão, definiu que o processo seria iniciado pelo laboratório e com a implantação da Norma ISO 9000, que aconteceu em 2000. Ocorreu uma grande reforma dos setores técnicos do Laboratório de Análises Clínicas com adequação de espaços e reestruturação de toda área física. Em seguida foi realizado um trabalho de sensibilização e autoconhecimento da equipe. Durante nove meses trabalhou-se em prol da certificação: escrever procedimentos, reestabelecer rotinas, ajustar, controlar e apresentar esse trabalho à verificação de órgão certificador o que culminou com a certificação do Laboratório de Análises Clínicas e Laboratório de Anatomia Patológica”.

Foram consideradas como as maiores dificuldades: manutenção do envolvimento da equipe com os processos e controles, tendo em vista a prioridade na liberação de suas respectivas rotinas e o custo de manutenção da certificação.

Em contrapartida os maiores benefícios destacados com a implantação da Norma ISO 9001:2008 foram: o estabelecimento de regras claras e documentadas para todas as rotinas do serviço; controle efetivo dos processos; implantação e avaliação periódica de indicadores relacionados ao serviço prestador; possibilidade de melhoria dos processos a partir do registro de não conformidades e abertura de planos de ação.

Atualmente o Laboratório está vivendo um novo processo, o da Acreditação Hospitalar pelo Manual da ONA. A transição já está ocorrendo e de forma muito tranquila, visto que já está implantada na equipe a cultura do processo de qualidade. A expectativa é de que se possa adequar, alcançar o Certificado de Acreditação da ONA Nível I e manter sempre um Certificado de Qualidade.

Com esse estudo pode-se evidenciar que a acreditação é o modelo mais adequado para o processo assistencial, tendo um foco muito forte na atividade fim dos hospitais. A NBR ISO 9001:2008, por outro lado, é uma excelente ferramenta de Gestão da Qualidade. Somar à Norma de Acreditação a outra Norma como a ISO 9001:2008, resultará no sistema de gestão pela qualidade de excelência, pois, certificar visa comprovar a segurança no gerenciamento de processos tanto assistenciais como administrativos e de apoio, visando sempre uma Assistência Segura. Em contrapartida o hospital que é certificado na NBR ISO 9001:2008 pode utilizar o Manual como uma ferramenta de boas práticas de assistência.

4. CONCLUSÃO

Este estudo analisou o sistema de qualidade através da Norma ISO 9001:2008 implantada no Laboratório de Análises Clínicas e Patológicas e implantação da acreditação no Manual das Organizações Prestadoras de Serviços Hospitalares – ONA no hospital. Decorrente deste foi possível obter uma visão das dificuldades, vantagens na implantação e as mudanças ocorridas na instituição com esse processo.

As dificuldades mais relevantes que se destacaram durante todo o processo de implantação da Acreditação ONA hospital foram: a mudança de cultura, o envolvimento da equipe e a sistematização dos processos. Entretanto, superadas essas dificuldades o processo da implantação está transcorrendo de forma padronizada.

Consideradas vantagens na visão dos colaboradores é que a Acreditação contribui para constantes mudanças de hábitos e um novo estímulo para continuar a identificar as oportunidades de melhorias nos processos, o que reflete na prestação de um atendimento integral, humanizado e focado na segurança da assistência além de sistematizar as rotinas evitando desta forma o retrabalho.

Qualidade é um movimento mundial que visa dar sustentabilidade, reforça a credibilidade e a confiança da instituição. Com um mercado cada dia mais acirrado e competitivo, a velocidade das mudanças e a disseminação do conhecimento as empresas tem buscado diferentes formas para se destacar de seus concorrentes, uma delas é a implantação de programas voltados a

qualidade com o intuito de melhorar os seus processos e conseqüentemente os produtos e serviços oferecidos. Nas organizações prestadoras de serviços à saúde, enfoque dessa pesquisa, a Acreditação Hospitalar surgiu como uma ferramenta adequada para avaliar e padronizar a qualidade.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹Longo, Rose Mary Juliano, Gestão da qualidade: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. Brasília: IPEA, janeiro 1996. Disponível em <<http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/>>. Acesso em 20 junho 2015.

²Armand Feigenbaum. Feigenbaum Foundation. Disponível em <<http://www.feigenbaumfoundation.org/>>. Acesso em 20 junho 2015.

³Miguel, Paulo Augusto Cauchick, Qualidade: Enfoques e Ferramentas. São Paulo: Editora Artliber, 2001.

⁴Six Sigma. Deming Cycle, PDCA. Disponível em <<http://www.isixsigma.com/dictionary/deming-cycle-pdca/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

⁵Fonseca, M.F.M.; Trabalho de Conclusão da Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em <http://www.bu.ufsc.br/lista_de_administracao2004-2008/>. Acesso em 10 jun. 2015.

⁶Sítio da ISO: Disponível em <<http://www.iso.org/iso/home.html>>. Acesso em: 02 jul. 2015.

⁷CBA Consórcio Brasileiro de Acreditação. A História da Acreditação. Disponível em <http://cbacred.org.br/institucional/historico.pdf>. Acesso em 04 jul. 2015.

⁸Rocha, Décio. Daher, Maria Del Carmen. Sant'Anna, Vera Lúcia de Albuquerque. A Entrevista em Situação de Pesquisa Acadêmica: Reflexões numa Perspectiva Discursiva. Disponível em http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/a_entrevista_em_situacao_de_pesquisa_academica_reflexoes_numa_perspectiva_discursiva.pdf. Acesso em 04 jul. 2015.

⁹ONA – Organização Nacional de Acreditação. Manual das Organizações Prestadoras de Serviços de Saúde. 4ª Versão. 2014.

Hospital. Documentos Internos: Política da Qualidade do Hospital, 2015. Política da Segurança do Paciente, 2015. Manual da Qualidade, 2014. Procedimento da Gestão dos Riscos e da Segurança do Paciente, 2013.

IMPACTO DO ACUMULO DE RODAGEM NA DEGRADAÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE PARA MOTOR CICLO DIESEL

Luiz Enrique de Matos Assis¹, L. Lefol Nani Guarieiro^{1,2}

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil

²INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.

E-mail: luiz.assis@7lub.net, lilian.guarieiro@fieb.org.br

RESUMO

Os óleos lubrificantes em uso podem ser constantemente avaliados como sistema gerador de informações à manutenção mecânica do motor, principalmente para provisionamento de custos e programação de drenagem do óleo em serviço. Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do acúmulo de rodagem na degradação de óleo lubrificante para motor ciclo diesel. Foram utilizados dados referentes ao período de utilização dos óleos lubrificantes no acúmulo de diferentes períodos de quilometragem (10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000, 35.000 e 40.000 Km) de vinte veículos com motores ciclo diesel. Cinco variáveis foram avaliadas: oxidação, viscosidade e desgaste metálico (teor de ferro, cobre e silício). Análise de Variância (ANOVA) e Análise de Componente Principal (PCA) foram utilizadas para uma melhor mineração dos dados obtidos nos ensaios. Os dados obtidos demonstram que a qualidade do óleo utilizado reflete no acúmulo crescente de quilometragem do veículo e que a degradação do óleo está também relacionada com as condições de rodagem do veículo.

Palavras-chave: *óleos lubrificantes; motor diesel; qualidade; drenagem de óleo lubrificante;*

ABSTRACT

The analysis of lubricating oils for diesel engines are important as information generating system for mechanical maintenance of the engine, especially for provisioning costs and oil drain programming service. However, the reliability of these oils stay in the crankcase can be treated formally through statistical reliability methods. Thus, this study aimed to conduct an assessment of the extent of the drain interval of lubricating oils for diesel engines using statistical tools to estimate the degree of lubricant reliability in different periods of use. Data were used for the period of use of lubricating oils in kilometers twenty diesel engines. Five variables were evaluated: oxidation, viscosity and metal wear with the iron content, copper and silicon. Analysis of Variance (ANOVA) and Principal Component Analysis (PCA) were used for better data mining from tests. The data show that the quality of the oil reflects used

in a reliable extension of the lifetime of the same, but in some cases this factor will depend upon the vehicle driving conditions.

Keywords: *lubricant; diesel engine; quality; lubricant oil drain;*

INTRODUÇÃO

Os motores de combustão interna (MCI), neste caso os de ciclo Diesel, tornaram-se indispensável para vários setores da economia, desde o segmento de transporte de carga a transporte de passageiros. Existem diversos trabalhos relacionados a maneiras para obtenção do máximo rendimento e durabilidade desses motores e, com isso, também diminuir as emissões de gases nocivos ao meio ambiente.

Com o passar do tempo, o óleo aplicado no motor ciclo Diesel perde a suas propriedades. Com isso, a proteção que reveste as partes móveis que ficam em contato no seu interior, como bielas, anéis, cilindros, válvulas, entre outras peças, sofrem excessivo desgaste e conseqüente diminuição na sua vida útil. Para preservar e conservar o motor ciclo Diesel é muito importante avaliar o período ideal para drenagem do óleo aplicado, ação que representa economia, oferece maior vida útil, além de ajudar a resfriar e limpar o motor.

Em termos de elementos de máquinas, em especial MCI, a área de desenvolvimento de novos lubrificantes que reduzem o atrito tem recebido destaque, com conseqüente redução do desgaste. Para responder a esta demanda, foi escolhida como área de estudos as perdas mecânicas, mais precisamente aquelas causadas por lubrificação ineficiente que geram um acentuado desgaste e desprendimento de metais dos componentes lubrificados e estudos relacionados a degradação química e física do lubrificante com o decorrer do seu uso no motor, irregularidades estas facilmente identificadas pela análise de óleo.

Sendo assim, a análise do lubrificante consiste em coletar amostras de óleo em um determinado período de funcionamento do motor e, logo após avalia-las para determinar alterações tanto no motor quanto no óleo lubrificante [1].

Através de estudos realizados no perfil das partículas encontradas no filtro de óleo do motor após a drenagem do mesmo, com o objetivo de obtenção de informações sobre o desempenho e monitoramento do motor, pesquisadores [2] concluíram que os filtros possuem informações relevantes sobre as partículas de desgaste e outros contaminantes sólidos, ratificando assim a importância da substituição do filtro de óleo lubrificante no ato de drenagem do mesmo.

Recentemente [3] foi utilizado um procedimento para examinar óleos lubrificantes usados no transporte público, em Teresina-PI. As amostras de óleo usado apresentaram uma tendência de aumento na concentração de todos os metais analisados em relação ao óleo novo, sugerindo ainda que o aumento na concentração, desses metais, está relacionado com a qualidade das peças que constituem os motores e o tipo de percurso realizado pelo veículo. Os resultados expostos permitiram sugerir que a presença de Fe, Cu e Ni em óleos lubrificantes

usados é influenciada pelos fatores: ano de fabricação, distância percorrida e tipo do motor do veículo.

Outro estudo [4] focado nos níveis de desgaste através de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando diferentes misturas de biodiesel concluiu que em relação aos ensaios feitos, as imagens obtidas na ferrografia analítica indicaram que as partículas de desgaste possuem dimensões e morfologias normais para o regime de trabalho adotado, e as dimensões em sua maioria não ultrapassaram 10 μm , tamanhos este considerado como um desgaste normal. Em relação aos valores encontrados através da absorção atômica indicam a presença normal dentre os valores obtidos dos elementos. A avaliação realizada para determinar se os níveis de partículas encontrados estão dentro da normalidade baseou-se no monitoramento contínuo do equipamento, desta forma uma alteração brusca nas quantidades dos elementos presentes no óleo indicaria uma falha ou uma possível interferência externa (desalinhamento, desbalanceamento, sobrecarga) sobre o equipamento. Dessa forma, os autores concluíram que o uso de misturas diesel biodiesel não influenciou significativamente os resultados obtidos.

Existem também estudos em relação a manutenção preditiva de MCI movidos à gasolina [5], através da técnica de análise de lubrificantes, onde ele defende que esta análise permite identificar com clareza os primeiros sintomas de desgaste de um componente e que esta identificação é feita a partir do estudo da quantidade de partículas, tamanho, forma e composição, que fornecem informações sobre as condições das superfícies em movimento sem a necessidade de se desmontar o conjunto a qual estas partes pertencem. Analisando o óleo de dois MCI, à gasolina, um em estado avançado de deterioração e um outro novo, montados em uma bancada dinamométrica e com fornecimento de carga através de um redutor de velocidades, a pesquisa demonstrou que mesmo o motor em estado avançado de deterioração, a geração de partículas nem sempre é grande e que a utilização de apenas uma técnica de análise de lubrificante não é o suficiente para se determinar o estado do motor.

A variação na espessura do filme de óleo lubrificante ao longo de um ciclo é a razão das alterações do regime de atrito dos anéis do pistão, com conseqüente mudança nos regimes de lubrificação [6]. Pode ser estimada uma redução de 10% do atrito de acionamento do automóvel resultaria em até 3% de economia de combustível e uma redução de 18.750 toneladas na emissão de CO_2 .

Através do estudo da degradação do óleo de um MCI (análises de presença de metais e viscosidade) montado sob uma bancada dinamométrica e sua correlação com ensaios em campo, pesquisadores [7] concluíram um comportamento semelhante a uma condição confirmaram que este tipo de ensaio e pode ser utilizado para investigar características dos óleos lubrificantes. Neste sentido, em um estudo [8] realizado em 16 motores de tratores agrícolas estudando 6 diferentes variáveis (viscosidade, ponto de fulgor, diluição por combustível, fuligem, presença de água e desgaste metálico), mostrou que a utilização de ferramentas estatísticas aliada a análise do óleo lubrificante pode contribuir de forma mais assertiva na conclusão dos resultados, além de oferecer maior confiabilidade ao mesmo. Assim, utilizando um modelo do estimador de Kaplan Meier e de Cox [8] foi possível

identificar o comportamento do óleo lubrificante durante o período de uso de todos os motores estudados.

Os óleos lubrificantes desempenham um papel chave no aumento da vida de trabalho das máquinas rotativas. Afim de manter uma lubrificação apropriada, é importante não só utilizar óleos com propriedades adequadas, mas também controlar o seu estado de degradação de uma forma periódica [7]. O intervalo ideal de drenagem de um óleo lubrificante é feito pelos fabricantes de motores e se baseiam em médias obtidas pela observação dos hábitos de uso dos veículos por parte dos usuários [9], ou seja, baseia-se no tipo de serviço/operação em que o motor irá operar. Atualmente, através de uma legislação ambiental, requisitos tecnológicos, e pressão dos consumidores da indústria automotiva, exige-se que os lubrificantes tenham maior intervalo de drenagem e maior desempenho (menor desgaste de componentes e maior economia de combustível) [7]. Neste contexto, análises físico-químicas de óleos lubrificantes para motores de combustão interna são importantes para o controle de sua qualidade e para aumentar a vida útil dos equipamentos em que estes são utilizados. Através das análises dos lubrificantes, obtêm-se preciosas informações acerca do estado de conservação em que se encontram. Assim, as análises de óleo lubrificante são indicadores das condições do mesmo, possibilitando a otimização dos intervalos de troca e tempo de serviço, diminuindo os custos com a lubrificação [10]. Além disso, a avaliação periódica da qualidade do óleo utilizado no motor permite verificar a deterioração precoce do óleo e a procedência dos contaminantes metálicos, como indicado na Tab. 1, evitando danos aos mecanismos lubrificados.

Tabela 1 – Fontes típicas de elementos metálicos presentes no óleo lubrificante [10].

Elemento	Fontes típicas
Alumínio	Pistões e mancais
Cobre	Mancais, buchas e peças de bronze
Ferro	Cilindros, camisas, ferrugem e virabrequim
Silício	Poeiras
Zinco	Mancais e chapas galvanizadas
Chumbo	Mancais, gasolina e tintas

Dentre as metodologias de análise empregadas para avaliar a qualidade dos óleos lubrificantes, pode-se destacar o emprego da análise espectroscópica, que nos fornece meios rápidos para determinação dos elementos inorgânicos presentes nos óleos lubrificantes usados: metais de desgaste, de contaminação externa e de aditivos presentes [9]. Embora esta análise seja recomendada pelos fabricantes de motores, a viabilidade das análises periódicas somente foi reconhecida nas indústrias nacionais nas últimas décadas [11].

A confiabilidade tem sido uma das técnicas estatísticas empregadas com sucesso nas mais diversas áreas, permitindo uma abordagem objetiva dos problemas de funcionamento de produtos e estabelecendo critérios comuns para estudos. Desta maneira, uma análise do tempo de falha pode ser utilizada neste contexto, pois consiste num conjunto de técnicas estatísticas aplicadas à análise de dados de durabilidade, os quais podem ser oriundos de dados de campo [12]. Através da análise de variância pode se estimar as médias das populações sob estudo,

estudando ao longo do período o comportamento da variância calculada usando a média e, posteriormente comparando-a com a variância calculada sem utilizar a média.

A extração de informações dos resultados de um experimento envolve a análise de um grande número de variáveis [13]. Muitas vezes, um pequeno número destas variáveis contém as informações químicas mais relevantes, enquanto que a maioria das variáveis adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados em termos químicos. A decisão sobre quais variáveis são importantes é feita, geralmente, com base na intuição ou na experiência, ou seja, baseado em critérios que são mais subjetivos que objetivos. Isso justifica aplicação de ferramenta estatística para análise multivariada, a análise de componentes principais (PCA) que propõe a redução de variáveis através de critérios objetivos, permitindo a construção de gráficos bidimensionais contendo maior informação estatística.

O objetivo principal da análise de variância (ANOVA) é a comparação de mais do que dois grupos no que diz respeito à localização. Como exemplo podemos utilizar uma situação em que se deseja testar a eficácia de um novo fertilizante no tratamento de determinada praga através da administração de três tratamentos diferentes: o novo fertilizante, outro já existente no mercado para tratar a praga em questão e um placebo. Todos os tratamentos são usados em plantas que sofrem desta praga distribuídos aleatoriamente por três grupos. A análise de variância auxilia justamente na mineração dos resultados obtidos em testes como este, procurando dar respostas através da comparação das localizações dos diferentes grupos, e esta comparação é feita a partir da análise da dispersão presente no conjunto de dados.

A meta da análise de componentes principais é abordar aspectos como a geração, a seleção e a interpretação das componentes investigadas. Ainda pode-se determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente, que serão utilizadas para estudos futuros, tais como de controle de qualidade, estudos ambientais, estudos populacionais entre outros [13].

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do acúmulo de rodagem na degradação do óleo lubrificante para motor ciclo diesel através da análise de algumas propriedades físico-químicas de lubrificantes aplicando análise de variância (ANOVA) e análise de componentes principais (PCA) nos resultados obtidos através de ensaios realizados no óleo lubrificante de motor ciclo diesel durante um período de utilização superior (40.000 Km) ao proposto pelo fabricante do motor (30.000Km).

METODOLOGIA

2.1 Veículos utilizados no acúmulo de rodagem

Para avaliar os efeitos dos parâmetros operacionais do sistema motriz sobre a degradação do óleo lubrificante foram coletadas amostras de 20 ônibus da marca Volkswagen, modelo 17230 EOD, ano de fabricação 2010 e 2011, de operação diária estritamente urbana, com quilometragem média diária em torno de 210 Km e equipados com motor MWM 6.12 TCE – Euro 3 com dados técnicos descrito na (Tabela 2).

Tabela 2 – Especificações Técnicas do motor [14].

Especificações	
Nº de cilindros / cilindrada (cm ³)	6 em linha / 7.2
Diâmetro do pistão (mm)	105
Curso do pistão (mm)	137
Relação de compressão	16,9:1
Potência liq.máx – cv(kW)@rpm*	225(165)@2.200
Torque liq.máx – kgfm(Nm)@rpm	84,6(830)@1.200-1.600
Sequência de injeção	1-5-3-6-2-4
Sistema de injeção	Common Rail
Compressor de ar	Knorr – LK 38
Norma de emissões	Conama P5

(*) *Valores conforme ensaio NBR ISSO 1585*

Foram realizados ensaios no óleo lubrificante em diferentes acúmulos de quilometragens (Km): 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000, 35.000 e 40.000, com variação de mais ou menos 1.500 Km. O modelo do motor selecionado para o estudo possui seis cilindros em linha da Cummins introduzido em serviço em 2010 (10 veículos) e em 2011 (10 veículos). Estes são constituídos por três anéis (anel de topo, anel raspador de óleo e anel de controle de óleo). O motor é refrigerado a solução arrefecedora, composta de 50% de água e 50% de fluido de arrefecimento à base de monoetilenoglicol e naturalmente aspirado com injeção indireta.

2.2 Coleta e caracterização físico-química do óleo lubrificante

Na avaliação da degradação de óleo lubrificante com acúmulo de rotação foi realizada utilizando o lubrificante de especificação SAE 15W40, segundo norma ASTM D 445, classificação American Petroleum Institute API CI-4, e com viscosidade de 14,2 cSt à 100°C.

Na coleta do lubrificante foi utilizada uma bomba de vácuo manual, a qual estava fixado o recipiente plástico para armazenamento da amostra. O óleo foi coletado através de uma mangueira direcionada para a tubulação da vareta de medição de nível, a uma altura pré-determinada, o meio do cárter de óleo.

A caracterização físico-química das amostras coletadas foi realizada utilizando as metodologias descritas na Tab. 3. Para avaliação da oxidação foi utilizado o número **6 u.a.** como nível de alerta para oxidação, que corresponde aproximadamente a 20% acima do nível em que o óleo sai de fábrica.

Tabela 3 – Métodos de análise utilizados na avaliação dos óleos lubrificantes.

Tipo de Análise	Método	Equipamento
Viscosidade	ASTM D445	Viscosímetro automático
Oxidação	AMS 1707	Espectrofotômetro

Metais de desgaste (Fe, Cu, Si)	ASTM D5185	Espectrofotômetro
---------------------------------	------------	-------------------

2.3 Avaliação da degradação de óleo lubrificante utilizando ANOVA e PCA

A análise de variância, utilizando o software Excel 2010, foi aplicada aos resultados obtidos através dos ensaios realizados no óleo lubrificante para diferentes acúmulos de quilômetros. Os valores para a variância, estes chamados de “f” encontrados com os dados obtidos, são comparados aos valores da variância “f crítico” calculado no período analisado, sendo que para ANOVA, não existe diferença significativa entre as médias enquanto “f” for menor que “f crítico”.

Os períodos foram analisados separadamente para facilitar a percepção de em que ponto específico temos uma diferença considerável entre as médias da população para todas as variáveis de entrada escolhidas. Assim, este ponto determinará, por uma visão estatística, a perda das propriedades físico-químicas do lubrificante, onde sua permanência no cárter aumenta o risco de falha para o motor.

Em seguida, à todos os resultados obtidos aplicou-se a análise de componentes principais (PCA), para avaliar a influências estatísticas entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação do método estatístico ANOVA aos resultados obtidos através dos ensaios em lubrificantes usados, agrupando-os em diferentes períodos de troca, podemos observar que uma variável começa a apresentar diferença significativa entre as médias no início da operação (25.000 Km), como o Silício, outra variável apresenta esta diferença aos 30.000 Km como o Cobre, no entanto as variáveis mais significativas como: Viscosidade, Oxidação e Teor de Ferro apresentaram diferença entre as médias somente aos 35.000 Km de uso, período este já superior ao recomendado pelo fabricante para substituição do óleo, como podemos observar no Figura 1 abaixo:

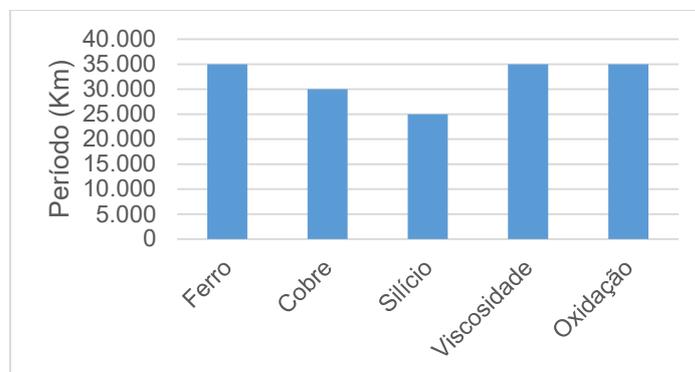


Figura 1 – Aplicação da Análise de Variância às propriedades estudadas

A variável Ferro e Cobre são metais tidos como de desgaste do motor, oriundos de partes móveis, diferente do Silício que é definido como um contaminante externo, o que pode explicar sua reação tão precocemente. O processo de oxidação é catalisado pela alta temperatura de operação do motor, sendo este de regime urbano de uso, opera na maior parte do tempo com alta rotação em marcha reduzida, o que aumenta significativamente a temperatura média do motor.

A ANOVA permitiu avaliar com segurança o impacto do acúmulo de rodagem no tempo de utilização do óleo lubrificante no motor dos veículos analisados, demonstrando que o óleo apresenta bons resultados para viscosidade mesmo em períodos superiores ao proposto pelo manual dos veículos analisados (35.000 Km), que nos leva a crer que a presença de contaminante externo e a oxidação não alteraram substancialmente esta variável.

Através da análise de variância foi observado também que as variáveis viscosidade, oxidação e as de desgaste metálico (Ferro) não tiveram efeito significativo sobre a distância acumulada de 30.000 Km rodados, estabelecido pelo programa de manutenção do motor recomendado pelo manual. Para o acúmulo de rodagem de 40.000 Km, embora o teor de Silício e Cobre tenham contribuído significativamente para diferença entre as médias aos 25.000 Km e 30.000 Km respectivamente, as outras variáveis se mantiveram dentro da confiabilidade e, estes resultados isolados não contribuíram para influir no período em questão.

Abaixo resumo dos resultados que demonstram os valores de “F” e “F Crítico” mensurados através do software Excel 2013 a partir dos resultados encontrados após análise físico-química da carga lubrificante (Tabela 4):

Tabela 4 – Valores de F e F Crítico para as variáveis estudadas.

ANOVA - Oxidação		
Período (Km)	F	F Crítico
10.000-15.000	0,0981	4,0982
10.000-20.000	0,3363	3,1588
10.000-25.000	1,7259	2,7249
10.000-30.000	2,3250	2,4675
10.000-35.000	10,3385	2,2939
10.000-40.000	39,2431	2,1674

ANOVA - Viscosidade		
Período (Km)	F	F Crítico
10.000-15.000	0,4578	4,0982
10.000-20.000	1,7356	3,1588
10.000-25.000	1,1910	2,7249
10.000-30.000	1,8425	2,4675
10.000-35.000	4,4866	2,2939
10.000-40.000	8,5304	2,1674

ANOVA - Cobre		
Período (Km)	F	F Crítico
10.000-15.000	0,3696	4,098172
10.000-20.000	0,2776	3,158843
10.000-25.000	1,0897	2,724944
10.000-30.000	16,825	2,467494
10.000-35.000	26,068	2,293911
10.000-40.000	35,644	2,167423

ANOVA - Ferro		
Período (Km)	F	F Crítico
10.000-15.000	0,0083	4,0982
10.000-20.000	0,0470	3,1588
10.000-25.000	0,5659	2,7249
10.000-30.000	2,1031	2,4675
10.000-35.000	9,6603	2,2939
10.000-40.000	17,7843	2,1674

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

ANOVA - Silício		
Período (Km)	F	F Crítico
10.000-15.000	0,7928	4,0982
10.000-20.000	2,5891	3,1588
10.000-25.000	6,3684	2,7249
10.000-30.000	15,8631	2,4675
10.000-35.000	18,6732	2,2939
10.000-40.000	27,5995	2,1674

3.1 Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise de componentes principais consistiu essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados e avaliar a relação entre as variáveis em estudo. Na Figura 2 estão os resultados obtidos das análises do óleo lubrificante com objetivo de reduzir critérios que são mais subjetivos que objetivos.

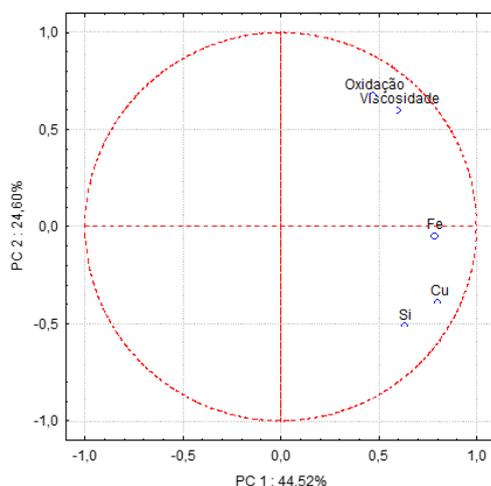


Figura 2 – Aplicação da Análise de Componentes Principais às propriedades estudadas

Analisando os resultados apresentados na Figura 2, podemos observar que as variáveis possuem pouca influência estatística entre si, ou seja, uma alteração na viscosidade, estatisticamente, não tem relação com a diminuição ou aumento no teor de cobre. Esta inferência pode ser observada comparando a distância entre as variáveis em relação ao eixo horizontal, pois quanto maior for a distância relativa entre as variáveis em relação a este eixo maior será a influência da variável que apresentar esta distância sobre as outras.

CONCLUSÃO

Dentro dos objetivos propostos por este trabalho, podemos concluir que a extensão do prazo de uso do óleo lubrificante até 40.000 Km não afetará de forma significativa as propriedades do óleo estudado. Contudo, pôde ser observado estatisticamente o ponto início (Km) onde as variáveis estudadas iniciam seu processo de “perda de características”. Assim, proprietários de veículos que utilizam o lubrificante especificado no presente trabalho e motores dentro dos

padrões estudados, poderão estender o prazo de troca até 40.000 km, desde que sejam realizadas as análises dos óleos lubrificantes dos motores, e isso irá garantir uma economia significativa com trocas evitadas, aumento de disponibilidade de equipamento e recurso humano além de uma redução no descarte de lubrificante usado.

REFERÊNCIAS

- [1] Fygueroa, S. J. *Mantenimiento de motores diesel*. Universidad de los Andes, Escuela de Ingeniería Mecánica, Mérida Venezuela, 1997.
- [2] MOUSA, M., & Gohar, N. S. *Monitoring the wear of internal combustion engines*. El-Minia: Faculty of Engineering, El-Minia University, 2006.
- [3] Silveira, E. L. C., Coelho, R. C., Neto, J. M. M., de Moura, C. V. R., & de Moura, E. M. Determinação de metais em óleos lubrificantes, provenientes de motores de ônibus urbano, utilizando a FAAS. *Quim. Nova*, **2010**, 33, 867.
- [4] Kimura, R. K. *Uso da técnica de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando-se misturas de biodiesel e diferentes níveis de contaminação do lubrificante*, Universidade Estadual Paulista, 2010.
- [5] MALPICA, L. (2007). *Manutenção preditiva de motores de combustão interna, à gasolina, através da técnica de análise de lubrificantes*, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- [6] Garcia, M. B., & Schweizer, G. R. S. *Contribuição da Tribologia para a Redução do Consumo de Combustíveis e Emissões de Poluentes*, AEA - Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 2011.
- [7] Lee, P. M., Stark, M. S., Wilkinson, J. J., Priest, M., Smith, J. L., Taylor, R. I., & Chung, S. The degradation of lubricants in gasoline engines: development of a test procedure to evaluate engine oil degradation and its consequences for rheology. *Tribology and Interface Engineering Series*, **2005**, 48, 602.
- [8] Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, **2011**, 35, 1042.
- [9] RUNGE, P. R., DUARTE, G., & GEMPERLÉ, R. *Lubrificação automotiva*. Trihoconcept editora técnica, São Paulo, 1994.
- [10] Alves, G. F. *Análise de confiabilidade aplicada aos ensaios de óleos lubrificantes para motores de tratores*, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- [11] CARRETEIRO, R. P., & Belmiro, P. N. A. *Lubrificantes e lubrificação industrial*. Interciência: IBP, Rio de Janeiro, 2006.
- [12] Freitas, M. A., & Colosimo, E. A. *Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados*. Escola de Engenharia da UFMG/Fundacao Christiano Ottoni, 1997.
- [13] Neto, J. M. M., & Moita, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química Nova*, **1998**, 21, 469.
- [14] Manual Técnico do Volksbus 17230, 2010/2011.

INSERÇÃO DE CÉLULA ROBOTIZADA NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Lucas de Carvalho Rocha¹, Milton Bastos de Souza² e Oberdan Rocha Pinheiro³

¹SENAI/CIMATEC, E-mails: engmec.lucasrocha@gmail.com

²SENAI/CIMATEC, E-mails: milton.bastos.black@gmail.com

³SENAI/CIMATEC, E-mails: oberdan.pinheiro@gmail.com

RESUMO

Este trabalho propõe um modelo de uma célula robótica nos diversos aspectos da manufatura digital, com uma abordagem de simulação gráfica de robô, baseado nas necessidades das indústrias de cerâmica vermelha do Município de Guanambi – Bahia, sendo essa aplicada em uma etapa do processo que restringe a maximização da produção. O trabalho foi proposto visto que a automação amplia a capacidade das pessoas de operarem vários equipamentos simultaneamente, levando a indústria a uma redução de custos e ocasionando um aumento da produtividade, mostrando tudo isso através da simulação gráfica de robôs. Dessa forma a instalação da célula robótica na indústria de cerâmica vermelha mostra-se viável tanto na perspectiva técnica e econômica, levando uma realidade tecnológica e uma possibilidade de melhoria as condições de trabalho para a região.

Palavras-chaves: *Automação; bloco; Simulação gráfica;*

ABSTRACT

This paper proposes a model of a robotic cell in various aspects of digital manufacturing, with a robot graphical simulation approach based on the needs of red ceramic industries of the municipality of Guanambi - Bahia, this being applied in one step of the process that restricts maximizing production. The work was proposed as the automation extends people's ability to operate multiple devices simultaneously, leading the industry to a reduction of costs and leading to increased productivity, showing all through the graphical simulation of robots. Thus the installation of the robotic cell in the clay industry proves to be feasible both in technical and economic perspective, taking a technological reality and a possibility of improving the working conditions for the region.

Keywords: *Automation; block; graphic simulation;*

1. INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Cerâmica [1], define cerâmica como sendo materiais de origem inorgânica, não metálica, obtidos, na sua maioria, após tratamento térmico em temperaturas elevadas. Sendo o setor cerâmico amplo e heterogêneo e classificado em sub-setores ou

segmentos em função de diversos fatores como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização, assim sendo tem-se dentro a classificação o sub-setor de Cerâmica Vermelha a qual compreende de fabricação de materiais que possuem coloração avermelhada e esses são empregados na construção civil e também utensílios de uso doméstico e de adorno, como exemplo; tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas.

Este setor tem por objetivo fornecer insumos para as indústrias da construção de imóveis residenciais, comerciais ou governamentais, sendo, portanto, fornecedor de materiais para a indústria da construção civil. A grande cadeia da construção civil é formada por 61,2% construção e 18% pela indústria de materiais [2].

A indústria de cerâmica vermelha é formada a partir da mistura de materiais argilosos e materiais não argilosos, e é responsável pela produção de telhas e tijolos, blocos, lajotas e tubos entre outros. Estudos indicam que a fabricação destes materiais é bem antiga, por exemplo, os primeiros tijolos de barro foram fabricados por volta de 10.000 A.C. e eram utilizados pelas civilizações Assíria e Persa que os secavam ao sol, já por volta de 3.000 A.C. surgiram os primeiros tijolos queimados em fornos [3].

No Brasil, segundo o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, do Banco do Nordeste do Brasil S/A (ETENE) [4], existem 5.500 empresas que trabalham com cerâmica. Já a Associação Brasileira de Cerâmica (ABCeram) [5] contabiliza cerca de 11 mil empresas, o que corresponde mais com a realidade, uma vez que somente no Estado de Minas Gerais, segundo maior produtor de cerâmica vermelha do Brasil, possui aproximadamente mil empresas relacionadas a cerâmicas. Entretanto, os mesmos informam que apenas 626 empreendimentos estão cadastrados no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) do referido Estado.

Grande parte das empresas ceramistas produtoras de cerâmica vermelha do Brasil, são classificadas como empresas de pequeno e médio porte, utilizam tecnologias e equipamentos ultrapassados tanto no processo de produção (extração e preparo de matérias-primas, conformação, secagem e queima), quanto em relação ao maquinário e nível de automação [5]. Mesmo sendo um setor de pequeno e médio porte, ele enfrenta grandes desafios para a manutenção e o aprimoramento do seu parque industrial, como, inovação na produção; investimento em tecnologias que melhorem e facilitem o processo de produção da cerâmica incentivando o desenvolvimento tecnológico do setor [2].

A Cerâmica Vermelha tem um baixo valor agregado, por isso seu transporte normalmente não ultrapassa 500 km, o que dificulta sua exportação, a não ser na região Sul que exporta para Argentina e Uruguai por estar próxima a fronteira [6]. Segundo a diretora de Negócios para a América Latina, o Mercosul é o principal cliente internacional do Brasil em compras de materiais para a construção civil [7].

Outro fator que contribui para as poucas exportações é a falta de certificação dos produtos. A certificação do produto no Brasil deve ser o primeiro passo para quem quer exportar, pois cada país tem a sua exigência em relação a qualidade do produto, e em muitos a exigência é semelhante a do Brasil. O CCB (Centro Cerâmico do Brasil) é o organismo credenciado pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) que fornece o certificado as cerâmicas brasileiras [6].

Tais evidências justificam a baixa produtividade, que no Brasil, gira em torno de 2.000 peças/operário/mês, que quando comparada com a produtividade europeia atinge a média de

200.000 peças/operário/mês, e a necessidade da automação nos setores que estão sendo restritivos para o aumento da produtividade [2].

Para melhor entender a automação, deve-se ver o conceito de Just In Time (JIT) que foi considerado por Ohno [8]. Fazendo a tradução direta da expressão pode obter-se “no momento certo”. No entanto, o termo significa mais que a concentração no tempo de entrega, ou seja, no conceito Toyota Production System (TPS) [9], significa dizer que cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário.

Um dos pilares do TPS é a automação. Ohno [8] define automação como sendo a forma de dar inteligência humana às máquinas.

Com o processo mais eficiente, o operador deixa de ser necessário junto da máquina enquanto ela trabalha normalmente e pode supervisionar várias máquinas em simultâneo, aumentando a produtividade do processo.

Algumas vantagens da automação referidas por João Paulo Pinto são [10]:

Apoio à produção celular e ao colaborador polivalente, a automação amplia a capacidade das pessoas de operarem várias máquinas em simultâneo;

Redução do Inventário em curso, através da eliminação de stocks intermédios entre operações;

Redução do Lead Time, através da eliminação de tempos não produtivos entre operações e pelo aumento da velocidade dos materiais.

Aumento da produtividade, como consequência da melhor utilização dos recursos.

Menor investimento, utilizando os equipamentos já existentes.

Além de auxiliar no projeto de células de manufatura, a simulação gráfica pode ser usada para programação off-line de robôs, onde a saída fornecida pelo simulador é transformada através de um pós-processador, no programa de controle do robô [10].

Desta forma, o trabalho se objetiva a propor um modelo de uma célula robótica e os diversos aspectos da manufatura digital, este trabalho também abordara a simulação gráfica de robôs aplicada à indústria de cerâmica vermelha.

2. METODOLOGIA

O projeto desenvolvido foi baseado nas necessidades da indústria de cerâmica vermelha do município de Guanambi – Bahia, em automatizar uma etapa do processo que restringia a maximização da produção, devido a baixa eficiência durante as etapas de transporte para secagem e novamente ao forno, desta forma foi analisado a necessidade de automatizar essa parte descrita do processo, contudo devido as questões de custos, e a necessidade de avaliações e alterações na planta para tal finalidade esse trabalho vem apresentar uma proposta alternativa de cunho teórico.

Romano [11] define quatro componentes básicos para a formação de um robô industrial, manipulador robótico, atuadores, sensores e unidade de controle.

O robô utilizado nesse experimento é o IRB 6640-150 (ABB), que possui capacidade de carga de 150 kg e dois metros e meio de raio de alcance (figura 1) [12].

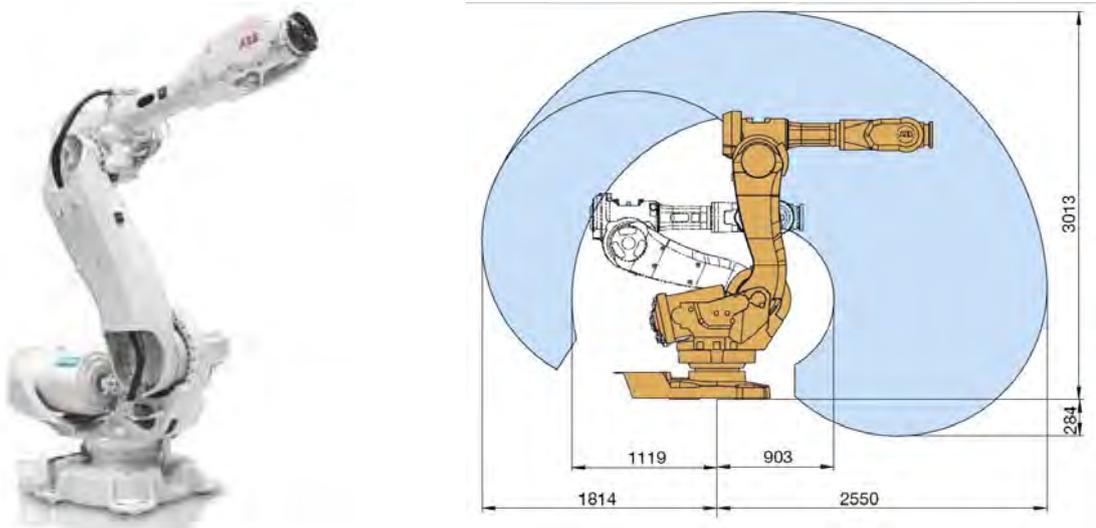


Figura 1. (A) Robô IRB 6640-150 (ABB) e (B) esquema demonstrativo do raio de atuação.
Fonte: ABB, 2015.

Os atuadores utilizados foram esteiras transportadoras, ferramenta de manipulação tipo garra com acionamento pneumático (figura 2) ^[13].



Figura 2. Esteira transportadora e ferramenta de manipulação tipo garra.
Fonte: SABO, 2015

Os sensores utilizados foram sensores de posicionamento encoder Rockwell Automation, que se encontram ligado às esteiras para referenciar o posicionamento, e sensores foto elétricos de presença com finalidade de identificar o produto para realizar os acionamentos do robô e da ferramenta de manipulação (figura 3) ^[14] e ^[15].



Figura 3. (A) Sensores de posicionamento encoder Rockwell (B) Sensor foto elétrico Sick
Fonte: Rockwell, 2015 e SICK, 2015.

As unidades de controle utilizados foram IRC 5 e PLC Allen Bradley SLC 1200 (figura 4) [12] e [14].



Figura 4. (A) Unidades de controle IRC 5 e (B). PLC Allen Bradley SLC 1200.
Fonte: ABB, 2015 e Rockwell, 2015.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Layout Da Célula Robotizada:

Desde a instalação do primeiro robô, “Unimate” na GM em Detroit ano de 1961, cada vez mais, os robôs fazem parte dos processos industriais destacando-se, na automatização da produção. A tendência para este aumento, está relacionada com a justificação funcional, tais como, para a proteção dos operários em ambientes perigosos, redução de tempos de operação, maior produtividade e redução de custos [16].

Para construir um modelo de robô para atender a demanda da indústria de cerâmica vermelha. Comprimentos de ligação e massas, limitações de posições e velocidades juntas foram obtidos com base nos dados disponíveis no manual do robô. Massas de caixas de velocidades e relações de redução são tomadas a partir da caixa de velocidades manuais. Motores pesos e inércias são obtidos a partir dos manuais motores, etc. No entanto; outros parâmetros, tais como links inércias, centro de massas, fricção, limitações de juntas acelerações e torques de atuadores são calculados usando testes no robô em ambiente virtual, o RobotStudio [17]. Sendo o layout da célula robotizada estudada (figuras 5 e 6), desenvolvido no RobotStudio, com a intenção de utiliza um controlador virtual semelhante ao instalado no robô real e realizar de testes em ambiente virtual semelhante à dos testes em robôs reais da ABB.

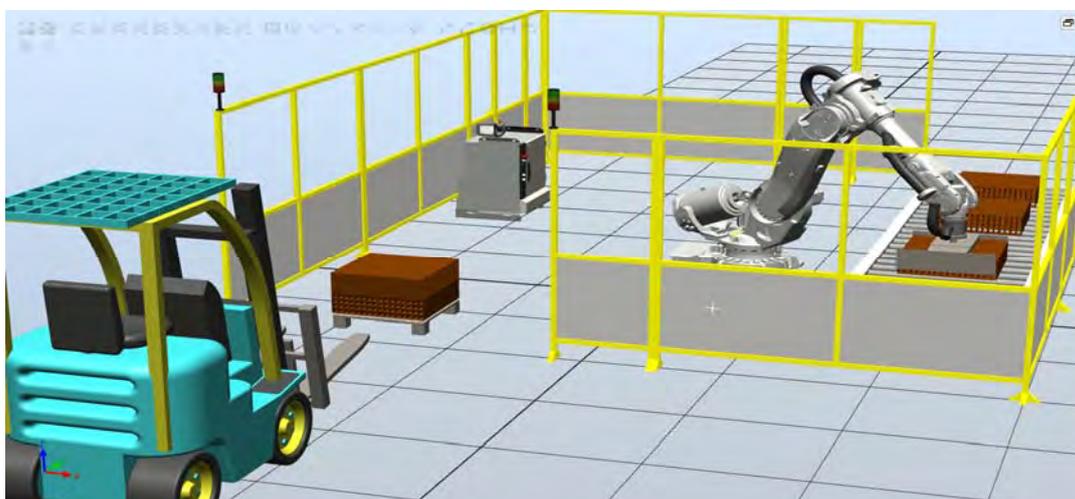


Figura 5. perspectiva isométrica frontal do layout.

Fonte: Autor,(2015)

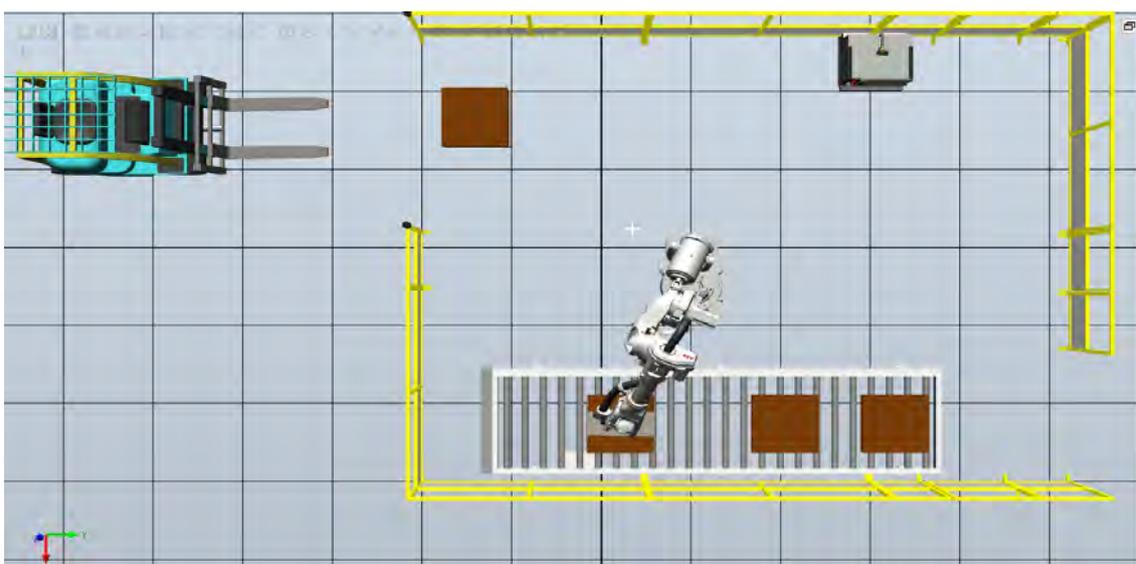


Figura 6. perspectiva Superior do layout.

Fonte: Autor,(2015)

Segundo Cruz ^[18], Uma das vantagens da automação é a produção continuada e com a possível substituição de até 12 funcionários.

A empresa estudada na região de Guanambi – Bahia, pretendia em vez de demitir 6 funcionários, redirecioná-los para atividades que estejam de acordo com a NR 17 ^[19], que visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Uma vez que esse trabalho é classificado pela empresa com alto índice de penosidade para o trabalhador, desta forma estando fora dos parâmetros da NR 17.

Ainda segundo Cruz ^[18], a empresa italiana *Ficola*, que está presente no mercado brasileiro, desenvolveu um robô capaz de transportar mais de 18 mil blocos por hora, com maior precisão e redução do risco de perdas na produção. Segundo os representantes da empresa, além da economia gerada pela diminuição do desperdício, o robô também diminuiu o risco de acidentes de trabalho.

O robô em aplicação transportará 10 mil blocos por hora com alta precisão e redução do risco de perdas na produção, o que segundo a empresa duplicou a produção. Desta forma viabilizou financeiramente o custo de implantação da célula robotizada.

4. CONCLUSÃO

Conforme observado no trabalho, é possível concluir que a instalação de uma célula robótica aplicada à indústria de cerâmica vermelha no Município de Guanambi – Bahia é viável tanto na perspectiva técnica e econômica, trazendo uma nova realidade tecnológica e uma possibilidade de melhoria das condições de trabalho nas cerâmicas da região, o que implica na eliminação dos gargalos produtivos, que são devido à manipulação desses produtos, o que constitui um alto índice de penosidade para o trabalhador, devido às atividades realizadas nas seguintes etapas: de secagem, queima e estocagem, que hoje tem um custo muito elevado, pois os mesmos estão diretamente ligados às condições físicas dos colaboradores, visto que a NR 17 visa proporcionar ao funcionário um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente nas atividades desenvolvidas durante a produção. Além disso, o uso do robô reduz o desperdício, o tempo do processo, o risco de acidentes de trabalho e os riscos de perdas na produção, viabilizando financeiramente o custo do robô.

5. REFERÊNCIAS

- 1- ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. Cerâmica no Brasil - Normas Técnicas. Disponível em <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=4>>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 2- FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA.** Belo Horizonte - 2013
- 3- Jaisson P. dos. **Incorporação de resíduos industriais em massa cerâmica usada na fabricação de tijolos.** Santa Catarina: UDESC, 2007.

- 4- ETENE – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, do Banco do Nordeste do Brasil S/A, - conjuntura econômica. Disponível em <<http://www.bnb.gov.br/banco-do-nordeste-conjuntura-economica>>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 5- Mariano, C. A. M.; Lucena, C. A. **História, Trabalho e Educação: um estudo sobre a Indústria de Cerâmica Em Monte Carmelo–MG (1980 – 2008)**. Universidade federal de Uberlândia-MG. 2008.
- 6- Revista Mundo Cerâmico. Ano XI, **Edição n. 94**, out/dez, p. 24. 2003.
- 7- Revista da ANICER. Ano 7, **Edição 31**, jun, p. 6. 2004.
- 8- Ohno, T. **Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production**. Productivity Press. 1988.
- 9- Shingo, S. **O Sistema Toyota de Produção - Ponto de vista de engenharia da produção**. Porto Alegre: Bookman. 1996.
- 10- Pinto, J. P. **Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços**. Lidel. 2006.
- 11- Romano, V.F. **Introdução a Robótica Industrial**. Rio de Janeiro, 2002.
- 12- ABB - Sítio Empresa ABB. Disponível em: <<http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-6640>>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 13- SABO - Sítio Empresa SABO. Disponível em: <[http://www.sabo.gr/assets/files/SABO_B&T_PORT\(1\).pdf](http://www.sabo.gr/assets/files/SABO_B&T_PORT(1).pdf)>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 14- Rockwell - Sítio Empresa Rockwell Automation. Disponível em: <http://www.rockwellautomation.com/pt_BR/overview.page>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 15- SICK - Sítio Empresa SICK. Disponível em: < <http://www.sick.com/br/pt-pt/home/Pages/Homepage1.aspx>>. **Acessado em 19 maio 2015.**
- 16- Aguiar, H.T. **Desenvolvimento de um sistema de paletização robotizado**. 2013.
- 17- Hatem Al-Dois; Jha, A. K.; Mishra, R. B. **Application of Industrial Robots for Producing Cores in a Foundry: Task Time Optimization**. Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 177186 2013.
- 18- Cruz, C. Os rumos da robótica na cerâmica. **Revista da ANICER** ano XV, Nº 76. p. 34-40, 2012.
- 19- NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 - Ergonomia**. 2009.

MELHORIA PRODUTIVA COM A IMPLANTAÇÃO DAS ROTINAS E PLANOS DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO NO SETOR GRÁFICO

Rodrigo Vieira Serra da Silva

Graduando em Engenharia Mecânica – Faculdade SENAI CIMATEC,

E-mail: serrav.rodrigo@gmail.com

Marinilda Lima

Professora da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC,

E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br

RESUMO

Na atualidade a manutenção é uma das áreas mais importantes e atuantes da atividade industrial vez que contribui para o bom desempenho produtivo, aumento da segurança, da qualidade do produto, bem como, para a redução de custos do processo produtivo. Na Bahia, há uma grande demanda dos serviços de manutenção nos equipamentos que compõem o setor gráfico. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a implantação de melhorias nas intervenções de manutenção através dos planos e rotinas de manutenção para os equipamentos do setor gráfico. Ademais o trabalho apresenta o estudo de caso, desenvolvido durante o período de estágio supervisionado de engenharia mecânica realizado no setor gráfico de uma instituição de ensino na cidade de Salvador. Como aporte metodológico foi utilizado: visitas in loco, entrevistas, acompanhamento das intervenções de manutenção e informações dos manuais de fabricantes. Foram elaborados os formulários de rotina de ações de manutenção, histórico de manutenção, fluxograma de utilização de registros e controle como também, LPU-Lição de Ponto Único. Assim, a partir da elaboração das rotinas e o acompanhamento das atividades de manutenção pode-se perceber que o planejamento e as intervenções de rotinas como limpeza e lubrificação contribuem para o aumento da disponibilidade das máquinas de modo a diminuir as paradas e quebras dos equipamentos. Neste sentido o trabalho é extremamente proveitoso, pois além de conhecer o funcionamento de uma gráfica e suas características como indústria é possível aprimorar os conhecimentos sobre a importância da implantação dos padrões, procedimentos e rotinas de manutenção para este setor.

Palavras-Chaves: Gestão da manutenção; equipamentos setor gráfico; rotinas de manutenção; disponibilidade.

ABSTRACT

At present maintenance is one of the most important and active areas of industrial activity since it contributes to reduce costs in the production process, the well-growth performance, and the increase of safety and product quality. In Bahia, there is a great demand for maintenance services in facilities that make the graphic industry. In this way, the purpose of this study is to analyze the implementation of the improvements in maintenance work through the plans and maintenance routines for the graphic industry's equipment. In addition, this paper presents a case study developed during the supervised mechanical engineering training period held in graphic industry of an educational institution in the city of Salvador. As methodological approach, was used: on-site visits, interviews, monitoring of maintenance work and information from manufacturers guide. The forms of routine maintenance activities, maintenance historic, use of records and control flowchart and LPU- Single Point Lesson were prepared. Thus, from the development of routines and monitoring of maintenance activities, can be seen that the planning and interventions routines, like cleaning and lubrication, contribute to increasing the availability of the machines in order to reduce downtime and equipment of breaks. In this purpose, the work is extremely useful as understand the operation of a graphic and its characteristics as how an industry can improve the knowledge about the importance of implementing the standards, procedures and maintenance routines for this sector.

Keywords: Graphics; Maintenance; Management; Demand; Bahia.

1. INTRODUÇÃO

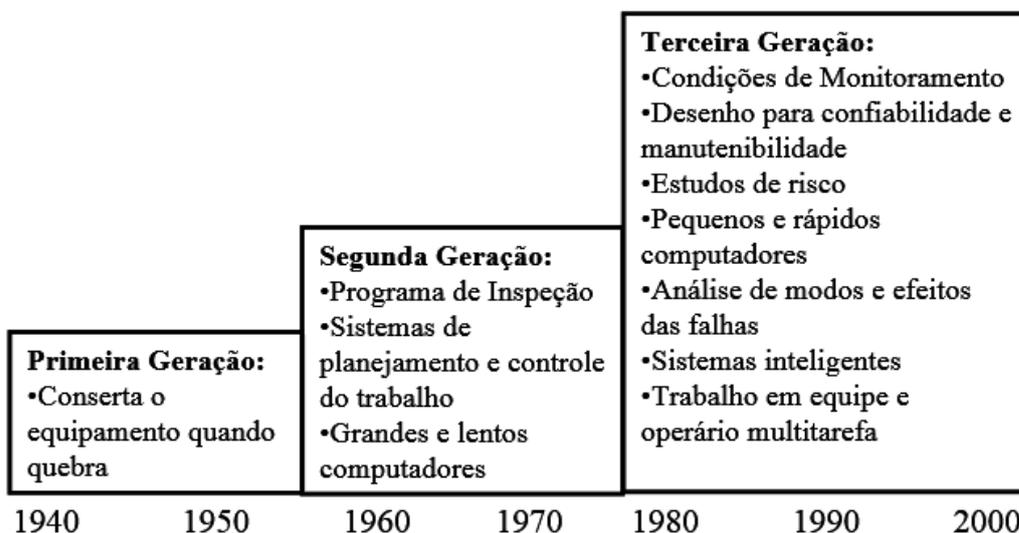
A manutenção industrial aparece em todas as cadeias produtivas e segmento da economia. Nas últimas décadas deixou de ser uma simples atividade de reparo para se tornar um meio essencial ao alcance dos objetivos e metas da organização. De acordo com Kardec e Nascif [1], atualmente a manutenção desempenha papel estratégico nas organizações, ou seja, não basta apenas, reparar ou instalar o equipamento tão rápido quanto possível, é preciso, principalmente, manter a função disponível do equipamento para a produção. Dito de outra forma é preciso que a manutenção esteja voltada para os resultados e metas da Empresa. Segundo os autores [1], o conceito moderno de manutenção, consiste na sistemática que visa garantir o aumento de confiabilidade, melhoria de atendimento, melhoria da segurança operacional e pessoal, preservação do meio ambiente e otimização dos custos.

Para Kodali [2] o termo manutenção consolida-se na indústria a partir da década de 50 e está classificada em três categorias: corretiva, preventiva e preditiva. Sendo que a manutenção corretiva tem como principal característica corrigir ou reparar a ocorrência da falha ou desempenho do equipamento abaixo do especificado. Já a manutenção preventiva tem por objetivo realizar inspeções programadas em

intervalos de tempo pré-definidos, desenvolvendo um sistema que previne a falha do equipamento, melhorando a confiabilidade dos equipamentos e sistemas e por fim, a preditiva que com a utilização de técnicas monitoram a função e a disponibilidade dos equipamentos de modo a prever o melhor momento para as intervenções de manutenção.

Segundo Moubray [3] a manutenção em toda a sua história pode ser descrita por três gerações. A primeira geração, que ocorreu antes da Segunda Guerra Mundial, se caracterizava, especificamente, por consertos e ou reparos simples e a sistemática da manutenção não passava de limpezas superficiais e rotinas de lubrificação. Para Moubray [3] a segunda geração desenvolve-se após a segunda guerra quando as indústrias tornaram-se mais complexas devido à necessidade de aumento da rapidez da produção. Assim, neste contexto surgiu a manutenção preventiva, com o objetivo de melhorar a confiabilidade e a qualidade dos equipamentos. Já a terceira geração desenvolvida após a década de 80 tem transformado as indústrias em gerenciadoras de seus equipamentos, de maneira a garantir redução das perdas e paradas dos equipamentos, aumento da produtividade e da qualidade dos produtos bem como, a redução de custos. A Figura 1, a seguir, ilustra a evolução da geração da manutenção:

Figura 1- A Evolução da Geração da Manutenção



Fonte: Moubray [3]

Em relação ao planejamento e controle da manutenção, Dorigo [4] destaca que o planejamento e controle da manutenção têm quatro funções fundamentais: Planejamento, Programação, Coordenação e Controle e devem ser bem definidos

através de seus padrões e procedimentos de trabalho. De acordo com Dorigo [4], o núcleo de PCM- Planejamento e Controle da Manutenção têm por função planejar e estabelecer planos de manutenção e de inspeção, além de atender as solicitações de manutenção corretiva, de pequenos projetos e obras. É o núcleo que através das Ordens de Trabalho (OT/OS) estabelece os mais adequados planos de manutenção e inspeção de modo a garantir a confiabilidade, a disponibilidade e a gestão de todos os ativos da empresa.

Assim, conforme destaca Cabral [5] atualmente manutenção é uma das áreas mais importantes e atuantes da atividade industrial através da contribuição para o bom desempenho produtivo, a segurança, a qualidade do produto, as boas relações interpessoais, a imagem da empresa, a rentabilidade econômica do processo produtivo e a preservação dos investimentos.

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado da Bahia - FIEB [6] existem aproximadamente 200 empresas do setor gráfico no estado da Bahia. Neste aspecto há uma grande demanda dos serviços de manutenção nos equipamentos que compõem este setor produtivo. Assim, com a finalidade de contribuir para o aumento da disponibilidade e confiabilidade operacional neste setor produtivo, há necessidade de estudos e pesquisas que contemplem a gestão e ações de manutenção na cadeia produtiva do setor industrial gráfico na Bahia.

Segundo dados do SINGEB [7] – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS GRAFICAS DO ESTADO DA BAHIA aproximadamente 30 empresas no estado da Bahia são especializadas para realizar ações de manutenção no setor gráfico. Dessa forma os estabelecimentos gráficos localizados na Bahia acabam tendo que recorrer a empresas de manutenção de outros estados. Existe também o problema do não oferecimento de cursos de manutenção da área gráfica, cursos esses encontrados com mais facilidade nos estados de São Paulo e em menor quantidade no estado do Rio Grande do Sul.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é analisar a implantação de melhorias nas intervenções de manutenção através dos planos e procedimentos de manutenção para os equipamentos do setor gráfico. Ademais o trabalho ora apresentado traz o estudo de caso, desenvolvido durante o período de estágio supervisionado de engenharia mecânica realizado no setor gráfico de uma instituição de ensino na cidade de Salvador cuja finalidade foi implantar melhoria nos padrões e procedimentos de manutenção para máquinas e equipamentos gráficos.

2. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo, o estudo de caso ora detalhado foi realizado de acordo com os métodos descritos a seguir:

-Visitas – Nesta etapa foram realizadas as visitas técnicas para acompanhar a realização das atividades de manutenção *in loco* no setor gráfico. Vale destacar que as visitas foram efetuadas para acompanhamento das intervenções de manutenção efetuadas por técnicos especializados como também, durante o período em que ocorriam as aulas, vez que, para garantir a qualidade das aulas ministradas, geralmente antes do início das aulas, os docentes que ministram as aulas práticas efetuam o check list observando os parâmetros funcionais das máquinas.

-Entrevistas – As entrevistas foram realizadas com a finalidade de avaliar os planos e procedimentos de manutenção já existentes e utilizados. Com o apoio da gerência da área do setor gráfico foram efetuadas entrevistas com o gerente da área, supervisor, executantes das atividades de manutenção, docentes das aulas práticas e o técnico especializado contratado para prestação de serviço. Vale destacar que, após as entrevistas, as visitas técnicas foram realizadas com a finalidade de acompanhar *in loco*, através da observação participante, a realização passo a passo das atividades de manutenção. A proposta foi evidenciar em que medida os planos e procedimentos de manutenção existentes atendiam as intervenções de manutenção realizadas.

3. ESTUDO DE CASO

O estudo ora apresentado é resultado do estágio profissional realizado no Parque Gráfico do Senai Dendezeiros. A instituição possui vários equipamentos que são utilizados nos cursos técnicos profissionalizantes no setor gráfico. O estudo foi realizado no período de 14 de Outubro a 16 de Janeiro de 2015.

Para o estudo de caso foi detalhado os tipos, modelos e quantidade de máquinas disponíveis na planta gráfica. Foi efetuado também o levantamento das etapas necessárias e processos para impressão Offset. A princípio, o detalhamento contemplou o tagueamento (identificação dos equipamentos) bem como, a codificação de patrimônio da instituição.

Para melhor acompanhamento dos planos e intervenções de manutenção foi realizado revisão bibliográfica dos estudos e propostas implementadas por Filho [8] no Manual para a Solução de Problemas em Impressão Offset.

Assim, baseados nos métodos listados acima foram desenvolvidos os seguintes padrões e procedimentos:

1) Tagueamento dos equipamentos por área operacional – Foram codificadas as máquinas de acordo com as funções operacionais de modo a garantir a formatação dos bancos de dados;

2) Criação de Formulários de Rotina de Ações de Manutenção para cada máquina; **ANEXO 1**

Nesta etapa foi desenvolvido formulário com pequenas rotinas como: limpeza, e lubrificação com a finalidade de garantir a disponibilidade das máquinas;

3) Histórico de Manutenção para uma maior organização de uso e registro de correções ou danos às máquinas; **ANEXO 2**

4) Criação de um Fluxograma de Utilização de Registros e Controle de Manutenção para melhor entendimento dos funcionários e colaboradores da área de como proceder em caso de quebras ou paradas das máquinas;

5) Elaboração de LPU- Após levantamento das máquinas consideradas “gargalo”, aquelas que mais quebram e impactam no processo, foi elaborado a LPU (Lição de Ponto Único). A LPU tem como proposta ilustrar passo a passo a realização das atividades para que todos os envolvidos que utilizam as máquinas possam realizar as atividades de manutenção de maneira mais simples de modo a reduzir as paradas e a quantidade de quebras dessas máquinas. **ANEXO 3**

Por fim, foi efetuado o acompanhamento da realização da revisão geral, por técnico especializado contratado oriundo do estado de São Paulo, de três máquinas, consideradas as mais importantes no processo produtivo da área: Impressora Off-Set Heidelberg GTO52-2; Impressora Off-Set Heidelberg GTO52-4; e SCREEN 4300E que trabalha junto à ADARA TH 85. O técnico contratado realizou algumas das atividades de manutenção, tanto periódica quanto corretiva. Vale destacar que, algumas das máquinas estavam paradas a mais de seis meses e não tiveram seus reparos feitos por conta da ausência mão de obra capacitada e de empresas locais que realizam esse serviço.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os três meses de Iniciação Profissional no Parque Gráfico do Senai Dendezeiros foi possível aprimorar o conhecimento sobre os tipos e aplicação dos diferentes tipos de manutenção bem como, a aprendizagem sobre a gestão da manutenção industrial e sua importância para o setor produtivo. Após a elaboração de alguns padrões e rotinas pode-se perceber mudanças nos elementos organizacionais como a qualidade dos serviços.

Ao se analisar e comparar os números de quebras e falhas das máquinas pode-se observar a redução no número de ocorrências após o uso sistematizado dos padrões e procedimentos implementados durante o período de estágio. As

pequenas intervenções e rotinas de manutenção (limpeza e lubrificação) passaram a ser efetuadas pelos usuários das máquinas (incluindo neste grupo os docentes que ministram aula com a utilização dos equipamentos) e dessa forma houve aumento da disponibilidade dos equipamentos o que impactou diretamente na qualidade das aulas, vez que, aumentaram a quantidade de máquinas disponíveis para as aulas práticas.

O que pode ser constatado é que a implementação dos padrões e das rotinas de manutenção para além de reduzir custos e aumentar a disponibilidade dos equipamentos, sobretudo impactou no aumento das aulas praticas vez que, por ser uma instituição de ensino depende da disponibilidade dessas máquinas para a garantia da qualidade das aulas e conseqüentemente dos cursos.

Neste sentido o período de estágio foi extremamente proveitoso, pois além de aprimorar os conhecimentos sobre a importância da implantação dos padrões, procedimentos e rotinas de manutenção pode-se também, conhecer o funcionamento de uma gráfica e suas características como indústria. Uma das observações que puderam ser realizadas quanto ao setor gráfico na Bahia foi com relação à programação, planejamento e controle da manutenção. A quantidade de empresas que realizam manutenções de gráfica está em número reduzido bem como, há escassez de cursos de qualificação profissional na área de manutenção de maquinários gráficos.

Assim, fica evidente a necessidade de estudos e ações que contemplem a melhoria dos serviços de manutenção neste setor, pois existe um número significativo de empresas gráficas que precisam desses serviços e esbarram no limitado número de prestadoras de serviços de manutenção e de técnicos que realizem as intervenções de manutenção neste segmento.

Outro fator importante de ser citado é a necessidade da gestão das ações de manutenção, sendo esta de fundamental importância para a redução de custos e paradas das máquinas. Um sistema de planos de manutenção, formulários de rotina e histórico de manutenção, documentos simples de serem elaborados, podem fazer uma grande diferença nas empresas quando bem aplicados, vez que, a estruturação e utilização do plano de manutenção reduz o índice de quebra dos equipamentos. Deve-se destacar que a diminuição da quantidade de paradas e quebras das máquinas conseqüentemente, reduz os custos de manutenção.

Por fim, o presente estudo demonstrou a importância e necessidade da elaboração dos planos e procedimentos de manutenção para as máquinas do setor gráfico. A partir do acompanhamento das atividades de manutenção pode-se perceber que as intervenções e acompanhamento das rotinas como limpeza e lubrificação contribuem para o aumento da disponibilidade das máquinas de modo a diminuir as paradas e quebras dos equipamentos.

5. REFERÊNCIAS

¹KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção Função Estratégica. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2005.

²KODALI R.; CHANDRA S. Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance. Production Planning & Control. v. 12, n. 7, p. 695–705, 2001.

³MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York : Industrial Press, 1997.

⁴ DORIGO, Luiz Carlos. Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) Disponível em: http://www.tecem.com.br/wp-content/uploads/2013/03/planejamento-e-controle-da-manutencao-pcm-parte-2_Tecem.pdf. Acesso em junho de 2015.

⁵CABRAL, José Saraiva. Organização e Gestão da Manutenção. Editora: Lidel, Lisboa, Portugal, 2006.

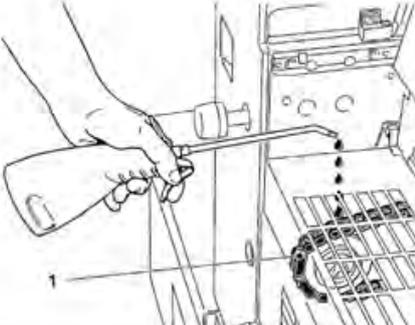
⁶FIEB – FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA. Disponível em: <<http://www.fieb.org.br/sindicatos/resultados.aspx?busca=grafica&rbt=Empresas>>. Acessado em: 08 de Junho de 2015.

⁷ SINGEB(2015) –SINDICATO DAS INDUSTRIAS GRAFICAS DO ESTADO DA BAHIA

⁸FILHO, Sergio Rossi. Manual para Solução de Problemas em Impressão Offset. Abigraf, 1999

6. ANEXOS

ANEXO 1 – Formulário de Manutenção

LIÇÃO DE PONTO ÚNICO						Emissão:
						Revisão:
Objetivo: Lubrificar corrente com óleo						Nº:
Preparado por: Rodrigo Serra						
<input type="checkbox"/> Conhecimento Básico	<input checked="" type="checkbox"/> Casos de Melhoria	<input type="checkbox"/> Casos de Problemas	<input type="checkbox"/> Outros: Inspeção	Operador	Engenheiro Responsável	Técnico de Segurança
						
						

PERSPECTIVAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO UTILIZANDO DA FIBRA DE COCO VERDE

José Julio Araújo Ramalho¹, Érika Durão Vieira², Lilian Lefol Nani Guarieiro³

¹Senai Departamento Regional de Alagoas, 57030-580, Maceió, AL, Brasil.

²Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.

³INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção de bioetanol com ênfase na utilização de biomassa como matéria prima, ou seja, sobre o etanol de segunda geração e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção. Embora orgânica, a casca do coco verde apresenta lenta degradação, levando em média 8 a 12 anos para se decompor. Tratada como lixo urbano, a casca de coco verde é descartada nas praias em grande quantidade e levada aos aterros sanitários, reduzindo o espaço do aterro e sua utilização. Esse fator se agrava na medida em que o consumo da água de coco cresce. Frente a este problema, surge a oportunidade do reaproveitamento desse resíduo para a produção do etanol de segunda geração. O processo de transformação da biomassa lignocelulósica em etanol tem as seguintes etapas: pré-tratamento, hidrólise e fermentação. Existem diversos tipos de biomassas para a produção do etanol de segunda geração, entre elas tem-se palha da cana de açúcar, mandioca, milho, o capim, troncos de bananeiras e a casca de coco verde, que apresentam grande potencial na produção de bioetanol. Portanto, a produção de etanol de segunda geração através da fibra da casca do coco verde é de grande utilidade para o desenvolvimento tecnológico e sustentável da sociedade.

Palavras-chaves: Fibra de Coco; Hidrólise; Fermentação.

ABSTRACT

This work presents a bibliographical revision about the world bioethanol production with emphasis in the utilization of biomass as raw material, that is, about second generation ethanol and about the possibility of the use of fiber green coconut for her production. Although organic, the peel of the green coconut presents slow degradation, taking on average 8 to 12 years to decompose. Treated as urban garbage, the green coconut husks are discarded at the beaches in great amount and taken to the sanitary embankments, reducing the space of the embankment and its utilization. That factor becomes worse as long as coconut water consumption grows. In face of this problem, there is the opportunity of this residue utilization of second generation ethanol production . The process of the transformation of lignocellulosic biomass in ethanol has the following stages: pretreatment, hydrolysis and fermentation. Several types of biomasses exist for the production of the second generation ethanol , among them sugar cane straw, cassava, maize, grass, banana

tree trunks and green coconut husks, that present great potential to bioethanol production. Therefore, the production of second generation ethanol from the green coconut husks is of great utility for the technological and sustainable development of society.

Keywords: Coconut fiber; Hydrolysis; Fermentation.

1. INTRODUÇÃO

O significativo aumento do consumo de energia nos últimos anos tem relação direta não somente com aumento populacional, mas também com o aumento da renda da população em determinadas regiões que estão passando a consumir cada vez mais. A busca por fontes energéticas renováveis e de menores impactos ambientais é objeto de estudo de vários pesquisadores.

A biomassa é uma alternativa para a geração de energia de fontes renováveis e constitui do principal resíduo de atividade agroindustrial, que mais influencia a economia brasileira. Neste panorama esta fonte pode substituir algumas fontes não renováveis, como os derivados de petróleo.

O Brasil tem no etanol uma alternativa técnica e economicamente viável de biocombustível que pode ser utilizado em motores de automóveis desde a implantação do programa PROÁLCOOL no ano de 1975. Por meio deste programa, o Governo Federal ofereceu incentivos para a produção de etanol em larga escala com o objetivo de reduzir o consumo de combustíveis derivados do petróleo, como a gasolina.

Sabe-se que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol e sua produção utiliza diretamente o caldo da cana de açúcar ou o melaço, que é subproduto da produção do açúcar. O bioetanol pode ser fabricado por outras fontes de carboidratos em suas diferentes formas.

Dependendo da complexidade do açúcar, as matérias primas para a produção de bioetanol são classificadas em: a primeira são consideradas açucaradas, como a cana de açúcar e seus derivados; a segunda são as matérias primas amiláceas, ou seja, ricas em amido como a mandioca, batata doce, milho, arroz, dentre outras; e

por fim têm-se as matérias primas lignocelulósicas, ou seja, a biomassa dos materiais vegetais rica em celulose.

A cana de açúcar, difundida no Brasil na época colonial, é uma fonte renovável, porém apresenta o inconveniente de ocupar uma vasta área de terras agricultáveis que poderiam ser destinadas a produção de alimentos.

Hoje a produção de etanol de segunda geração (2G) está ainda em fase de inovação pré-competitiva, a tecnologia está sendo testada em diversos países, e a maioria em escala piloto e semi-industrial.

A sua aplicação está sendo negligenciada em muitos países, uma vez que, por se tratar de um recurso distribuído, o principal desafio consiste na sua captação em um único ponto de processamento [1].

Para produção de etanol 2G, podem ser aproveitados resíduos vegetais das atividades agrícolas, tais como a palha da cana, o capim, troncos de bananeiras, a casca de coco verde, entre outras. Visando acompanhar a tendência mundial de se produzir biocombustíveis utilizando matérias primas de fontes renováveis e de menor impacto ambiental. Assim, a produção de etanol 2G pelo aproveitamento de resíduos celulósicos aparece como uma alternativa sustentável. A utilização da casca do coco verde na produção de etanol 2G é uma solução racional para acompanhar o ritmo de crescimento populacional do país e do mundo que acarreta na maior demanda de energia. O aumento da oferta de biocombustíveis, sem aumentar a área cultivada, permite o aproveitamento de um material que está sendo jogado no lixo, contribuindo assim com o desenvolvimento econômico, social e sustentável.

Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção de bioetanol com ênfase na utilização de biomassa como matéria prima, ou seja, sobre o etanol 2G, e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção. Para tanto, o trabalho foi elaborado com base na geração do etanol a partir da fibra do bagaço da cana de açúcar, que apresenta características de composição similares à fibra do coco verde.

2. MATÉRIAS PRIMAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL 2G

Atualmente, o etanol consumido no mundo é produzido principalmente a partir da cana de açúcar, da beterraba e do milho. Este etanol derivado de sacarose e amido é conhecido como etanol de primeira geração (1G). O consumo crescente de etanol 1G derivado da cana de açúcar tem causado a modernização do setor sucroalcooleiro do Brasil, pois as usinas em um processo constante de melhoria contínua estão investindo cada vez mais em P&D para desenvolver variedades de cana de açúcar que apresentem maior produtividade. Ainda assim, a necessidade de expansão de terras agriculturáveis leva esta tecnologia a concorrer com a produção de alimentos.

A utilização do etanol 1G derivado do milho apresenta as mesmas limitações: sua plantação exige áreas de cultivo ainda mais extensas que as da cana-de-açúcar, causando assim um problema de desmatamento e gera conflitos sobre o uso da terra para bicomcombustível e alimentos.

Outra fonte de etanol 1G que está sendo analisada recentemente é a mandioca, que apresenta menor dispêndio de energia no processo de produção do bioetanol quando comparado em relação ao milho e a cana de açúcar [3].

Estão sendo analisadas técnicas e tecnologias viáveis para aproveitar biomassas para a produção de etanol 2G tais como palha e bagaço da cana de açúcar; palha de trigo e resíduos do milho, pó e restos de madeira [2]. O aproveitamento dessas matérias além de promover o desenvolvimento sustentável, permite a geração de renda, emprego e o crescimento sustentável da sociedade.

A palha da cana de açúcar apresenta um grande potencial para a geração de calor, eletricidade e produção de etanol celulósico. Assim, não utilizar esse tipo de biomassa é desperdício, pois, a palha da cana é uma alternativa promissora para

atender o consumo crescente de combustíveis fósseis que está acontecendo no mundo [2].

Ainda encontra-se em estágio de validação o fluxograma genérico para o processo de obtenção do etanol 2G a partir do bagaço da cana.

Assim, após analisar os principais tipos de biomassa utilizadas na produção de bioetanol, a próxima seção destaca a tecnologia de produção de bioetanol 2G utilizando fibra de coco.

3. BIOMASSA E A PRODUÇÃO DE ETANOL 2G

A biomassa é constituída de materiais lignocelulósicos que inclui os polissacarídeos celulose e hemicelulose, e lignina. A celulose é um homopolímero de unidades de glicose β -(1,4) e constitui de 40 a 60% do peso seco do material. As cadeias lineares de celulose apresentam microfibrilas de alta cristalinidade.

A celulose é um carboidrato complexo polissacarídeo que formam fibras alongadas que compõem as paredes das células vegetais, dando-lhes a resistência e rigidez peculiares. A hemicelulose é um polissacarídeo de cadeia principal constituída de monômeros de xilose α -(1,4) com cadeias laterais de glicose, galactose e arabinose e compõe de 20 a 35% da biomassa lignocelulósica. As moléculas de hemicelulose são ligadas às microfibrilas de celulose por ligações hidrogênio.

A lignina é um composto fenólico formado pela polimerização de três monômeros (álcool p-coumaril, coniferil e sinapil), que representa uma massa amorfa rodeando as fibras de celulose e hemicelulose [4].

Para hidrolisar a celulose em açúcares solúveis que podem ser metabolizados por microrganismos, etapa comumente chamada de sacarificação, é necessário romper este emaranhado de lignina e hemicelulose que recobre as fibras de celulose, etapa conhecida como pré-tratamento da biomassa.

As ligações que unem as moléculas de glicose são dotadas de energia livre, as quais podem ser quebradas promovendo a liberação de açúcares fermentáveis, os

monossacarídeos, e produzir bioetanol. Entretanto, essa molécula é muito bem protegida na parede celular, sendo necessário promover a hidrólise de forma eficiente para que se tenha acessibilidade aos açúcares fermentáveis é um desafio a superar.

O pré-tratamento visa quebrar a matriz da fibra, reduzir a cristalinidade da celulose e hidrolisar a hemicelulose. Esta etapa é atualmente uma das mais caras na tecnologia de produção de etanol de segunda geração e crucial para a viabilização de bons rendimentos em açúcares fermentescíveis. Rendimentos de hidrólises enzimáticas de biomassa sem o pré-tratamento são usualmente da ordem de 20% enquanto que com o pré-tratamento podem ser maiores que 90% [5].

Os pré-requisitos para um pré-tratamento ideal seriam: (1) produção de fibra celulósica reativa ao ataque enzimático, (2) minimizada degradação da hemicelulose e celulose, (3) minimizada formação de compostos inibidores de enzimas e microrganismos, (4) reduzida da demanda energética, (5) reduzido custo para construção dos equipamentos, (6) minimização da produção de resíduos e (7) baixo consumo de produtos químicos e uso de produtos químicos de baixo custo [6].

Processos físicos (moagem e trituração), físico-químicos (explosão a vapor, autohidrólise, hidrotermólise, oxidação), químicos (álcali, ácido diluído, agentes oxidantes e solventes orgânicos) e biológicos têm sido utilizados para o pré-tratamento da biomassa. Entretanto, nem todos estes métodos foram desenvolvidos o suficiente, tanto tecnicamente quanto economicamente, para serem aplicáveis em escala industrial [6].

A hidrólise ou sacarificação das fibras de celulose e hemicelulose em açúcares fermentescíveis pode ser efetuada por via química ou biológica. A via química não é muito adequada, pois requer condições mais agressivas de processamento gerando compostos inibidores e baixo rendimento. A hidrólise biológica, por outro lado, é conduzida em condições brandas de temperatura e apresenta alta seletividade e rendimento.

A hidrólise é efetuada por múltiplas de enzimas com diferentes especificidades tais como as das famílias das endoglucanases, exoglucanases e glucosidases. As

endoglucanases atacam as regiões de baixa cristalinidade da fibra da celulose, as exoglucanases ou celobiohidrolases degradam mais a molécula removendo unidades de celobiose dos terminais das cadeias livres de celulose, as beta-glucosidases hidrolisam a celobiose produzindo duas moléculas de glicose [7].

Existem diversas formas ou estratégias para se conduzir o processo biotecnológico constituído da hidrólise enzimática (sacarificação) e fermentação. A biomassa pré-tratada pode ser sacarificada e, em seguida, fermentada ou pode ser sacarificada e fermentada simultaneamente. As configurações de processo conhecidas são denominadas em inglês como: separate hydrolysis and fermentation (SHF), simultaneous saccharification and fermentation (SSF), simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) and consolidated biomass processing (CBP). Esta integração dos processos reduz custo de operação e de capital.

SHF é a configuração tradicional em que a biomassa é hidrolisada para formar os açúcares fermentescíveis numa primeira etapa e, em seguida, estes açúcares são fermentados gerando etanol utilizando vários microrganismos *Saccharomyces*, *Kluveryomyces*, *Debaryomyces*, *Pichia*, *Zymomonas*. A vantagem deste processo é que as etapas podem ser conduzidas em condições ótimas para cada um dos catalisadores biológicos: enzimas e microrganismos [8].

A compatibilidade da sacarificação com a fermentação, portanto, é dependente das condições de pH, temperatura concentração de substrato, etc. Conseguindo-se compatibilizar estas condições para os dois processos biológicos, a configuração SSF torna-se vantajosa pois a eficiência da hidrólise enzimática aumenta na medida em que o produto final (açúcares fermentescíveis) é consumidos pelo microrganismo reduzindo a inibição da enzima pelo produto. Além disso, há economia de tempo e no uso de equipamentos [8].

4. CASCA DE COCO VERDE

O beneficiamento (transformação e classificação em um produto industrializado de maior valor) da fibra de coco é uma boa alternativa para dar destino a mais de 800

toneladas de casca de coco verde descartadas por ano no Brasil. A tecnologia de processamento das cascas de coco verde transforma esse resíduo em uma nova opção de renda para o produtor de água de coco. O processamento das cascas gera fibras e substrato.

As fibras são utilizadas para a confecção de diversos produtos para uso agrícola, pela indústria e construção civil, em substituição a outras fibras naturais e sintéticas. O pó do coco verde é rico em potássio e nitrogênio, e muito utilizado como adubo orgânico. A casca de seis cocos produz um quilo de fibra.

A qualidade da fibra do coco depende da variedade cultivada, do processo de extração, do grau de maturação do fruto e das condições climáticas do local onde se faz o cultivo. Esta qualidade é determinada principalmente pelas propriedades físicas como diâmetro, comprimento, elasticidade e rigidez. Existem três tipos de fibras: fibra branca longa, fibra marrom longa e fibra marrom curta.

5. ETANOL DA CASCA DE COCO

Existem muitos trabalhos publicados sobre a produção de etanol 2G a partir de materiais lignocelulósicos, em especial, resíduos agroindustriais e bagaço de cana de açúcar. Poucos existem, no entanto, sobre o uso da fibra da casca de coco verde para produção de etanol.

A potencialidade das fibras da casca de coco verde tem sido avaliada para a obtenção do etanol lignocelulósico. Para a preparação do etanol lignocelulósico, as fibras da casca do coco verde são submetidas às seguintes etapas de tratamento: lavagem, trituração, hidrólise química, hidrólise enzimática. A hidrólise química é efetuada em concentração moderada de ácido e um processo de aquecimento contínuo [10].

Têm-se avaliado também diferentes estratégias de obtenção de etanol da casca de coco verde, dentre elas a SSF e SSSF. A casca de coco é pré-tratada com hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio e os rendimentos chegam a 76% de conversão de glicose etanol com o SSF e a 89% com SSSF [9].

Em trabalho recente, foram testados dois tipos de pré-tratamento químico, ácido e alcalino, na fibra da casca do coco verde a fim de avaliar a quantidade de açúcares liberados na fração líquida da solução para a obtenção de etanol de segunda geração. No teste de capacidade fermentativa utilizaram dois tipos de leveduras, *Saccharomyces cerevisiae* e *Pichia Stipitis* [11].

Diante do cenário exposto, verifica-se que os processos não atingiram padronização mínima e características de tecnologias plenamente desenvolvidas, ainda estão sendo submetidas pesquisas visando esta padronização. Dessa forma, pretende-se iniciar pesquisa experimental utilizando como embasamento científico a produção de etanol derivado da cana-de-açúcar [11].

A partir deste referencial teórico avaliado, entende-se que o processo de produção de etanol 2G a partir da casca de coco compreenderá as seguintes etapas:

Beneficiamento da casca do coco verde: nesta etapa, quanto melhor for o condicionamento da casca, ou seja, quanto menor for o tamanho da fibra, melhor será o rendimento líquido da conversão celulose em glicose livre para a conversão em etanol.

Pré-tratamento: nesta etapa, deve-se minimizar formação de compostos inibidores e maximizar a extração da lignina;

Sacarificação: nesta etapa deve-se maximizar a produção de açúcares fermentescíveis.

Fermentação: nesta última, os açúcares fermentescíveis são processados para a produção do bioetanol.

A **Figura 10** apresenta um fluxograma básico do processo.

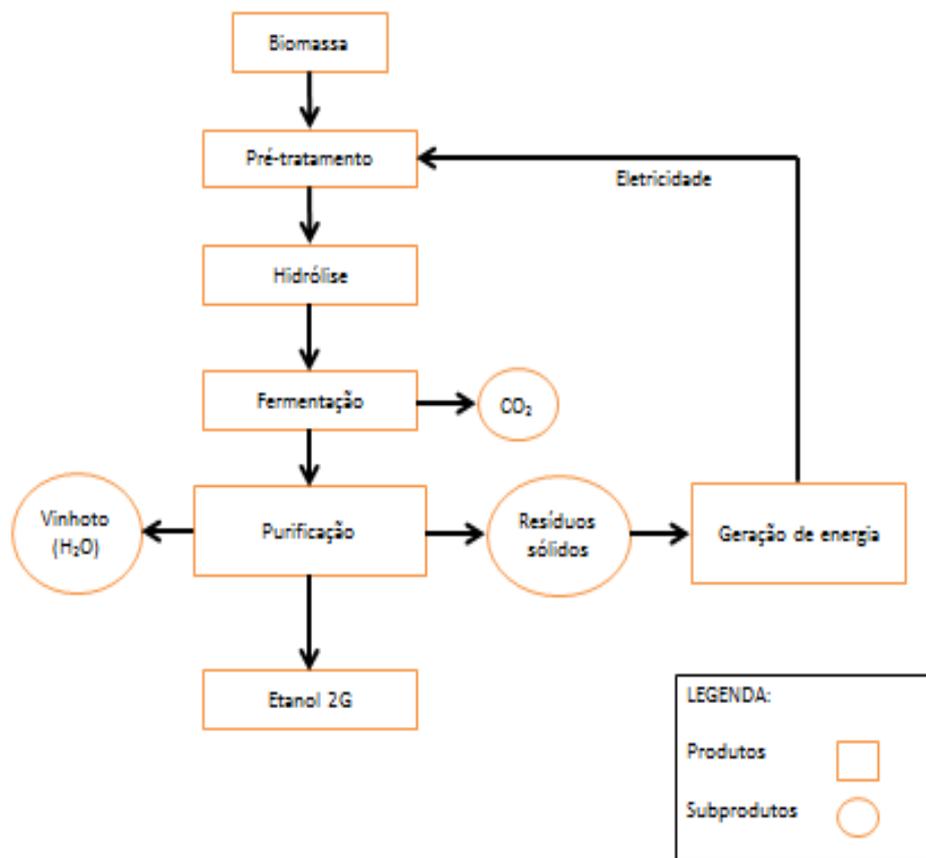


Figura 10 - Fluxograma do Processo de Obtenção do Etanol 2G (Elaboração Própria).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente tem aumentado a demanda por fontes de energia renovável e a casca do coco verde é um resíduo celulósico que está sendo jogado em elevadas quantidades nos lixões das cidades.

Assim, essa situação tem despertado o interesse dos pesquisadores, que estão desenvolvendo estudos para padronizar o método de produção do etanol a partir da fibra do coco.

Este trabalho, portanto, apresentou uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção do etanol 2G, e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹Chohfi, F. M.; Valença, G. P. **Novos produtos e energia a partir de biomassa, uma matéria prima abundante e renovável para o Brasil.** Revista Agrogeoambiental, v. 1, Abril/2009, p. 80-90.

²Santos, F.A.; Queiróz, J.H; Colodette, J.L; Fernandes, S.A.; Guimarães, V.M.; Rezende, S.T. Potencial da Palha de Cana de Açúcar para Produção de Etanol. Química Nova, **2012**, v.35, p.1004-1010.

³Salla, D.A.; Cabello, C. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana de açúcar e milho. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, 25, **2010**, v. 25, p. 32-53.

⁴Hasunuma, T.; Kondo, A. Development of yeast cell factories for consolidated bioprocessing of lignocellulose to bioethanol through cell surface engineering. Biotechnology Advances (**2012**), v. 30 p.1207–1218.

⁵Hayes, D.J. An examination of biorefining processes, catalysts and challenges. Catalysis Today (**2009**), v. 145, p.138–151.

⁶Balat, M. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A Review“Energy Conversion and Management” (**2011**), v.52, p. 858–875.

⁷Vohra, M.; Manwar, J.; Manmode R. Bioethanol production: Feedstock and current technologies. Journal of Environmental Chemical Engineering (**2014**), v.2, p. 573–584.

⁸Menon, V.; Rao, M.Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals &biorefinery concept. Progress in Energy and Combustion Science (**2012**), v. 38, p. 522-550.

⁹Gonçalves, F.A.; Ruiz, H.A.; Nogueira, C.C; Santos, E.S.; Teixeira, J.A.; Macedo, G,R.. Comparison of delignified coconuts waste and cactus for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies.Fuel (**2014**), v. 131, p. 66–76.

¹⁰Sátiro, J. R.; Barros, P.H.S.; Brandão, M.C.R; Figueiroa, J.A. Estudo do potencial da casca do coco verde para obtenção de etanol lignocelulósico. VII CONNEP, Palmas, Tocantins, junho de 2012.

¹¹Cabral, M. M. S.; Almeida, R. M. R. G.; Abud, A. K. S. **Estudo do pré-tratamento químico em fibra da casca de coco verde para a produção de etanol 2G.** XX COBEQ (Congresso Brasileiro de Engenharia Química), Florianópolis, v. 1, outubro de 2014.

**PROPOSTA PARA MELHORIA DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA
UTILIZADA PELO CNTL POR MEIO DA INSERÇÃO DE FERRAMENTAS DE
QUALIDADE E ESTATÍSTICA**

Flavia Melo Menezes¹, Edna dos Santos Almeida¹ e Fábio Conceição de Menezes¹

¹Área de Meio Ambiente, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec. E-mails:
flavianmelo@terra.com.br; ednasa@fiieb.org.br; menezes.eng@gmail.com

RESUMO

A relação que as empresas constroem com o meio ambiente tem sido cada dia mais importante, seja para sua sobrevivência - por meio da resposta aos órgãos reguladores e fiscalizadores - seja para seu destaque frente à concorrência - por meio da inovação. Em ambos os casos, a metodologia de Produção Mais Limpa pode ser uma estratégia poderosa para se alcançar o desempenho ambiental desejado. Contudo, apesar do potencial que ela apresenta, sua ampla aceitação pelas empresas enfrenta alguns obstáculos, um deles sendo a fraca sistematização de suas etapas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de melhoria da metodologia de P+L utilizada pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística. A fim de realizar este trabalho buscou-se analisar as etapas de implantação da metodologia, avaliar e selecionar as ferramentas de qualidade e estatística e, finalmente, propor a melhoria da metodologia por meio da inserção das ferramentas escolhidas. A metodologia de P+L do CNTL é composta por 20 passos em 5 fases: planejamento e organização; pré-avaliação e diagnóstico; avaliação de P+L; estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental; e implementação de opções e plano de continuidade. As seguintes ferramentas foram estudadas e avaliadas: gráfico de tendência, 5W2H, fluxograma, matriz GUT, Gage R&R, diagrama de Ishikawa, brainstorming, folha de verificação, análise de Pareto, histograma, box-plot, gráficos de dispersão, coeficiente de Pearson, regressão, DOE, teste de hipóteses, FMEA, matriz de decisão, CEP e poka-yoke. Este trabalho obteve êxito por meio da inserção de 19 ferramentas de qualidade e estatística em 9 passos da metodologia de P+L do CNTL. Elas foram inseridas principalmente em etapas de coleta e análise de dados, e validação dos resultados, tornando a P+L menos gerencial e mais técnica. Pôde-se então sistematizar mais algumas etapas, possivelmente levando a execuções mais rápidas e eficazes, maximizando assim os benefícios de sua implantação.

Palavras-Chaves: *Produção Mais Limpa; Ferramentas de Qualidade; CNTL.*

ABSTRACT

The relationship between businesses and the environment has become more important nowadays, whether for its survival – through response to regulators and inspection bodies –

whether for its distinction over the competition - through innovation. Either way, the methodology of Cleaner Production (CP) can be a powerful strategy to achieve the desired level of environmental performance. However, despite the potential that it presents, its wide acceptance by companies faces some obstacles, one of them being the weak systematization of its stages. Thus, this study aimed to develop a proposal for improvement of the methodology of Cleaner Production used by National Center for Clean Technologies (NCCT) through the insertion of quality and statistical tools. In order to conduct this study, the stages of CP methodology was analyzed through the search of its improvement points, quality and statistical tools were evaluated and selected for usage, and the CP methodology equipped with the selected quality and statistical tools was proposed. The CP methodology of NCCT consists of 20 steps in 5 phases: planning and organization; pre-assessment and diagnosis; CP evaluation; studies of technical, economic and environmental feasibility; and implementation options and continuity plan. The following tools were studied and evaluated: trend graph, 5W2H, flowchart, GUT matrix, Gage R&R, Ishikawa diagram, brainstorming, check sheet, Pareto analysis, histogram, box-plot, scatter plots, Pearson correlation coefficient, regression, DOE, hypothesis testing, FMEA, decision matrix, SPC and poka-yoke. This work has achieved its goal through the insertion of 19 quality and statistical tools in 9 steps of CP methodology of NCCT. The tools were inserted primarily in steps of data collecting and analyzing, and validation of results, making it more technical and less managerial. Through this work it was possible to systematize more some of CP methodology steps, possibly leading to a more fast and effective execution, as well as maximizing the benefits of its implementation.

Keywords: Cleaner Production; Quality Tools; NCCT.

1. INTRODUÇÃO

A relação que as empresas constroem com o meio ambiente tem sido cada dia mais importante, seja para sua sobrevivência - por meio de resposta aos órgãos reguladores e fiscalizadores - seja para seu destaque frente à concorrência - por meio de inovação. Em ambos os casos a metodologia de Produção Mais Limpa (P+L) pode ser uma estratégia poderosa para se alcançar o patamar desejado de desempenho ambiental.

Segundo a *United Nations Environment Programme* (Unep), a P+L é uma estratégia comprovada para “melhoria do uso eficiente dos recursos naturais e minimização na fonte de resíduos, poluição e riscos à saúde humana”¹. Ou seja, se por um lado, as perdas no processo produtivo são consideradas como evidência de um desempenho econômico negativo, por outro, esforços para a redução do consumo de matéria-prima e de energia, assim como para a redução ou prevenção da geração de perdas resultam no aumento da produtividade, o que beneficia a empresa financeiramente². Dessa forma, ela pode ser aplicada a processos,

produtos e serviços com vistas a reduzir os riscos para o meio ambiente, sociedade, e gerar benefícios econômicos para as empresas.

Depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, o *United Nations Industrial Development Organization* (Unido) e o Unep lançaram o *NCPC Programme*, um programa para instalar Centros Nacionais de Produção Mais Limpa (CNPL) em países subdesenvolvidos. Hoje, o CNPL está presente em 47 países, onde especialistas são treinados em P+L, a metodologia é implementada, e experiências e resultados são disseminados entre empresas, governos, associações profissionais e sociedade civil³.

Em 2007, uma equipe independente, orientada pelo comitê formado pelas agências das Nações Unidas e patrocinadores-chave do programa, avaliou o *NCPC Programme*. Esta avaliação constatou que apesar do Programa ter tido êxito em alguns aspectos, ele poderia ter contribuído mais na melhoria do desempenho ambiental e produtividade das empresas. Uma possível leitura deste item é a melhoria da própria metodologia, que apesar de ser composta por etapas definidas, não apresenta procedimentos de implementação, nem uso de ferramentas e técnicas que podem ser empregadas para o alcance dos resultados^{4,5,6}.

As ferramentas de qualidade são de domínio público, bem conhecidas, utilizadas e integradas aos processos de gestão da maioria das empresas, e são facilmente adaptáveis ao sistema de gestão ambiental, uma vez que os programas de qualidade e meio ambiente possuem muitos objetivos em comum⁵.

A abordagem de qualidade no sistema produtivo possui como método básico de gestão o Ciclo de Deming ou PDCA, assim como algumas ferramentas que podem ser aplicadas para operacionalizar as fases do ciclo. Esse conjunto abrange desde ferramentas simples e de aplicação direta àquelas mais complexas, com base em análises estatísticas utilizadas em programas de Seis Sigma⁵.

Silva *et al*, em seu artigo intitulado “Ferramentas de qualidade aplicadas aos programas de Produção Mais Limpa”, propuseram a inserção de 10 ferramentas de qualidade simples na implantação de programas de P+L⁵. Eles recomendaram que ferramentas mais avançadas fossem estudadas para eventualmente serem incluídas na metodologia de P+L em trabalhos futuros.

Este desafio foi aceito e ferramentas de qualidade e estatística utilizadas pelo “Método de Soluções de Problemas” e “Seis Sigma” foram estudadas. Ambos métodos se assemelham à metodologia de P+L uma vez que focam na melhoria do processo produtivo. Estas ferramentas de qualidade e estatística são apresentadas no Quadro 01.

Tabela 1. Ferramentas de qualidade e estatística usadas nos métodos “Solução de Problemas” e “Seis Sigma”.

Nº	Ferramenta	Objetivo
1	Gráfico de tendência	Identificar variações de um parâmetro ao longo do

		tempo.
2	5W2H	Caracterizar problemas para seu esclarecimento.
3	Fluxograma	Representar graficamente as etapas de um processo.
4	Matriz GUT	Estabelecer prioridades entre problemas, projetos, etc.
5	Gage R&R	Comparar a variação do sistema de medição com a variação do processo.
6	Diagrama de Ishikawa	Representar a relação de causas e efeitos de forma esquemática.
7	Brainstorming	Levantar ideias sobre um tema num grupo de pessoas.
8	Folha de verificação	Coletar dados de forma organizada e estruturada.
9	Análise de Pareto	Separar os poucos problemas vitais dos muitos triviais.
10	Histograma	Apresentar a distribuição das frequências de uma variável
11	<i>Box-plot</i>	Avaliar dados de um parâmetro quanto à sua distribuição.
12	Gráfico de dispersão	Representar o comportamento entre duas variáveis.
13	Coefficiente de Pearson	Expressar a força e o sentido da relação linear entre duas variáveis.
14	Regressão	Verificar a relação de duas ou mais variáveis por meio de modelamento matemático.
15	DOE	Avaliar a variável de saída conforme alteração dos valores da variável de entrada por meio de experimentos.
16	Teste de hipótese	Validar estatisticamente melhorias implantadas no processo.
17	FMEA	Avaliar os efeitos e identificar as causas dos modos de falhas.
18	Matriz de decisão	Auxiliar na tomada de decisão entre várias alternativas
19	CEP	Monitorar e controlar uma variável ao longo do tempo.
20	Poka-Yoke	Evitar erros humanos numa linha de produção.

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de melhoria da metodologia de Produção Mais Limpa utilizada pelo CNPL brasileiro - Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística.

2. METODOLOGIA

A fim de se alcançar o objetivo deste trabalho, inicialmente buscou-se analisar as etapas da metodologia de P+L do CNTL, por meio do estudo de seus objetivos e descrições. Atentou-se sobre as possíveis lacunas existentes nas etapas, por meio de procedimentos deficientes ou ausências de técnicas que pudessem justificar o uso de alguma ferramenta de qualidade ou estatística. Em seguida, realizou-se um estudo de diversas ferramentas de qualidade e

estatística por meio da revisão bibliográfica, a partir do qual obteve-se o conhecimento de seu objetivo e sua forma de aplicação. Posteriormente comparou-se o uso das ferramentas de qualidade e estatística estudadas em outras metodologias: Método de Solução de Problemas e a Metodologia Seis Sigma. Por fim sugeriu-se o uso das ferramentas de qualidade e estatística estudadas na metodologia de P+L do CNTL, esclarecendo sobre as possíveis adaptações necessárias quanto ao foco ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia de Produção Mais Limpa foi descrita de acordo com o documento “Cinco Fases da Implantação de Técnicas de Produção Mais Limpa” produzido pelo CNTL, sediado no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), em 2003. Esta metodologia é composta por cinco fases e vinte passos, conforme descrito a seguir:

Tabela 2. Fases e passos da metodologia de P+L do CNTL.

Fase	Passos
01: Planejamento e Organização	01 a 04
02: Pré-avaliação e Diagnóstico	05 a 07
03: Avaliação de P+L	08 a 11
04: Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental	12 a 16
05: Implementação de opções e Plano de continuidade	17 a 20

Fonte: adaptado de SENAI.RS, 2003⁶.

Passo 01: Obter o comprometimento da gerência. Segundo o CNTL, sem este comprometimento não há verdadeira ação e, conseqüentemente, não há resultado.

Passo 02: Estabelecer o Ecotime. Uma vez que a P+L pode influenciar vários aspectos da produção, ele orienta que seja formado um Ecotime multidisciplinar, com profissionais que tenham conhecimento sobre todos os setores da empresa e seus processos produtivos.

Passo 03: Estabelecer a abrangência de P+L. Metas devem ser estabelecidas e aperfeiçoadas à medida que o Ecotime adquirir uma visão mais ampla das possibilidades para P+L na empresa, evoluindo de diretivas de qualidade para objetivos quantificáveis⁶. O CNTL afirma que com base nestas metas, o Ecotime deve fazer um programa de execução das atividades.

Sugestão de melhoria. Para o estabelecimento das metas, indica-se o uso do Gráfico de Tendência para indicadores que possuam algum histórico de medição. Já para se elaborar um programa de execução das atividades, o 5W1H poderá ser utilizado. Por meio dele, identifica-se para cada ação planejada (*what*): a razão dela ser executada (*why*), o local (*where*), o prazo (*when*), a pessoa responsável (*who*), e o método de execução (*how*).

Passo 04: Identificar barreiras e soluções. Segundo o CNTL, este passo objetiva identificar e superar as barreiras que possam impedir ou retardar a execução da P+L. O CNTL apresenta uma relação dos tipos de barreiras que podem surgir, assim como possíveis soluções.

Sugestão de melhoria. A fim de se estruturar melhor a coleta de ideias para identificação e superação de cada tipo de barreira analisada, recomenda-se o uso do *brainstorming*.

Passo 05: Desenvolver fluxograma de processo. Segundo o CNTL, o fluxograma do processo deve descrever toda a instalação e mostrar todas as etapas por que passam as matérias-primas e insumos até formar o produto.

Passo 06: Avaliar as entradas e saídas. Nesta etapa faz-se uma estimativa das quantidades de matérias-primas e insumos consumidos; e produtos, subprodutos, resíduos e emissões produzidos por cada processo ou unidade de operação⁶.

Passo 07: Determinar focos de avaliação de P+L. O CNTL afirma que apesar de todos processos e unidades de operação serem candidatos ao foco da P+L, uma seleção deve ser feita por meio de uma lista de critérios a fim de determiná-los⁶.

Sugestão de melhoria. Sugere-se o uso da matriz GUT como ferramenta de qualidade para execução deste passo. Ela prioriza os problemas com base na sua gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) para o auxílio na tomada de decisão.

Passo 08: Originar o balanço de massa. A elaboração de um balanço de massa permite identificar e quantificar as perdas materiais e financeiras a partir do fluxograma de processo⁶. O CNTL afirma que ele deve ser elaborado de forma a identificar lacunas e imprecisões. Dessa forma, faz-se necessário uma avaliação para determinar o nível de exatidão aceitável das medidas⁶.

Sugestão de melhoria. Para os casos em que a exatidão e a precisão das medidas forem relevantes, algumas ações podem ser tomadas. Primeiro sugere-se a calibração do instrumento de medição, a fim de melhorar a exatidão das medidas. Em seguida, indica-se a utilização da ferramenta estatística Gage R&R para análise da variação do sistema de medição, garantindo a precisão das medições realizadas.

Passo 09: Avaliar as causas. O CNTL afirma que a partir do balanço de massa deve-se compreender de onde, porque e quantos resíduos e emissões são gerados, assim como, quanta energia é perdida ao longo do processo produtivo.

Sugestão de melhoria. Campos sugere o uso de algumas ferramentas para organizar a coleta de dados na estratificação de problemas: diagrama de Ishikawa, *brainstorming* e folha de verificação⁷. Por meio do diagrama de Ishikawa pode-se dividir um problema em várias possíveis causas, considerando os seis âmbitos de uma unidade operacional: método, meio, máquina, matéria-prima, mão-de-obra e medição. As causas são sugeridas para cada âmbito, por meio da técnica *brainstorming*. O diagrama de Ishikawa deve ser desmembrado em diversas causas até se chegar à causa-raiz, ou seja, aquela que uma vez solucionada elimina o problema⁵. Elabora-se então uma folha de verificação para a coleta de dados para cada causa-

raiz, a fim de se analisar posteriormente a sua relação com o efeito percebido no balanço de massa.

A verificação da relação existente entre as variáveis de causa e efeito pode ser realizada com o uso das ferramentas: análise de Pareto, histograma, *box-plot*, gráfico de dispersão, coeficiente de Pearson e regressão. A análise de Pareto avalia dentre as diversas causas-raiz identificadas, quais são as que mais contribuem para a ocorrência do efeito. O histograma fornece a distribuição das medições de uma variável, através de sua média, mediana e moda. O *box-plot* realiza uma análise estática de uma mesma variável para um conjunto de dados por meio da média, mediana, e valores atípicos. O gráfico de dispersão, representa o comportamento entre as variáveis de causa e efeito. A partir dele é possível verificar se as variáveis possuem alguma relação linear por meio do cálculo do coeficiente de Pearson. Caso não haja uma relação linear, por meio da regressão pode-se verificar se elas possuem relações do tipo: quadrática, cúbica, exponencial, logarítmica, etc.

Passo 10: Gerar oportunidades de P+L. Conforme o CNTL, uma vez conhecidas as causas da geração dos resíduos e emissões, é possível gerar um conjunto de medidas de P+L. A UNEP afirma que sessões de brainstorming devem ser realizadas para o desenvolvimento dessas soluções⁸.

Sugestão de melhoria. Aplicar a ferramenta FMEA a fim de elencar as causas-raízes que possuem maior urgência na sua resolução por meio da classificação segundo a frequência de ocorrência da causa, a severidade do efeito, e o grau de detecção do modo de falha.

Passos 11 e 12: Selecionar e avaliar de forma preliminar as oportunidades de P+L. Segundo o CNTL, após um número satisfatório de soluções de P+L ter sido gerado, elas devem ser selecionadas para estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Passo 13: Avaliação técnica. A viabilidade técnica das soluções deve ser realizada por meio da avaliação de seus impactos no processo, na taxa de produção, na segurança, etc; o que pode demandar testes de laboratório ou bateria de ensaios⁶.

Sugestão de melhoria. Quando a realização de testes for necessária, sugere-se o uso das ferramentas: DOE e teste de hipóteses. Por meio do DOE é possível realizar experimentos sistemáticos de modo a avaliar o comportamento entre as variáveis de entrada e saída e assim definir o padrão operacional desejado. O teste de hipóteses serve para validar estatisticamente os resultados obtidos pelo DOE por meio da confirmação da ocorrência da hipótese nula (valor do padrão desejado).

Passo 14: Avaliação econômica. A viabilidade econômica das soluções de P+L é realizada usando medidas padrão de lucratividade, tais como o período de retorno, valor líquido presente e taxa interna de retorno⁶.

Passo 15: Avaliação ambiental. A viabilidade ambiental das soluções de P+L é realizada por meio da análise de seus efeitos ambientais obtidas das folhas de dados sobre segurança dos materiais, fornecedores, órgão de proteção ambiental, etc⁶.

Passo 16: Seleção final das oportunidades de P+L. A seleção final das soluções que devem ser consideradas para a implementação é realizada por meio da análise gradual comparativa⁶. Nesta matriz de decisão, as soluções são priorizadas conforme sua viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Passo 17: Preparar plano de P+L. Segundo o CNTL, no plano de implementação das soluções de P+L, deve ser descrito a duração do projeto, os recursos humanos e financeiros necessários.

Sugestão de melhoria. A ferramenta 5W2H pode ser utilizada na construção do plano de implementação das medidas de P+L, especificando, além dos itens abordados no Passo 03, o custo (*how much*) da implementação.

Passo 18: Implementar oportunidades de P+L. A implementação das soluções é composta pelas seguintes etapas: planejamento, design, aquisição/construção⁶.

Passo 19: Monitorar e avaliar. Segundo o CNTL, o desempenho das medidas de P+L implementadas precisa ser monitorado periodicamente a fim de verificar se as metas de produção mais limpa foram atingidas.

Sugestão de melhoria. A fim de auxiliar na execução dessa etapa, sugere-se o uso das ferramentas: CEP e Poka-Yoke. O CEP monitora os processos através de análises estatísticas, por meio do valor médio e da variabilidade do parâmetro ao longo do tempo⁹. Já o Poka-Yoke é importante para evitar erros humanos durante a operação do processo.

Passo 20: Sustentar as atividades de P+L. Segundo o CNTL, isso é possível por meio da promoção de atividades que gerem entusiasmo e comprometimento da empresa com realização sistemática da P+L.

A proposta de melhoria da metodologia de P+L do CNTL por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da inserção de ferramentas de qualidade e estatística na metodologia de P+L do CNTL.

Passo da metodologia de P+L	Ferramenta sugerida para uso
01 – Obter comprometimento da gerência	-
02 – Organizar o Ecotime	-
03 – Estabelecer metas	Gráfico de tendência, 5W1H
04 – Barreiras e soluções	Brainstorming
05 – Desenvolver fluxograma do processo	Fluxograma*
06 – Avaliar as entradas e saídas	-
07 – Determinar focos de avaliação de P+L	Matriz GUT
08 – Originar um balanço de material	Gage R&R
09 – Avaliação das causas	Diagrama de Ishikawa, <i>brainstorming</i> ,

	folha de verificação, análise de Pareto, histograma, <i>box-plot</i> , gráfico de dispersão, Coeficiente de Pearson e regressão.
10 – Gerar medidas de P+L	Brainstorming* e FMEA
11 – Seleção de oportunidades de P+L	-
12 – Avaliação Preliminar	-
13 – Avaliação técnica	DOE e Teste de hipóteses
14 – Avaliação Econômica	-
15 – Avaliação Ambiental	-
16 – Selecionar as oportunidades	Matriz de decisão*
17 – Preparar um plano de P+L	5W2H
18 – Implementar oportunidades de P+L	-
19 – Monitorar e avaliar	CEP e Poka-Yoke
20 – Sustentar atividades de P+L	-

* Ferramentas de qualidade já consideradas nas etapas indicadas da metodologia de P+L do CNTL.

Fonte: elaboração própria.

Assim como no trabalho realizado por SILVA *et al*, a melhoria da metodologia de P+L foi realizada por meio da inserção das ferramentas de qualidade: gráfico de tendência, 5W1H, matriz GUT, diagrama de Ishikawa, brainstorming, folha de verificação, e análise de Pareto nas etapas de estabelecimento de metas, determinação do foco de avaliação de P+L, avaliação das causas e elaboração do plano de P+L⁵. Além dessas, este trabalho propôs a aplicação das seguintes ferramentas na metodologia: Gage R&R, histograma, *box-plot*, gráfico de dispersão, coeficiente de Pearson, regressão, DOE, teste de hipóteses, FMEA, CEP e Poka-yoke, a fim de subsidiar as etapas de balanço de material, avaliação das causas, avaliação técnica, seleção das oportunidades, monitoramento e avaliação das oportunidades de P+L implantadas.

Semelhante à conclusão do trabalho realizado por Silva *et al*, as melhorias sugeridas na metodologia de P+L do CNTL tiveram como foco principal a etapa *Plan* do ciclo de PDCA (Passos 1-17)⁵. Na presença de uma etapa de planejamento mais robusta, as etapas de implementação (Passo 18), verificação (Passo 19) e análise crítica (Passo 20) das oportunidades de P+L ficam mais propensas ao sucesso.

Observou-se também, assim como Silva *et al*, que a metodologia de P+L do CNTL apresenta um enfoque mais gerencial, com foco em todo o processo⁵. Por meio da inclusão das ferramentas de qualidade e estatística foi possível torná-la mais técnica, principalmente na coleta e análise de dados, e validação dos resultados. Isso pode gerar uma satisfação maior da empresa com relação à metodologia, uma vez que as tomadas de decisão são baseadas em dados e os resultados obtidos são comprovados estaticamente.

Dessa forma, nota-se que o uso das ferramentas de qualidade e estatística sugeridas podem auxiliar numa maior organização na coleta de ideias; priorização de problemas ou atividades; organização, precisão na coleta e análise estatística de dados; experimentação e validação estatística dos resultados; além de monitoramento e controle estatístico dos mesmos. Isso pode resultar numa metodologia de P+L mais robusta e sistemática, proporcionando

resultados mais confiáveis nos processos produtivos beneficiados em todo e qualquer tipo de empresa.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a apresentar uma proposta para melhoria da metodologia de Produção Mais Limpa utilizada pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas, por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística. Alcançou-se o objetivo por meio da proposta de inserção de 19 ferramentas de qualidade e estatística em 9 passos dos 20 apresentados pela metodologia.

Conclui-se que o uso de ferramentas de qualidade e estatística pode gerar um maior detalhamento de ações desenvolvidas na metodologia de P+L do CNTL, sistematizando-a mais. Portanto, pode-se propiciar uma execução mais rápida e eficaz da metodologia, assim como maximizar os efeitos positivos da implementação das oportunidades de P+L. Assim, a empresa depositaria maior confiança na metodologia uma vez que a melhora do desempenho ambiental e econômico seria solidamente construída e estatisticamente comprovada, favorecendo a melhoria contínua por meio de novas aplicações de P+L.

Vale ressaltar que a sugestão aqui apresentada é uma proposta teórica de melhorias, sendo necessário sua consolidação prática. Assim, recomenda-se sua aplicação em empresas de serviços ou produtos a fim de que as melhorias propostas se consolidem como úteis na execução da metodologia de P+L do CNTL. Esta aplicação também seria bem-vinda para a identificação de novas oportunidades de melhoria da metodologia de P+L do CNTL por meio de técnicas e ferramentas estatística mais elaboradas.

5. REFERÊNCIAS

[1] Unep – United Nations Environment Programme. The international declaration on Cleaner Production: from signature to action. *UNEP Industry and Environment*, v.24, n.1-2, p.10, jan.-jun. 2001.

[2] Calia, R.C. *A difusão da Produção Mais Limpa: o impacto do Seis Sigma no desempenho ambiental sob o recorte analítico de redes*. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2007.

[3] Unido - United Nations Industrial Development Organisation. *The national Cleaner Production centres network*. Disponível em: <<http://www.unido.org/ncpc.html>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

[4] Capparelli, H.F. *Sistema de gestão ambiental e Produção Mais Limpa: análise de práticas e interação dos sistemas*. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2010.

[5] Silva, D.A.L. *et al.* Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, v.47, p.174-187, nov. **2012**.

[6] Senai.RS. *Cinco fases da implantação de técnicas de Produção Mais Limpa*. Porto Alegre: UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003

[7] Campos, V.F. *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)* / Vicente Falconi Campos. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Otoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

[8] Unep – United Nations Environment Programme. *Cleaner Production: a training resource package*. Paris, 1996. ISBN 9280716050.

[9] Takahashi, F.H. *Aplicação do controle estatístico de processos (CEP) como ferramenta para a melhoria da qualidade do leite*. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2011.

SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS APLICADO NA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZANDO PROTOCOLO DIGITAL HART

Tiago C. Sérgio¹, Milton B. de Souza²

¹SENAI Cimatec, E-mail: tiagocs09@gmail.com;

²SENAI Cimatec, E-mail: milton@fieb.org.br;

RESUMO

Os instrumentos de campos modernos possuem uma eletrônica embarcada que permite enviar informações sobre o seu estado de funcionamento. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir os custos de manutenção é necessário uma estação de trabalho para analisar as informações desses instrumentos e realizar algumas correções sem a necessidade de uma equipe em campo. Este artigo apresenta um projeto utilizando o protocolo HART dos instrumentos em uma planta de Tancagem para a aquisição dos dados e integrando ao software de gestão de ativos para analisar e tomar as decisões mais rápido.

Palavras-Chaves: Gerenciamento; Instrumentos; HART

ABSTRACT

Modern instruments have a field of embedded electronics that allows you to send information about its operating status. To increase process efficiency and reduce maintenance costs a workstation it is necessary to analyze the information these instruments and perform some corrections without the need for a team on the field. This paper presents a project using the HART protocol instruments in a Tanking plant for data acquisition and integrating the asset management software to analyze and take decisions faster.

Keywords: Management; Instruments; HART

1. INTRODUÇÃO

A equipe de manutenção em equipamentos industriais tem procurado métodos para melhorar a eficiência na gestão do ciclo de vida dos equipamentos de uma planta industrial. Esses métodos têm como o objetivo reduzir os custos de manutenção, melhorar o sistema de controle de processo e aumentar o nível da produção.

O gerenciamento de ativos consiste em ferramentas de diagnósticos para monitorar o estado do equipamento em tempo real. Com esse propósito, a gestão tem como objetivos: diminuir custos de manutenção, melhorar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir paradas não programadas.

Este artigo aborda uma implantação de automação para uma planta de Tancagem da Transpetro na qual utiliza uma arquitetura de instrumentação com o protocolo HART para o gerenciamento de ativos. O projeto consiste em disponibilizar os dados de instrumentação de campo através da rede Controlnet para um controlador central e o mesmo enviar as informações para uma estação de trabalho onde são analisados os dados dos instrumentos e planejar as ações para aumentar a disponibilidade.

2. INSTRUMENTAÇÃO

No início da era industrial, os operadores realizavam o controle da planta através de acionamento manual da válvula de controle para ajustar as variáveis. Com o surgimento de instrumentos pneumáticos na década de 1940 de transmissão e controle foi possível a monitoração e controle de forma automatizada. O operador já não precisava mais abrir ou fechar todas as válvulas manualmente. Isto reduziu o tempo que os operadores necessitavam para monitorar o processo. [1]

Com o avanço da eletrônica nos anos de 1950 e 1960, foi possível a construção de instrumentos eletrônicos para a substituição dos pneumáticos. A partir de 1970 iniciou-se a fabricação destes instrumentos. Inicialmente o sinal de entrada e saída destes equipamentos não eram padronizados. Cada fabricante desenvolvia o seu padrão. Em busca da padronização posteriormente se padronizou este sinal em um sinal de corrente que variava de 4 a 20 mA (com incrementos de 4 mA entre cada faixa de valor, totalizando cinco faixas, criando uma equivalência com a escala de psi) e alimentação elétrica de 24 VDC para transmissores e posicionadores, com casos especiais utilizando-se 110 VAC. Aos poucos as plantas industriais migraram para o controle se utilizando de equipamentos eletrônicos, o que reduziu os custos de manutenção devido a robustez destes equipamentos e por estes não possuírem partes mecânicas, como nos instrumentos pneumáticos. Também foi possível aumentar a precisão das medições o que melhorou o controle das malhas. [1]

3. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO DIGITAL HART

O HART (Highway Addressable Remote Transducer, Via de Dados Endereçável por Transdutor Remoto) é um protocolo de comunicação que surgiu em 1980 pela empresa Fisher Rosemount, tinha a intenção inicial de permitir fácil calibração, ajustes de range e damping de equipamentos analógicos. Foi o primeiro protocolo digital de comunicação bidirecional que não afetava o sinal analógico de controle. [2]

O Protocolo HART® possibilita a comunicação digital bidirecional em instrumentos de campo inteligentes sem interferir no sinal analógico de 4-20mA. Tanto o sinal

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

analógico 4-20mA como o sinal digital de comunicação HART®, podem ser transmitidos simultaneamente na mesma fiação. A variável primária e a informação do sinal de controle podem ser transmitidas pelo 4-20mA, se desejado, enquanto que as medições adicionais, parâmetros de processo, configuração do instrumento, calibração e as informações de diagnóstico são disponibilizadas na mesma fiação e ao mesmo tempo. [3]

Protocolo HART® usa o padrão Bell 202, de chaveamento por deslocamentos de frequência (FSK) para sobrepor os sinais de comunicação digital ao de 4-20mA. Por ser o sinal digital FSK simétrico em relação ao zero, não existe nível DC associado ao sinal e, portanto, ele não interfere no sinal de 4-20mA. O nível "1" é representada por um sinal de corrente de 1mA de frequência 1200Hz. O sinal se propaga há uma taxa de 1200 bits por segundo, sem interromper o sinal 4-20mA e permite uma aplicação tipo "mestre" possibilitando duas ou mais atualizações por segundo vindas de um único instrumento de campo. O nível "0" é representada por uma frequência de 2200Hz, como mostrado na figura 1.

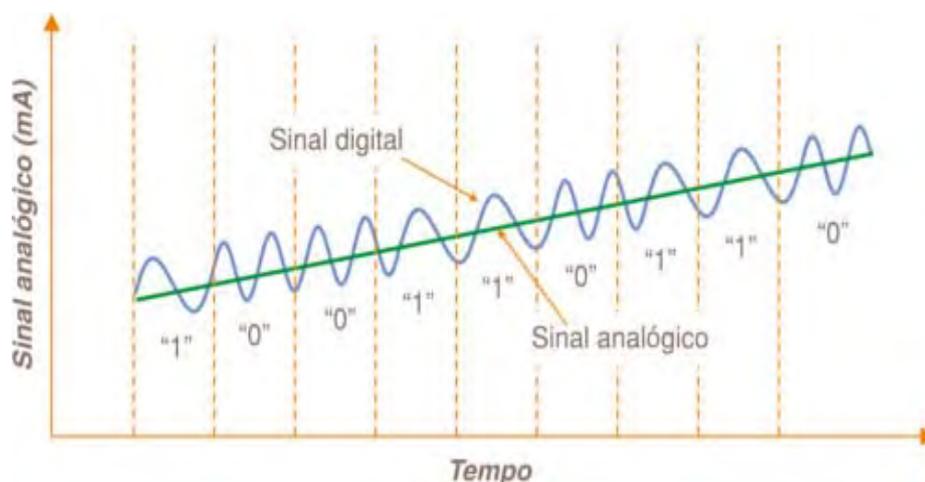


Figura 1. Sinal Digital do protocolo sobreposta no sinal de instrumentação. [3]

4. GESTÃO DE ATIVOS

Gerenciamento de Ativos pode ser definido como a manutenção de equipamentos de maneira a oferecer máximo desempenho e com um mínimo custo a uma planta juntamente com o seu ciclo de vida. Entende-se como ativo todos os instrumentos, válvulas e equipamentos rotativos disponíveis em uma empresa que necessite gerar alguma monitoração e manutenção. [4]

A integração do sistema de gestão passa por alguns aspectos antes da implantação. Primeiro, o uso de dispositivos de campos inteligentes capazes de informar o seu status de operação, bem como os dados de processo. Segundo, protocolo de

comunicação capaz de transmitir informações de vários dispositivos de determinados fabricantes. Por último, um software dedicado para analisar as informações dos instrumentos e tomada de decisões da manutenção.

Drivers de Comunicação

Os drivers de comunicação foram desenvolvidos para obter as informações dos ativos através dos softwares de gerenciamento. O primeiro driver desenvolvido foi o DD (Device Description) em texto estruturado escrito pelos fabricantes descrevendo todas os parâmetros dos seus instrumentos, conforme mostrado na figura 2.

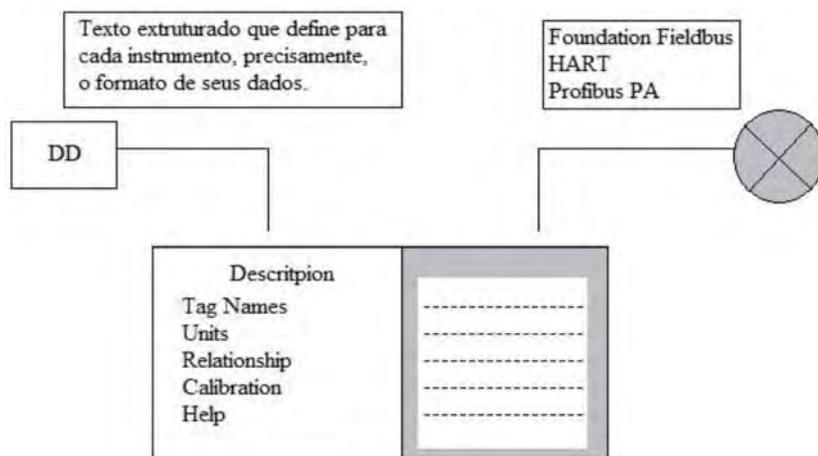


Figura 2. Device Description.

Com o avanço da tecnologia surgiu uma evolução do driver chamado de EDDL (Linguagem de Descrição de Dispositivos Aperfeiçoada), com o objetivo de estender o conceito de interoperabilidade para a interface gráfica e para os diagnósticos dos dispositivos. A interface gráfica era desenvolvida pelo fabricante de cada dispositivo. [5]

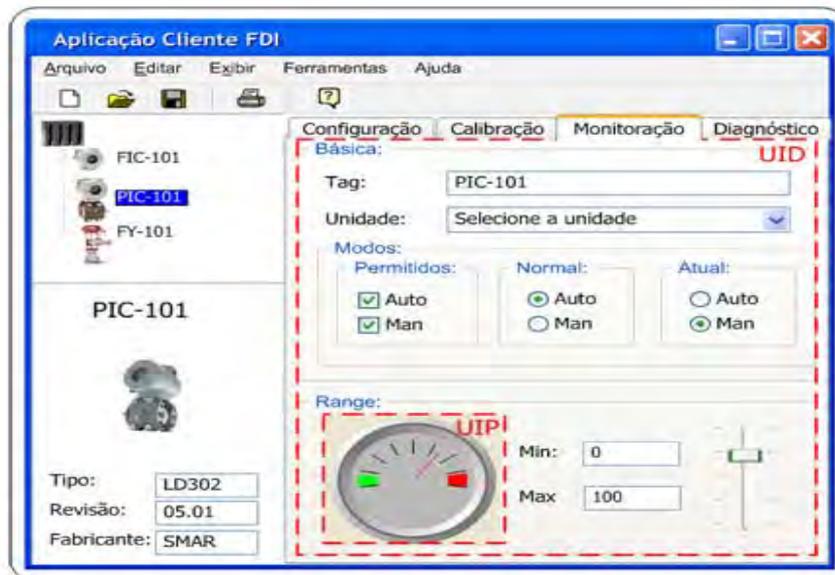


Figura 3. Interface gráfica com o driver EDDL. [5]

E paralelamente ao EDDL surgiram FDT (Field Device Tool) e DTM (Device Type Manager) que é uma tecnologia de software usada para integrar dispositivos de campo aos sistemas de controle. O FDT é um ambiente de software que disponibiliza um conjunto de serviços para a comunicação com os dispositivos de campo. O DTM é um software específico do instrumento que permite a configuração, conforme mostrado na figura 4.



Figura 4. Ambiente de configuração FDT/DTM

5. GERENCIAMENTO DE ATIVOS NO SISTEMA DE TANCAGEM

ARQUITETURA DO PROJETO

A planta de Tancagem por ser extensa requer várias remotas para comunicação dos instrumentos com o controlador principal. Essas remotas comunicam-se com o controlador central através do protocolo de rede Controlnet, que é uma rede de comunicação aberta de natureza determinística, o que ajuda a garantir o envio dos dados.

A Controlnet fornece intertravamento de instrumentos em tempo real, faixa para as remotas I/O, programação e envio de mensagens. Esse protocolo é baseado no modelo produtor/consumidor, permite que todos os nós da rede acessem simultaneamente os mesmos dados de uma única fonte. Os dados podem chegar ao mesmo tempo em cada nó se houver uma sincronização precisa. [6]

A arquitetura do sistema conta com um controlador central do fabricante Rockwell, os módulos de redundância para a comunicação hot-standby entre os CLPs, módulos de cartão Controlnet para comunicação com as remotas e os módulos de cartão Ethernet para comunicação dos CLPs com a estação de manutenção com o software de gerenciamento de ativos.

As remotas ficam localizadas em abrigos de acordo com a quantidade de I/O localizados e possuem um módulo de cartão ControlNet para transferir as informações para o controlador, cartões de Entrada e Saída em HART, conforme mostrado na figura 5.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

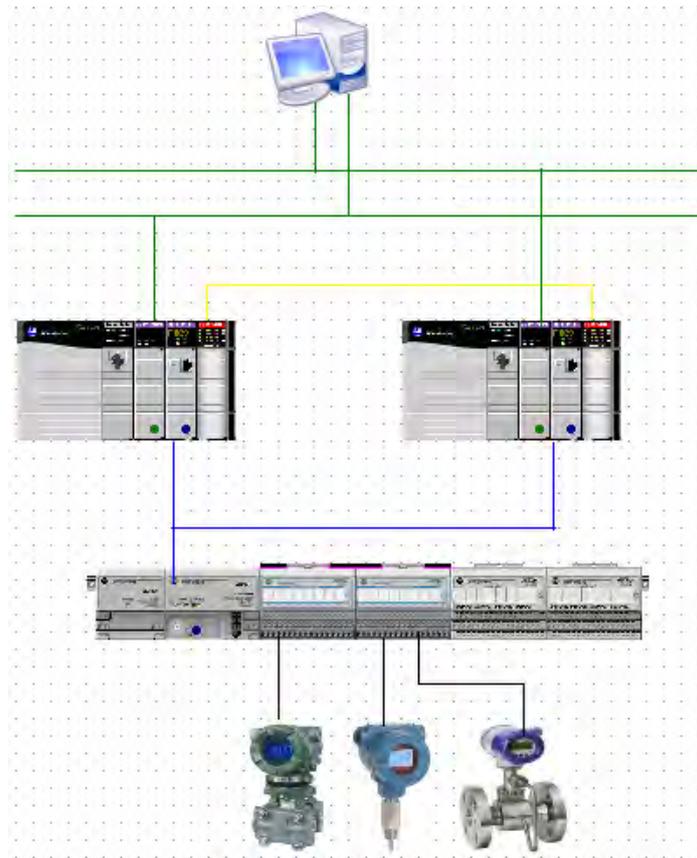


Figura 5. Esboço da Arquitetura de Automação

SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS

O software de gerenciamento proporciona uma gama de serviços, tais como: gerenciar calibração, parametrização e diagnóstico. O software escolhido para utilização foi o FactoryTalk AssetCentre que trabalha com os drivers da EDDL e FTD/DTM.

Com a integração CLP e software do mesmo fabricante (Rockwell), a configuração do software tem os seguintes passos:

A configuração do CLP Logix 5000 com o software de gerenciamento é através do software de comunicação RSLinx que já está incluído no FactoryTalk AssetCentre, conforme mostrado na figura 6.

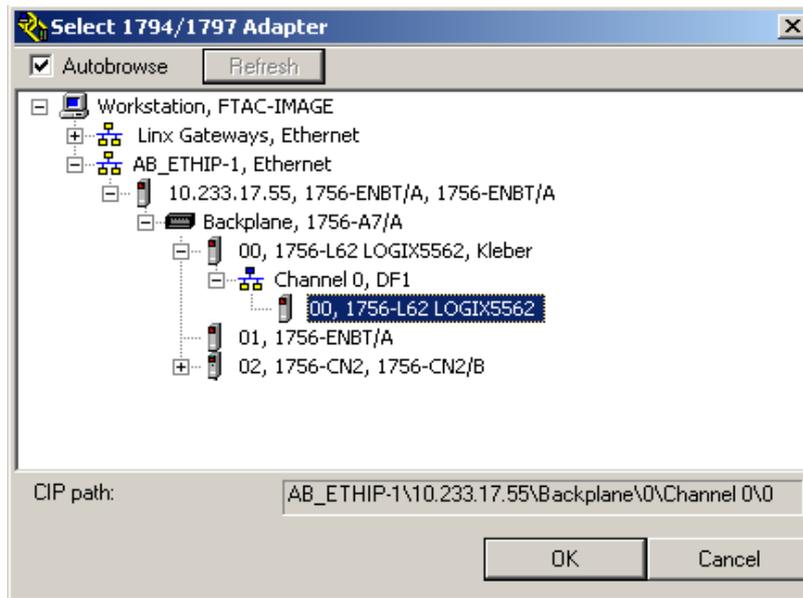


Figura 6. Comunicação do Software com o Controlador

Após a comunicação do controlador com o software, o próximo passo é a escolha do DTM que é software com interface gráfica do instrumento, essa escolha depende do fabricante e do tipo de instrumento, conforme mostrado na figura 7.

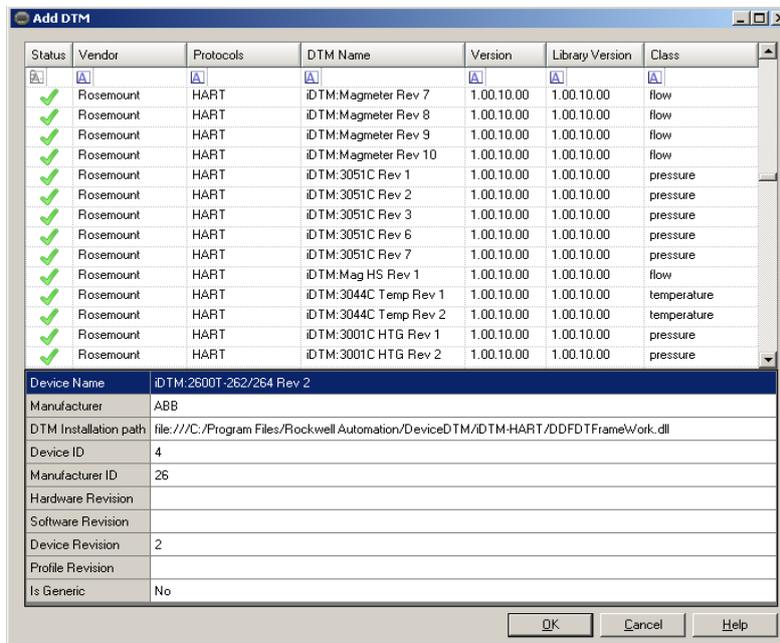


Figura 7. Configuração do DTM

No ambiente de diagnóstico do instrumento podemos configurar o range do instrumento, unidade de engenharia, alarmes, dentre outras informações referentes ao instrumento, conforme mostrado na figura 8.

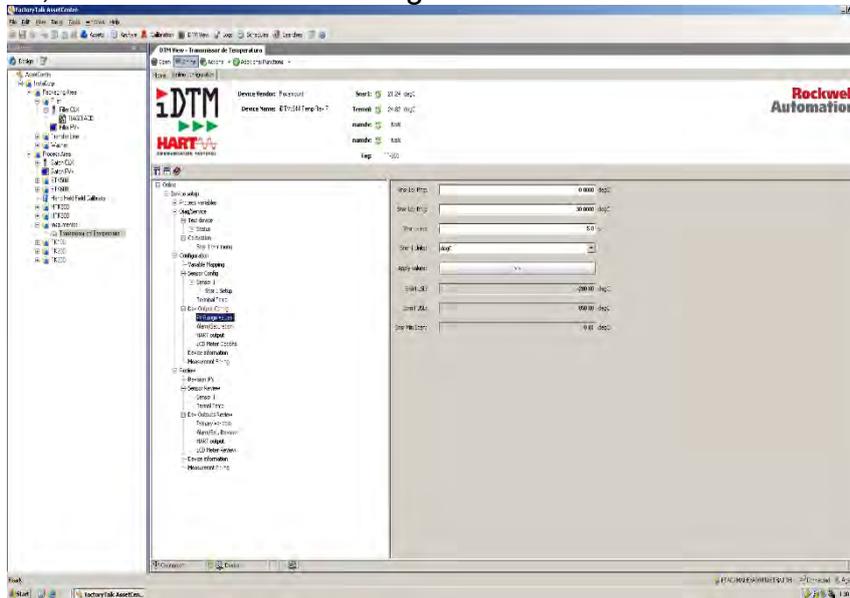


Figura 8. Ambiente de Diagnóstico do Instrumento

No ambiente de calibração do instrumento podemos gerenciar as calibrações e verificar se o sinal está dentro da faixa de range do instrumento, conforme mostrado na figura 9.

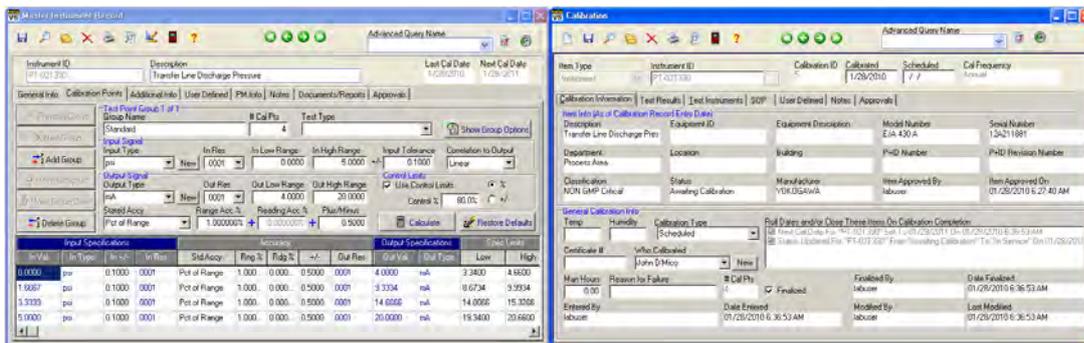


Figura 9. Ambiente de Calibração do Instrumento

4. CONCLUSÃO

Os instrumentos instalados na planta industrial já possuem o protocolo de comunicação HART, mas a arquitetura de automação não estava implantada para enviar os dados de campo para o software de gerenciamento de ativos.

A partir dos estudos sobre o protocolo, criamos uma arquitetura apresentada neste projeto como uma solução desejada pelo setor de manutenção, permitindo o monitoramento do estado de operação dos instrumentos de campo e o gerenciamento de calibrações remotamente através do software de gerenciamento de ativos.

A estação de trabalho possui um sistema de supervisão da planta industrial e um software de gestão dos ativos sob a responsabilidade da manutenção para que a mesma possa definir as ações necessárias. Foi possível aumentar a produtividade e reduzir o custo de manutenção após a implantação do projeto, proporcionando uma qualificação da equipe de manutenção.

O primeiro estágio foi desenvolvido com êxito, tendo como trabalho futuro a integração dos equipamentos rotativos, controles de válvulas e demais ativos da empresa integrando ao sistema de gerenciamento de ativos.

5. REFERÊNCIAS (TIMES NEW ROMAN / ARIAL 12)

¹MTEC, Instrumentação e Controle de Processos. Disponível em: < <http://mtecdobrasil.com.br/instrumentacaoecontroledeprocessos.html> >. Acesso em: 3 junho 2015

²Instrumatic, O Protocolo HART – Milhões de aplicações ao redor do mundo. Disponível em: < <http://instrumatic.com.br/artigo/o-protocolo-hart-milhoes-de-aplicacoes-ao-redor-do-mundo> >. Acesso em: 5 junho 2015

³Mecatrônica Atual, Tecnologia HART na Industria. Disponível em: < <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1467-tecnologia-hart-na-industria-parte-1-estrutura-do-protocolo?showall=&limitstart=0> >. Acesso em: 6 junho 2015

⁴Chaya, Heitor Hiroshi. Desmistificando o Gerenciamento de Ativos. Intech América do Sul, número 107, 2008.

⁵Instrumatic, EDDL - Electronic Device Description Language. Disponível em: < <http://instrumatic.com.br/artigo/eddl-electronic-device-description-language-fdt-dtm-field-device-tool-device-type-management-fdi-field-device-integration> >. Acesso em: 7 junho 2015

⁶Rockwell Automation, Rede ControlNet. Disponível em: < <http://ab.rockwellautomation.com/pt/Networks-and-Communications/ControlNet-Network> >. Acesso em: 9 junho 2015

TESTE DE UM SENSOR PARA MONITORAMENTO DO REVESTIMENTO EPÓXI DOPADO COM CORANTE FLUORESCENTE, APLICÁVEL EM DUTOS DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E COMPONENTES DE PIPELINE.

André Luiz Ribeiro Vianna¹, Valeria Loureiro da Silva² e Iuri Muniz Pepe³

¹Senai Cimatec, E-mail: andre.vianna@fiab.org.br;

²Senai Cimatec, E-mail: valeria.dasilva@fiab.org.br;

³UFBA, E-mail: mpepe@ufba.br

RESUMO

Grande parte do volume de hidrocarbonetos produzidos em ambiente offshore na atualidade é transportada por intermédio de dutos rígidos. Em virtude do envelhecimento natural destes dutos e principalmente dos problemas operacionais inerentes à atividade extrativa, o controle da corrosão interna, com o gerenciamento da sua integridade, vem crescendo em importância nas empresas operadoras de dutos. Uma solução para o envelhecimento natural dos dutos e os problemas operacionais inerentes ao transporte de substâncias agressivas ao meio ambiente (hidrocarbonetos) é o revestimento desses tubos com uma base epóxi. Este trabalho apresenta os resultados de um sensor de fibra óptica capaz de monitorar o estado de integridade de um revestimento epóxi dopado com um corante fluorescente, além de descrever os detalhes técnicos de uma bancada de desgaste acelerado do revestimento compósito utilizado.

Palavras chaves: *Sensores baseados em fibra óptica, revestimento inteligentes, bancada para ensaio de desgaste acelerado.*

ABSTRACT

Much of the oil volume produced in offshore environment today is transported through rigid pipelines. Because of the natural aging of these products and particularly the operational problems of extractive activity, control of internal corrosion, with the management of its integrity, it is growing in importance in the operating pipeline companies. A solution to the natural aging pipelines and operational problems involved in transporting aggressive substances to the environment (hydrocarbons) is the coating of these pipes with an epoxy base. This paper presents the results of a fiber optic sensor capable of monitoring the health state of an epoxy coating doped with a fluorescent dye, and describes the technical details of an accelerated wear bench of the composite coating used.

Key words: Sensors based on optical fiber, intelligent coating bench for accelerated wear test.

1. INTRODUÇÃO

Os dutos são usados para transporte de líquidos desde a antiguidade, os chineses usavam bambu; os egípcios e os astecas, material cerâmico; e os romanos, chumbo. O primeiro duto para transporte de hidrocarbonetos, com duas polegadas de diâmetro, foi construído em ferro fundido e ligava um campo de produção a uma estação de carregamento de vagões a uma distância de 8 km na Pensilvânia, em 1865. No Brasil, o primeiro duto para transporte de petróleo foi construído na Bahia em 1942, tinha diâmetro de duas polegadas e um quilômetro de extensão, ligando a Refinaria Experimental de Aratu ao Porto de Santa Luzia, e recebia petróleo de saveiros-tanque vindos dos campos de Itaparica e Joanes. (Sant'ana, 2006)

Em virtude do envelhecimento natural dos dutos, o controle da corrosão interna vem crescendo em importância nas empresas operadoras de dutos. De acordo com Lachermacher (2002), uma solução para o envelhecimento natural dos dutos e dos problemas operacionais inerentes a sua aplicação no transporte de substância agressiva ao meio ambiente é o controle da corrosão interna e a diminuição da rugosidade das paredes pelo revestimento desses tubos com uma base epóxi.

A dependência cada vez maior do mundo em petróleo e gás natural faz com que empresas exploradoras realizem extrações em condições cada vez mais adversas, seja em temperaturas muito baixas, como a exploração no Ártico, ou em águas profundas, como nos campos do pré-sal brasileiro. A descoberta de jazidas petrolíferas sob o solo oceânico vem exigindo soluções técnicas viáveis para o monitoramento e controle do processo extrativo.

Os principais métodos de inspeção dos dutos são: 1. Inspeção visual: pode ser através do deslocamento de operadores ao longo dos trechos de dutos. A dificuldade deste método são as grandes distâncias a percorrer, incluindo trechos de difícil acesso, e a vantagem é a proximidade de inspeção da parte externa dos dutos e o que a cerca. 2. PIGs: possuem grande capacidade de captação de dados por sensores. Os sensores podem ser mecânicos, magnéticos ou ultra-sônicos, por exemplo. Possuem também a facilidade de acesso a dutos enterrados ou submarinos.[12]

O risco inerente ao processo vem favorecendo o desenvolvimento de novas tecnologias de monitoramento não invasivo. Atualmente no mercado existem diversas tecnologias como: Emissão acústica para detecção de erosão; Transdutor acústico eletromagnética para detectar corrosão localizada e trincas por fadiga; A tomografia computadorizada (TC) para a detecção de erosão, corrosão e fadiga e Sensoriamento por fibras ópticas de problemas de deformação excessiva, por exemplo. Estes sensores de fibra ótica (FOS) são usados para medir mudanças em tempo real nas propriedades físicas, tais como deslocamento, tensão, temperatura, pressão, emissão acústica e vibração. [8]

Recentemente, foi desenvolvido um revestimento com base epóxi fluorescente com baixa interação interfacial com óleos parafínicos e com menor incidência de vazios

ou bolhas do que os existentes atualmente no mercado, descritos na dissertação de mestrado de Anderson Mansfield Andrade Araújo pela Universidade Federal de Sergipe [5]. Neste trabalho investiga-se a viabilidade de monitorar continuamente a integridade desse revestimento epóxi utilizando um sensor de fibra óptica.

2. SENSOR

Para a validação do método de traçabilidade ótica do revestimento de matriz polimérica e do sistema de monitoramento baseado em fibra ótica desenvolvido foi usada a seguinte estratégia: (1) montagem de uma bancada de teste em laboratório, (2) montagem de uma interface eletrônica de aquisição de dados e (3) execução de uma campanha de ensaios.

Neste trabalho a amostra de epóxi dopada com corante fluorescente é excitada com luz de pequeno comprimento de onda (407 nm), sendo esta luz transmitida pela fibra ótica de excitação. A luz de fluorescência produzida no compósito é coletada e transmitida ao sensor de luz, um foto diodo Osram BPW 34, por uma segunda fibra, dita de coleção de luz, conforme mostrado na fig. 1.

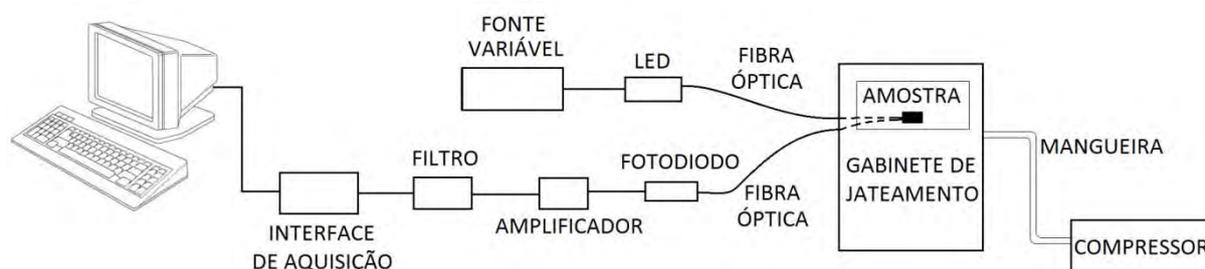


Fig. 1 Bancada de teste para validação da técnica de monitoramento da integridade do revestimento através da fluorescência. [o autor]

Para validar o conceito de revestimento inteligente, com traçabilidade de um eventual ataque mecânico de sua integridade, foi montada uma bancada de desgaste acelerado para simular o processo abrasivo que ocorre dentro de um duto de transporte de óleo, submetido a um fluxo de líquido e sólidos em suspensão. Nesta bancada o desgaste mecânico do revestimento é induzido por um jato de micro-esferas de vidro.

3. BANCADA DE TESTES

A bancada de teste foi montada no Laboratório de Propriedades Óticas (LaPO) do Instituto de Física da UFBA, sendo composta por uma fonte de corrente pulsada que controla um diodo emissor de luz (LED). A luz deste dispositivo é conduzida até a

amostra por uma fibra óptica e retorna por outra até um fotodiodo, onde é convertida em sinal elétrico analógico. Este sinal é amplificado e filtrado antes de ser convertido em um sinal digital e armazenado no computador.

O compressor de ar alternativo utilizado é fabricado pela Schulz (CSL 30BR/250L - 175 libras) cuja pressão de operação varia de 135 lbf/pol² (mín.) a 175 lbf/pol (máx.), com dois cilindros em linha e um motor com potência de 7,5 hp, foi instalado na casa de máquinas, anexa ao prédio do Núcleo Regional da Bahia (NRBA), no Campus da UFBA.

Foi utilizada uma mangueira com diâmetro interno de 25,4 mm, fabricada pela Tramontina, conectada a um espigão e presa por uma abraçadeira de aço, tanto no compressor, quanto no gabinete de jateamento.

Para fazer o acionamento do compressor foi utilizado um contactor eletromecânico e um rele térmico de proteção de sobrecarga elétrica. O dispositivo de proteção visa evitar o sobreaquecimento dos enrolamentos do motor, evitando o desgaste do isolamento dos enrolamentos.

O gabinete de jateamento instalado no Laboratório de Parafinas (LabPar) do NRBA possui duas portas laterais de acesso, além de uma janela de vidro para inspeção visual. Na parte superior da cabine encontra-se o circuito de iluminação e de exaustão da poeira criada pelo jato de esferas de vidro.

4. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

No projeto do suporte do conjunto bico de jateamento e amostra, uma das preocupações foi a possibilidade de movimentar a amostra de desgaste em relação ao bico, pois assim um mesmo tablete de amostra permite fazer mais de um ensaio. Outra questão foi a preocupação com o material que comporia esta fixação, uma vez que se requer certa resistência para suportar o processo de jateamento. A escolha recaiu sobre os materiais alumínio e madeira, além dos parafusos em aço carbono de fixação. A fig. 2 mostra uma foto do bico de jateamento e do aparato para montar a amostra.

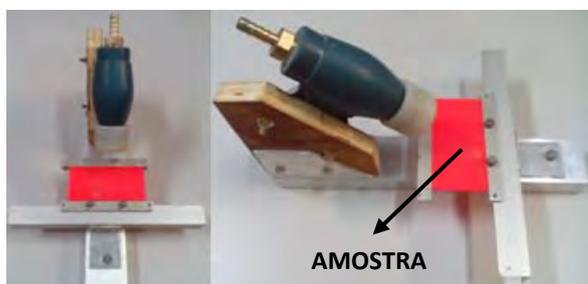


Figura 2. Suporte do bico de jateamento com suporte da amostra.

Foi feito posteriormente uma máscara para controlar a área de desgaste na amostra. Inicialmente, foi usada uma chapa de alumínio, mas após alguns ensaios de desgaste, o orifício que limita a área a ser jateada na amostra teve seu diâmetro aumentado pelo desgaste da máscara. Esta máscara foi então substituída por uma chapa de aço.

5. SISTEMA DE DETECÇÃO

Luz de fluorescência pode ser mensurada em dois diferentes regimes: enquanto luz contínua, emitida por uma amostra excitada por luz também contínua, ou na forma de luz pulsada, quando o estímulo da amostra segue um regime transitório, que pode ou não ser periódico. Neste estudo, para aumentar a relação sinal ruído fez-se a opção por detectar a luz de fluorescência de maneira pulsada. Para tanto, foi montada uma fonte de corrente para polarização do diodo emissor de luz (LED), baseada no temporizador NE555, que gera pulsos retangulares com ciclo ativo diferente de 50%. Este circuito integrado (CI) é um dos mais populares e versáteis de sua categoria, sendo composto por 23 transistores, 2 diodos e 16 resistores integrados num substrato de silício. Este CI pode ser encontrado em um sem número de aplicações, seja como temporizador monoestável ou multivibrador.



Figura 3. Encapsulamento.

O LED escolhido para excitar a fluorescência emite em pequeno comprimento de onda (407 nm). Sua escolha levou em consideração o trabalho de Andresson Araújo, que realizou, entre outros, a seleção do corante que dopa a matriz do revestimento compósito desenvolvido.

Este dispositivo optoeletrônico foi encapsulado em uma carcaça de terminal elétrico, permitindo seu emparelhamento com fibra óptica, o que assegura a eficiência da transmissão da luz de excitação.

O detector da luz de fluorescência é um fotodiodo de silício capaz de responder bem na região do vermelho do espectro visível. Esta escolha foi feita de maneira a otimizar a coleção dos fótons de fluorescência. A corrente do fotodiodo é convertida em tensão por um pré-amplificador, em configuração de conversor corrente-tensão e muito alto ganho de trans-impedância. Para minimizar o ruído elétrico, o suporte do fotodiodo foi feito usando um conector de encapsulamento metálico, que serve de blindagem. Como a luz de fluorescência emitida pela amostra apresenta um pico na região acima do 600nm, para assegurar uma relação sinal-ruído alta foi montado um

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

filtro ótico, do tipo passa baixo, entre a amostra e a janela de entrada de luz do fotodiodo. A figura 4 ilustra a resposta deste filtro.

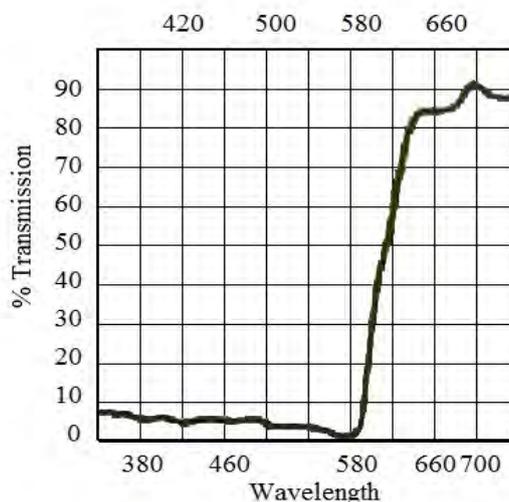


Figura 4. Resposta do filtro passa baixo montado entre a amostra fluorescente e a janela de entrada de luz do foto detector. Comprimento de onda dado em nanômetros (nm).

Para garantir um sinal de tensão com amplitude adequada à entrada do conversor analógico digital (ADC), foi projetada uma etapa de amplificação baseada no amplificador operacional TL071CP, fabricado pela Texas Instruments. Este CI é um amplificador operacional com entradas J-FET de muito alta sensibilidade, excelente rejeição de modo comum e velocidade de resposta relativamente alta, o que lhe confere boa largura de banda passante. A baixa distorção harmônica e baixo ruído tornam este dispositivo adequado para aplicações em instrumentação analógica.

Ainda para condicionar o sinal de tensão do fotodetector, que após a etapa de amplificação ainda apresentava certo nível de ruído, foi colocado um filtro RC, entre a saída do amplificador e a entrada do ADC.

Para transmitir, tanto a luz de excitação da amostra, quanto à luz de fluorescência emitida por ela, são usadas duas fibras ópticas. Este dispositivo ótico criado na década de cinquenta pela Narinder Singh Kanpany, inicialmente feito em sílica (SiO₂), no final dos anos 80 passa também a ser produzido em material compósito ou plástico. Em geral elas são flexíveis, cilíndricas e transparentes e servem de suporte físico para a transmissão de luz pulsada (codificada) ou contínua pelo princípio da reflexão interna total.

O elemento estrutural ajuda a proteger o núcleo contra impactos e tensões excessivas durante a instalação e manipulação desses elementos. A capa ou cobertura, camada de plástico mais externa, tem a função de protegê-las contra choques mecânicos e excessos de curvaturas, mas teve que ser retirada das fibras para que fosse possível inseri-las na amostra. Na medida em que a densidade do

material polimérico da fibra é muito próxima do epóxi do revestimento, a taxa de desgaste do conjunto fica mantida.

A medição do sinal elétrico gerado pela detecção da luz de fluorescência é feita de maneira automatizada por uma interface de aquisição de dados ligada a um computador pessoal (PC). Essa interface usa um modelo antigo de sistema de aquisição de dados, desenvolvida pelo Laboratório de Propriedades Óticas, para aplicações industriais, que comunica os dados e recebe comandos do PC pela porta paralela, configurada no modo SPP (Standard Parallel Port), que usa a norma IEEE 1284 - 1994 como protocolo de comunicação.

Apesar do fato da interface de comunicação paralela (SPP) ter somente 5 bits para a leitura de dados, o ADC que equipa esta interface é o ADS7804AP, fabricado pela Burr-Brown/Texas Instruments, com 12 bits de resolução, taxa de amostragem de 100 kHz. Este circuito permite sinais de entrada no padrão industrial de +/- 10 Vcc, referência externa ou interna, e alimentação de 5 Vcc, com consumo máximo da ordem de 100 mW. A figura 5 ilustra o esquema elétrico desta interface.



Figura 5. Interface de aquisição de dados com fotodetector,

Durante os ensaios, o uso de equipamento de proteção individual (EPI) foi imperativo, uma vez que as medidas de desgaste acelerado podem dar lugar a certos eventuais riscos, ou seja, o uso de dispositivos de proteção tem impacto direto na atenuação desses riscos, apesar de não oferecerem completa proteção contra acidentes. Os EPI's usados foram: proteção auditiva - abafadores de ruídos; proteção respiratória - máscaras e filtro; proteção visual - óculos; proteção de pés - sapatos, botas e botinas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente um dos motivos de se escolher a fibra de plástico foi o fato de a mesma ter uma densidade próxima ao do revestimento. Tal fato reduziu a possibilidade dos buracos de inserção das fibras se tornarem pontos de falha. Foi observado que nos ensaios de desgaste a fibra tem uma taxa de desgaste da mesma ordem do revestimento, uma vez que os perfis de diminuição da luz de

fluorescência são monótonos e contínuos para qualquer geometria de desgaste (ver gráficos 2 a 7).

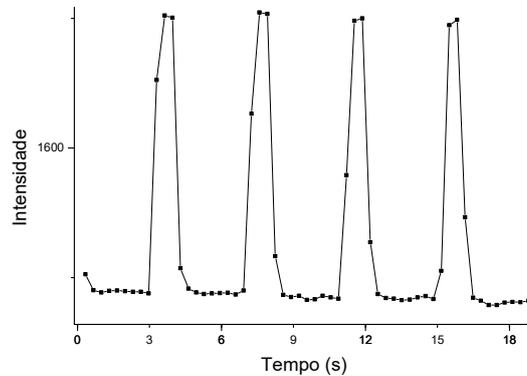


Gráfico 1. Intensidade de luz em função do tempo sem desgaste da amostra.

Integrando a curva de intensidade em cada intervalo do pulso e calculando o erro percentual de cada pulso em relação ao valor médio, calcula-se de forma precisa uma incerteza menor que 4% dos pulsos de luz de excitação que geram pulsos de luz de fluorescência, os quais podem ser coletados e chegam ao sistema de detecção na medida em que a superfície do revestimento permanece intacta, antes de iniciar o desgaste.

As diferentes formas de desgastes dependeram da forma com que a fibra foi inserida na amostra (figura 10) e o local onde se iniciou o ataque abrasivo (figura 11).

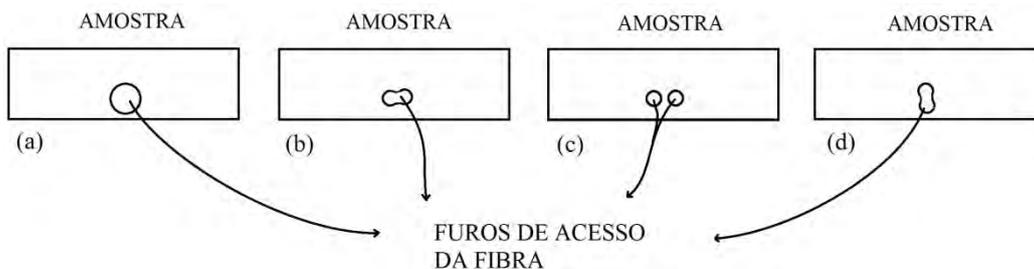


Figura 10– Diferentes formas de acesso da fibra na amostra

Em (a), tem-se um furo de diâmetro 2 mm, onde as fibras foram inseridas sem a preocupação da posição relativas entre elas e em (b), (c) e (d) tem-se furos de diâmetro 1mm, com a posição fixa das fibras.

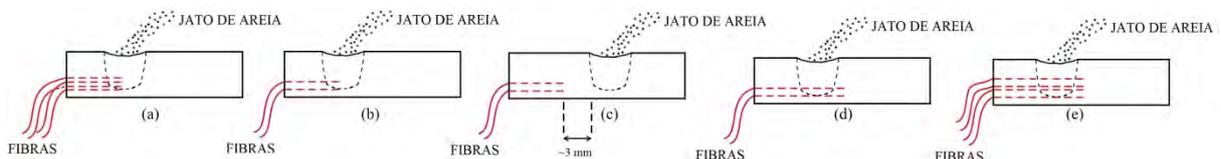


Figura 11– Diferentes formas de desgastes da amostra

- (a) As fibras foram inseridas no furo de diâmetro 2mm e o desgaste aconteceu nas extremidades das fibras.
- (b) O desgaste também foi feito posicionando o jato nas extremidades das fibras, só que a inserção aconteceu em furos de diâmetro 1mm, de acordo com a figura 10-b e 10-c.
- (c) O desgaste aconteceu aproximadamente a 3mm da extremidade das fibra, também com as inserções ilustradas na figura 10-b e 10-c.
- (d) O desgaste da amostra antes da extremidade da fibra foi feita com a inserção em furos paralelos de diâmetro de 1mm conforme a figura 10-b, com desgaste simultâneo das fibras de excitação e de captação.
- (e) Desgaste com as fibras superpostas, neste caso a fibra de excitação foi degradada primeiro.

No caso descrito abaixo, o acesso das fibras foi feito por dois furos paralelos de 1mm de diâmetro, de modo que os furos se conectam formando apenas um orifício e o desgaste foi feito na região da extremidade da fibra, de acordo com a figura 12.



Figura 12– vista da amostra (a) frontal (b) com as fibras inseridas (c) em corte com

Após o desgaste da amostra, os dados de intensidade de luz foram exibidos na forma de gráficos em função do tempo. Fazendo uma análise dos gráficos, pode-se observar o comportamento de “S”. Tal comportamento indica que o ajuste sigmoidal pode ser uma boa aproximação. Esta função pode ser descrita por:

$$y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x0)/dx)) \quad [\text{Eq. 01}]$$

O gráfico 2 mostra dois desgastes para a configuração da figura 12 e os gráficos 3 e 4 mostram os ajustes sigmoidais para os dois desgastes apresentados no gráfico 2.

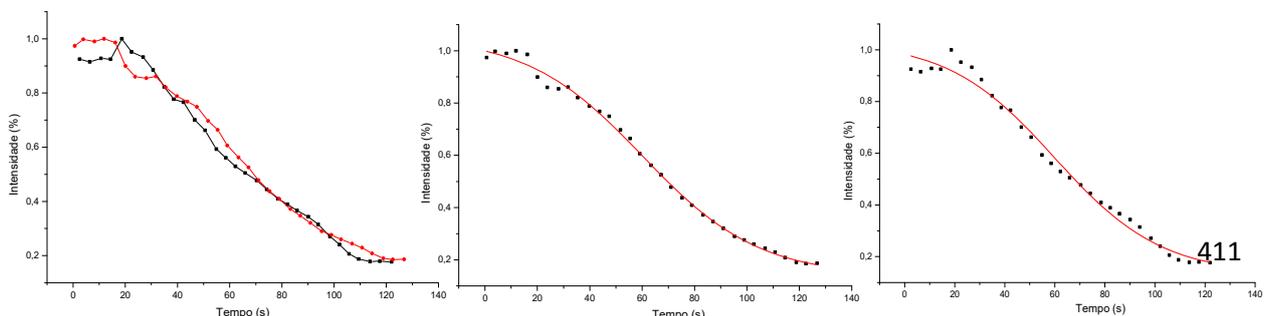


Gráfico 2 – Intensidade em função do tempo da

Gráfico 3 – Ajuste sigmoidal de um desgaste

Gráfico 4 – Ajuste sigmoidal do segundo

Feito o ajuste sigmoidal, usando o Microcal-Origin, calculou-se as variações das constantes nos ajustes indicados na tabela 1.

Tabela 01 – Constantes do ajuste sigmoidal dos gráficos 3 e 4 com o erro relativo

	Gráfico 3		Gráfico 4		Média	Erro relativo (%)
A1	1,05673	$\pm 0,01984$	1,0329	$\pm 0,03828$	1,04482	1,1
A2	0,13712	$\pm 0,01692$	0,13203	$\pm 0,03407$	0,13458	1,9
x0	60,20532	$\pm 1,13425$	59,91127	$\pm 2,1374$	60,05830	0,2
dx	22,17299	$\pm 1,40346$	21,2913	$\pm 2,68595$	21,73215	2,0

Neste caso foi encontrada uma pequena diferença percentual nos valores das constantes, o que não foi observado para todos os desgastes.

Para a configuração apresentada na figura 13, onde as fibras foram inseridas em um único furo de diâmetro 2 mm, as fibras tinham liberdade de movimento dentro da amostra, o que pode ter acarretado em uma diferença maior nos coeficientes obtidos, como mostra a tabela 2.



Figura 13– Vista da amostra (a) frontal (b) com as fibras inseridas (c) em corte

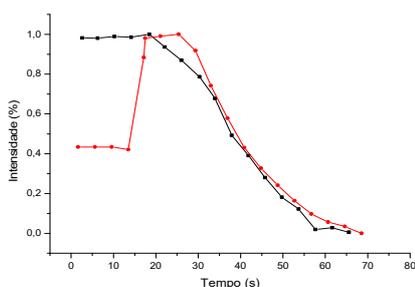


Gráfico 5 – Intensidade em função do tempo da configuração indicada na

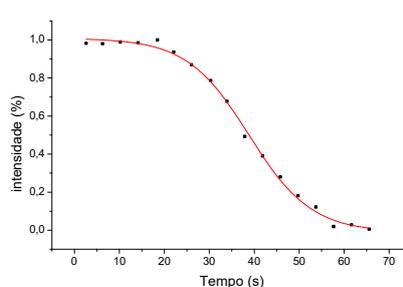


Gráfico 6 – Ajuste sigmoidal de um desgaste com a configuração da figura 11

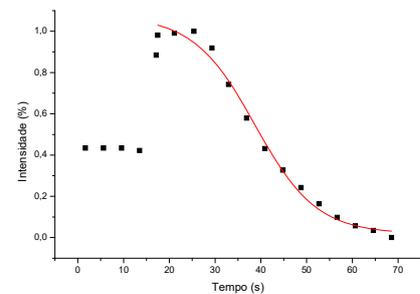


Gráfico 7 – Ajuste sigmoidal do segundo desgaste com a configuração da figura 11

Tabela 02 – Constantes do ajuste sigmoidal dos gráficos 6 e 7 com o erro relativo

	Gráfico 6		Gráfico 7		Média	Erro relativo (%)
A1	1,08632	$\pm 0,03774$	1,07163	$\pm 0,0437$	1,25332	13,3
A2	-0,03537	$\pm 0,02266$	0,01934	$\pm 0,02772$	-0,02301	53,7
x0	37,90851	$\pm 0,63609$	38,73326	$\pm 0,85457$	35,94971	5,4
Dx	8,07997	$\pm 0,69759$	6,70561	$\pm 0,85125$	8,61635	6,2

Neste caso, temos uma elevação no sinal em aproximadamente 20 s, provavelmente pelo grau de liberdade que a fibra possui dentro da amostra, pois isto acontece justamente no início do desgaste (ação mecânica na amostra).

Outras simulações de desgastes foram realizadas com diferentes posições de inserção da fibra na amostra, de acordo com as figuras 11 e 12, e as constantes do ajuste sigmoidal estão representadas nas tabelas 03 e 04, com os seus respectivos erros relativos.

Tabela 03 – Constantes do ajuste sigmoidal.

					Média	Erro relativo (%)
A1	0,85824	$\pm 0,02296$	0,95205	$\pm 0,01878$	0,90515	5,2%
A2	0,31557	$\pm 0,01757$	0,35897	$\pm 0,01073$	0,33727	6,4%
x0	39,35367	$\pm 1,39739$	36,45848	$\pm 0,89377$	37,90608	3,8%
Dx	6,31301	$\pm 1,20144$	5,62808	$\pm 0,76853$	5,97055	5,7%

Tabela 04 – Constantes do ajuste sigmoidal.

					Média	Erro relativo (%)
A1	1,23096	$\pm 0,05974$	1,29743	$\pm 0,17593$	1,26420	2,6%
A2	0,08511	$\pm 0,01913$	0,04251	$\pm 0,02673$	0,06381	33,4%
x0	39,05773	$\pm 2,37975$	22,06668	$\pm 4,71799$	30,56221	27,8%
Dx	22,54481	$\pm 1,9673$	15,23142	$\pm 2,7043$	18,88812	19,4%

As constantes x e dx estão associadas ao tempo de desgastes. Então, parte dos erros associados a estas estão relacionados ao desgaste do material abrasivo (microesferas de vidro), pois ele foi reutilizado em diversos desgastes. Motivado

pelo reuso, a granulação deste material foi sendo reduzida durante a campanha de medida.

7. CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível projetar, montar e testar a bancada de desgaste mecânico e um sensor para monitoramento do desgaste.

Apesar de se obter erros relativos de 13,3% e de 53,3% para as constantes A1 e A2 em um dos ajustes dos dados experimentais de intensidade de luz de fluorescência em função do tempo por e uma sigmoideal, pode-se visualizar o decaimento no sinal de fluorescência, validando o sensor desenvolvido. Esse erro deve-se provavelmente a instabilidade da posição da fibra dentro da amostra. Já os erros de 27,8% e 19,4% para x e dx devem-se a variação da granulação do material de desgastes que implica no tempo de desgaste.

Em todas as configurações de desgaste mecânico da amostra, foi possível identificar um decaimento no sinal captado pelo sensor.

Esta conclusão sugere que seja fabricado um revestimento com as fibras de excitação e coleta de luz prisioneiras na matriz epóxi, para que seja estudado o desgaste de uma amostra mais próxima da realidade do que seria um sensor de dutos revestidos.

REFERÊNCIAS

1. I Relatório Técnico – Desenvolvimento de Revestimento Inteligente com Traçabilidade Óptica, Baixa Fricção e Baixa Molhabilidade para uso com Óleos Prafinicos e Asfaltênicos e com CO2. Convênio Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Sergipe e Petrobras – Termo de Cooperação: 0050.0022719.06.4 Salvador-BA/Aracajú-SE, 2010.
2. II Relatório Técnico – Desenvolvimento de Revestimento Inteligente com Traçabilidade Óptica, Baixa Fricção e Baixa Molhabilidade para uso com Óleos Prafinicos e Asfaltênicos e com CO2. Convênio Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Sergipe e Petrobras – Termo de Cooperação: 0050.0022719.06.4 Salvador-BA, 2010.
3. III Relatório Técnico – Desenvolvimento de Revestimento Inteligente com Traçabilidade Óptica, Baixa Fricção e Baixa Molhabilidade para uso com Óleos Prafinicos e Asfaltênicos e com CO2. Convênio Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Sergipe e Petrobras – Termo de Cooperação: 0050.0022719.06.4 Salvador-BA, 2010.
4. IV Relatório Técnico – Desenvolvimento de Revestimento Inteligente com Traçabilidade Óptica, Baixa Fricção e Baixa Molhabilidade para uso com Óleos

Prafinicos e Asfaltênicos e com CO₂. Convênio Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Sergipe e Petrobras – Termo de Cooperação: 0050.0022719.06.4 Salvador-BA, 2011.

5. Araujo, Anderson Mansfield Andrade; Desenvolvimento de revestimentos epoxídicos luminescentes com baixa molhabilidade a óleos parafínicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe.

6. BLUNDI, Edmundo. Efeitos da poluição sobre as vias respiratórias. In: Ecologia E poluição. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, 1972.

7. COLOMBAROLI, P.L.S. Relatório Técnico para o PRH16-ANP/MCT. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, p. 1-8, 2004.

8. Davisa, P.; Brockhurstb, L. Subsea pipeline infrastructure monitoring: A framework for technology review and selection. ELSEVIER, Volume 140, 1 de Agosto de 2015, P. 540-548

9. DORST, Jean. Antes que a natureza morra. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP, 1973.

10. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário da Língua Portuguesa.

11. FONSECA, Gondim. Que sabe você sobre o petróleo? .Editora Vozes, Rio de Janeiro, RJ, 1990.

12. JUNIOR, Carlos Antônio Berto. Sistema de monitoramento de falhas em tubulações por meio de processamento digital de sinais. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.

13. GRALLA, Preston. Como funciona o meio ambiente. Quarks books, São Paulo, SP, 1998.

14. Web pages sem autor: Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível Disponível em: <<http://www.anp.org.br>>. Acesso em: 15 agosto 2013.

15. Web pages sem autor: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.org.br>>. Acesso em: 15 agosto 2013.

16. Web pages sem autor: Petrobrás. Disponível em: < <http://www.petrobras.com.br>>. Acesso em: 15 agosto 2013.

17. Web pages sem autor: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustível Disponível em: <<http://www.ibp.org.br>>. Acesso em: 15 agosto 2013.

18. Web pages sem autor: Asel- Tech Tecnologia e Automação. Disponível em: <<http://www.asel-tech.com.br>>. Acesso em: 15 agosto 2013.
19. Web pages sem autor: Texas Instruments. Disponível em: <<http://www.ti.com>>. Acesso em: 27 fevereiro2014.
20. JORDÃO, Eduardo. Poluição das águas. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, 1972.
21. LACHERMACHER, M.; SOUZA FILHO, B.G.; MOREIRA, L.A. Emprego de revestimento para proteção interna em dutos. 6º COTEQ Conferencia sobre Tecnologia de Equipamentos e 22º CONBRASCORR – Congresso Brasileiro de Corrosão, Salvador p1-8, 2002.
22. Meio ambiente pede atenção. Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 1 de março, 1986.
23. MOREIRA, Hilton. Aluta contra a poluição das águas. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, 1980.
24. NEIVA, Jucy. Conheça o petróleo. 6º ed, Editora Expressão e cultura, Rio de Janeiro, RJ, 1993.
25. OLIVEIRA, Marina. Desastres ambientais. Correio braziliense, 16/03/2001.
26. PINTO, Carlos. Petróleo. Bloch editores, Brasília, DF, 1980.
27. XIMENES, Mário Sérgio, Paranhos, Rodolfo. Verão negro no litoral carioca. RevistaCiênciaHoje, vol. 27, nº 160.

UMA REVISÃO TEÓRICA A RESPEITO DA SELEÇÃO E GESTÃO DO RELACIONAMENTO COM FORNECEDORES

Marcus V. L. Silva¹, Paulo S. Figueiredo²

¹CEPEDI, E-mail: marcus.lsilva@gmail.com;

²SENAI CIMATEC, E-mail: paulo_s_figueiredo@hotmail.com;

RESUMO

O crescimento da concorrência evidenciou a necessidade de melhorar os processos organizacionais, em especial o setor de compras, por representar grande parte dos custos de uma empresa. Este é o foco de diversos estudos de gestão empresarial. Com o foco na complexidade dos processos de seleção e no relacionamento com fornecedores, o artigo apresenta os critérios mais relevantes adotados na seleção, os modelos mais disseminados na literatura e também os modelos de relacionamento com fornecedores a partir da classificação de importância dos itens fornecidos.

Palavras-Chaves: *seleção de fornecedores; gestão do relacionamento com fornecedores; cadeia de fornecedores; processo de compras.*

ABSTRACT

The expansion of the competition highlighted the need for a process improvement in the organizations, the procurement is the process that concentrates most of the costs of a company. With the focus on the complexity of selection processes and supplier relationships the article presents the most relevant criteria adopted, the most widespread models for supplier selection in the literature and also the supplier relationship models based on the importance of supplied items.

Keywords: *Supplier Selection; supplier relationship management; supply chain; procurement.*

INTRODUÇÃO

A economia globalizada tem acirrado a concorrência em diversos setores da economia e feito com que as empresas cada vez mais tenham que investir em seus processos gerenciais, diversificar e ampliar sua cadeia de suprimentos com intuito de desenvolver diferenciais competitivos. A ampliação desta cadeia de suprimentos pode por diversas vezes causar problemas gerenciais relacionados à gestão dos fornecedores, problemas relacionados a *lead time* de fornecimento, custos, confiabilidade e principalmente a qualidade daquilo que está sendo fornecido.

O campo de estudo que busca compreender e gerir todo este fluxo operacional é conhecido como logística empresarial, e contempla processos de planejamento, implantação e controle, abrangendo também o processo de cooperação dentro da cadeia de suprimentos [1]. Muitos pesquisadores têm destacado os benefícios de uma abordagem sistemática para a seleção e avaliação de fornecedores à medida que as organizações se tornam mais dependentes deles, tem-se que na indústria o processo de compras gira em torno de 50 a 90% de todo custo logístico. [2]

Em vista destes números percebe-se a importância da seleção e gestão do relacionamento com fornecedores (*SRM*). As empresas são capazes de auxiliar seus fornecedores com conhecimento, habilidades e experiências a fim de melhorar a performance geral da cadeia em um ciclo contínuo em que o fornecedor passa a ser mais competitivo dentro de sua cadeia, tornando esta cadeia também mais competitiva em relação às demais. [3]

Existe uma vasta literatura que discute a importância da gestão do relacionamento com os fornecedores, no entanto existem ainda vazios que sugerem que mais pesquisas sejam realizadas. Estas pesquisas focam principalmente aos fornecedores chave em nível estratégico [4]. Desta forma o presente artigo se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento dentro dos diversos modelos de gestão do relacionamento e seleção de fornecedores existentes, suas características, pontos fortes e fracos permitindo a partir disto maior conhecimento a respeito do tema provendo embasamento teórico para futuras discussões a respeito dos modelos mais adequados para cada tipo de cadeia de fornecimento.

Esta pesquisa tem como objetivo estudar os modelos de gestão do relacionamento e seleção de fornecedores em vista ao aumento da importância e complexidade das decisões de aquisição na cadeia de suprimentos apresentando alguns destes modelos, os critérios de seleção e o consequente desdobramento dos possíveis estilos de relacionamento com fornecedores.

METODOLOGIA

O presente artigo pode ser classificado como uma pesquisa exploratória que se constitui pela descrição de uma situação problema e busca apresentar as relações existentes entre seus elementos [5]. Desta forma explorando o tema - a importância e complexidade das decisões de aquisição na cadeia de suprimentos – pretende-se através da investigação apresentar o processo de compras nas empresas, a complexidade da gestão e impacto para todo o negócio. Inicialmente é apresentada uma base teórica a respeito do processo de seleção e gestão do relacionamento com fornecedores e a partir desta base são apresentados os fatores que tornam crítico este processo para as organizações. Por fim são apresentados alguns dos principais modelos e métodos para a seleção e gestão do relacionamento com fornecedores e suas características a fim de contribuir para a compreensão a respeito do tema e seus desdobramentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da concorrência entre as empresas tem sido discutido largamente no meio acadêmico e empresarial, as empresas tem passado por um processo de reestruturação na busca pela eficiência coletiva em toda sua cadeia. As empresas buscam focar em suas competências essenciais à medida que desenvolve toda a cadeia de suprimentos para atender suas demandas [6]. O fortalecimento de cada elo da cadeia de suprimentos pode fortalecer a cadeia como um todo e o desenvolvimento da cadeia de fornecimento constitui uma das maneiras mais eficazes para isto, uma vez que neste ponto estão concentrados os maiores custos de toda a cadeia. [2], [7]

Para tanto as empresas adotam uma grande variedade de estratégias de relacionamento com seus fornecedores e também diversos métodos para a seleção dos melhores segundo critérios que melhor definem a estratégia organizacional. A seguir serão apresentados os problemas para a seleção de fornecedores, os critérios mais utilizados, modelos e métodos para decisão e estratégias de relacionamento.

Seleção de fornecedores

Muitos autores ressaltam a importância do processo de seleção de fornecedores e seus impactos para o desempenho organizacional assim como as relações de perde ganha entre qualidade, custo e performance de entrega e outros critérios na cadeia de fornecimento. Pode-se citar: [2], [3], [8]–[13], como alguns dos muitos autores que discutem o assunto e estas relações do tipo perde ganha na avaliação e seleção os fornecedores. Estes autores afirmam que nenhuma empresa consegue se sobressair em relação aos seus concorrentes em todas as dimensões avaliadas, sempre existirão relações do tipo perde e ganha no processo de seleção de fornecedores. Estas relações devem ser avaliadas segundo critérios estabelecidos pelas organizações a partir de modelos e técnicas para a seleção destes fornecedores e em relação à importância do item fornecido sobre o produto final.

De maneira geral os autores pesquisados demonstram que o processo de seleção e gestão do relacionamento com fornecedores passa pela definição dos critérios de avaliação e de um método ou técnica para avaliar os fornecedores e avaliação de como se dará o relacionamento e interação com estes fornecedores, estes elementos serão discutidos nos tópicos seguintes.

Critérios para a seleção de fornecedores

Com o aumento da importância das aquisições nas empresas, vários pesquisadores têm percebido os benefícios de abordagens sistemáticas e estruturadas de modelos de decisão para a seleção de fornecedores. O ponto chave nestes modelos é a melhoria da comunicação e redução da subjetividade dos tomadores de decisão, para tanto é necessário que um conjunto de critérios sejam utilizados no processo.

A seleção correta destes critérios depende de diversos fatores como o posicionamento estratégico da empresa em relação aos seus concorrentes e na própria cadeia de suprimentos. Diversos estudos definem um grande conjunto destes critérios para a seleção de fornecedores.[12] destacam que qualquer um destes métodos utilizam ao menos 2 critérios de

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

seleção e que em 70% dos casos ao menos 5 critérios são avaliados simultaneamente, o que demonstra a complexidade do processo decisório. A Tabela 8 demonstra os percentuais das quantidades de critérios utilizados nos modelos de decisão levantados no estudo.

Tabela 8 - Número de critérios considerados

Número de critérios	%
2	2
3	12
4	19
5	20
6	11
7	11
8	2
9	2
10 ou +	18

Fonte: Coelho e Hazin (2012)

Em seu estudo [14] levantou 23 fatores utilizados para avaliação de fornecedores, dentre eles o autor destacou a qualidade, entrega e histórico de performance como sendo os três mais importantes. Em um estudo posterior [15] evidenciaram o preço, entrega e qualidade como fatores chave. Diversos outros critérios são levantados nestes e em outros estudos, a Tabela 9 trás um resumo de alguns dos critérios destacados nos artigos estudados e mais citados na literatura, podendo haver outros, no entanto.

Tabela 9 - Critérios para a seleção de fornecedores

Critérios mais citados na literatura para seleção de fornecedores	
Qualidade	Preço
Entrega (pontualidade e confiabilidade)	Capacidade de produção e instalações
Capacidade tecnológica	Serviço ao cliente
Flexibilidade	Posição financeira
Localização geográfica	Credibilidade e reputação
Práticas e sistema de gestão da qualidade	Capacidade de relacionamento e cooperação
Gestão e organização	Diversidade de itens
Histórico de performance	Serviços de manutenção
Sistema de comunicação	Relações de emprego

Fonte: o autor (2015)

Neste ponto é importante ressaltar o trabalho de [16] que demonstra a importância da seleção de fornecedores para a qualidade final dos produtos e assim como diversos outros autores; [12], [14], [15] que mostram que este é o critério de maior significância neste processo. Os critérios apresentados podem ser conflitantes com relação ao atingimento das metas estabelecidas, temos como exemplo disto, uma organização que deseja melhorar a qualidade de seus produtos e ao mesmo tempo reduzir seus custos terá problemas em conciliar estes dois fatores, ou ainda deseja atender uma demanda elevada com flexibilidade. Estes são apenas alguns dos exemplos de conflitos que podem ocorrer entre os critérios estabelecidos.

A seguir serão apresentados alguns dos modelos de decisão para seleção de fornecedores mais citados na literatura e suas características.

Métodos e ferramentas para seleção de fornecedores

Como evidenciado até este ponto no artigo o processo de seleção de fornecedores é bastante complexo pela variedade de critérios de avaliação existentes, diferentes níveis de importância e também as relações perde ganha entre diversos destes critérios. Modelos e ferramentas utilizadas para a seleção de fornecedores devem contemplar uma série de exigências particulares a cada organização a fim de melhorar o processo decisório. Estes modelos devem melhorar o processo decisório auxiliando o comprador a solucionar problemas, a avaliar os critérios de maneira mais objetiva e concisa e formalização do processo de decisão. Estes modelos possibilitam também maior eficiência de cálculos para análises, melhor gestão da informação, eliminação de critérios redundantes e melhoria da comunicação da equipe de decisão. [2]

Para isto define-se que todos os modelos de maneira genérica passam pelos passos de identificação dos critérios de avaliação e do modelo que será utilizado, pré-seleção dos fornecedores, avaliação crítica dos fornecedores e decisão final. A gama de ferramentas e métodos para a seleção de fornecedores é bastante vasta, a seguir mostraremos a classificação destes modelos segundo alguns critérios de agrupamento de características das técnicas utilizadas.

A Figura 11 mostra a estrutura destes modelos em dois níveis de classificação, primeiramente com relação à combinação ou não de modelos e depois com relação à técnica utilizada, modelos matemáticos, inteligência artificial e modelos únicos baseado na pesquisa de [10]. É importante destacar que devido à complexidade do processo, os modelos combinados de técnicas têm sido mais utilizados e dentre as técnicas mais comuns destacam-se os modelos de decisão multicritérios devido ao grande volume de variáveis a ser analisadas e a necessidade de avaliação dos *trade off* existentes. A Figura 12 mostra o percentual de publicações na área de acordo com o modelo utilizado. Destacam-se os modelos multicritério no qual se enquadra o *Analytic Hierarchic Process* (AHP) como o modelo mais utilizado, a teoria fuzzy e programação matemática como os mais utilizados individualmente ou combinados. [12]

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

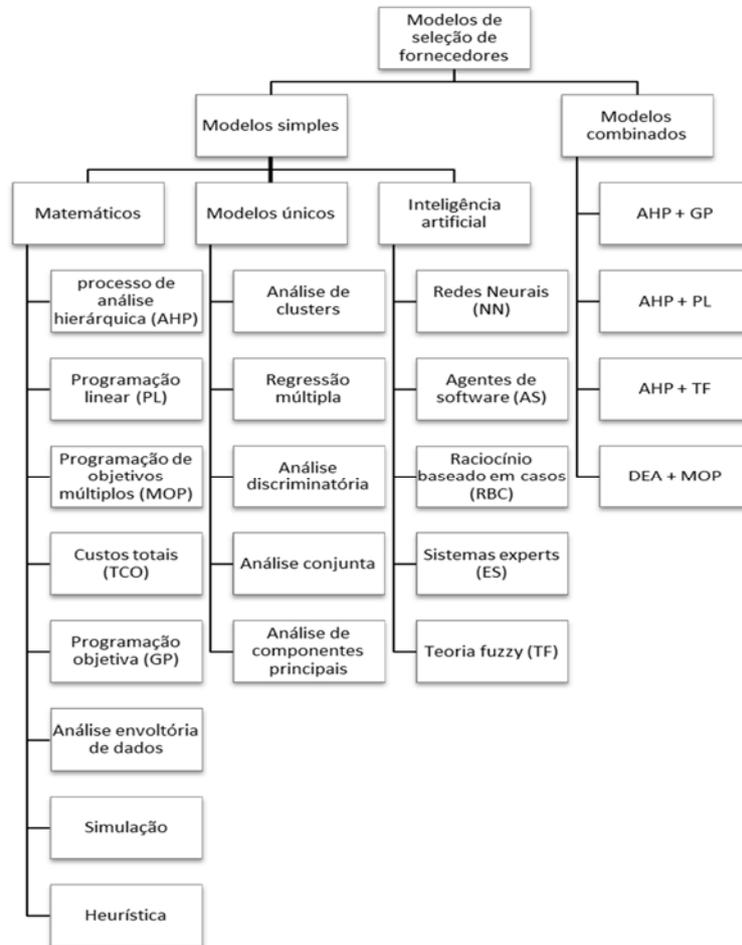


Figura 11 - Modelos para a seleção de fornecedores. Fonte: Chen (2011), adaptado pelo autor.

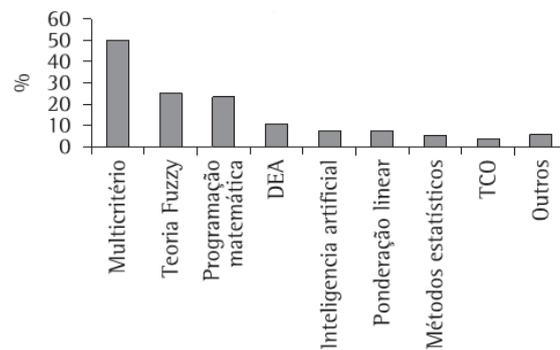


Figura 12 - Métodos utilizados para seleção de fornecedores. Fonte: [12]

Os modelos de decisão multicritério são utilizados quando a importância relativa dos critérios não é conhecida ou evidentemente clara para os avaliadores. É um modelo de decisão que permite avaliar diversos critérios quando se têm múltiplos objetivos muitas vezes contraditórios. [3], [12]

A teoria Fuzzy é utilizada para representar dados que não podem ser atribuídos a um determinado conjunto. O conjunto Fuzzy é representado por uma par ordenado entre 0 e 1 - [0,1]. Estes modelos são eficientes para modelar incertezas nas variáveis de decisão levando em consideração a subjetividade e experiência dos tomadores de decisão. [17]

Modelos de programação matemática buscam definir uma função objetivo que será maximizada ou minimizada com a variação dos termos desta função. São modelos mais objetivos à medida que forçam a tomada de decisão a partir desta função objetivo. Estes modelos são bastante utilizados quando se pretende minimizar os custos de uma aquisição ou maximizar a qualidade. Os *trade off* destes critérios são avaliados unicamente a partir de restrições máxima ou mínimas dos termos da função. [2]

Gestão do relacionamento com fornecedores

Ao longo deste artigo foi identificado o crescimento da importância do setor de compras nas empresas por influenciar diretamente nos resultados das operações das organizações e também o crescimento da complexidade na seleção de fornecedores devido a grande quantidade de critérios atualmente utilizados, critérios os quais muitas vezes são conflitantes entre si. Os modelos de seleção de fornecedores dão suporte a este processo provendo uma forma mais eficiente de avaliar tais critérios de acordo com o objetivo estabelecido, o problema neste ponto passa a ser a identificação da maneira de como gerenciar estrategicamente e de maneira eficiente as relações com estes fornecedores.

O primeiro ponto a ser avaliado com relação à definição da estratégia de relacionamento diz respeito ao número de fornecedores. A primeira estratégia possível é a de fornecedor único, esta estratégia busca uma relação de parceria mais forte com o fornecedor para desenvolvimento mutuo. Outra estratégia é a de fornecedor único com um fornecedor de backup, todo o fornecimento é garantido por uma empresa apenas, porém em caso de falhas ou aumento da demanda tem-se um fornecedor de reserva [18]. Outra estratégia possível é a de manter sempre dois fornecedores ativos evitando riscos de desabastecimento e possibilitando a concorrência entre eles. Além deste ponto temos a estratégia de multifornecimento em que a concorrência é livre e aberta no mercado, tecnicamente não existe a tentativa de aproximação e parceria entre fornecedores e compradores. [18]

Para escolher o método adequado de fornecimento é necessário segmentar os fornecedores de acordo aos itens que serão fornecidos. Nas operações de compra nas organizações existem itens com características diferentes, existem os itens não críticos que tem pouca complexidade e baixo volume financeiro, itens de alavancagem que possuem também baixa complexidade, mas tem um volume de movimentação financeira maior, representa mais gastos para a organização, itens gargalo que apesar do baixo volume monetário tem alta complexidade de compra e por fim os itens estratégicos que são itens chave tanto pelo volume de compras como a sua complexidade. [9] Para cada uma destas classificações é necessário definir um modelo de relacionamento, definidos a seguir.

Itens não críticos devido as suas características geralmente tem um relacionamento tradicional com diversos fornecedores; o objetivo principal da gestão de compras destes itens é eliminar

toda a complexidade liberando recursos para os demais itens, o foco está na redução de custos. Devido à estratégia de diversos fornecedores não existe uma integração entre eles sendo necessária apenas a garantia do nível mínimo de serviço, qualidade e preço de acordo com as regras do mercado. Os itens de alavancagem são gerenciáveis por parcerias operacionais em busca do corte de custos e melhoria da qualidade e serviço. Estratégia de múltiplos fornecedores ou ao menos dois fornecedores ativos são indicadas para estes itens. [13], [19]

Itens críticos demandam maior integração entre fornecedor e comprador, neste tipo de relação são propostas parcerias tecnológicas com objetivo de reduzir riscos, garantindo o fornecimento e a qualidade evitando também falhas dentro da cadeia. Pode-se adotar a estratégia de apenas um fornecedor ou um fornecedor com um reserva. Por fim, os itens considerados estratégicos demandam grande atenção por parte da organização devido à importância. Parcerias mais próximas e de desenvolvimento mutuo são mais indicadas nestes casos, caracterizado pelo intenso fluxo de informações e integração. Parcerias operacionais e tecnológicas devem ser aplicadas simultaneamente possibilitando maiores ganhos. [13], [19]

4. CONCLUSÃO

Pôde-se perceber a importância da seleção de fornecedores e da gestão do relacionamento para a estratégia organizacional, este processo tem se tornado cada vez mais complexo devido à adoção de diversos critérios muitas vezes conflitantes. Este processo tem um impacto direto e significativo no desempenho organizacional uma vez que os custos associados representam quase que inteiramente os custos logísticos da empresa. Hoje em dia o objetivo da gestão do relacionamento com fornecedores é atingir níveis ótimos de qualidade, custos e troca de informações. A seleção dos fornecedores integra uma grande variedade de critérios de avaliação de desempenho que ponderados a partir de modelos decisórios devem contribuir para melhoria de processo de seleção e conseqüentemente do desempenho do sistema de compras e organizacional.

O estudo evidenciou diversos aspectos, porém ainda deixa vago circunstâncias relacionadas ao posicionamento estratégico da empresa no mercado, nichos de mercado e também ramo de atuação para decisões relacionadas ao modelo de relacionamento que será adotado. Outro fator que não pode ser avaliado é o modelo mais adequado para cada tipo de empresa para a seleção de seus fornecedores. Como proposta de trabalho futuro este artigo servirá como base para um estudo de otimização do processo de seleção de fornecedores em busca da melhoria da qualidade em um cluster industrial.

5. REFERÊNCIAS

- [1] R. H. Ballou, *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - 5.ed.: Logística Empresarial*. Bookman, 2006.
- [2] L. De Boer, E. Labro, and P. Morlacchi, “A review of methods supporting supplier selection,” *Eur. J. Purch. ...*, vol. 7, 2001.
- [3] E. Lee, S. Ha, and S. Kim, “Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management,” *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 48, no. 3, pp. 307–318, 2001.
- [4] D. Miocevic and B. Crnjak-Karanovic, “The mediating role of key supplier relationship management practices on supply chain orientation—The organizational buying effectiveness link,” *Ind. Mark. Manag.*, vol. 41, no. 1, pp. 115–124, Jan. 2012.
- [5] A. . CERVO, P.; BERVIAN, and R. SILVA, *Metodologia Científica*, 6º ed. Pearson Pretince Hall, 2007.
- [6] A. C. C. Fleury and M. T. L. Fleury, “Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no Brasil,” *Gestão & Produção*, vol. 10, no. 2, pp. 129–144, 2003.
- [7] N. Slack, S. Chambers, and R. Johnston, *Administração da produção*. Atlas, 2002.
- [8] B. van der Rhee, R. Verma, and G. Plaschka, “Understanding trade-offs in the supplier selection process: The role of flexibility, delivery, and value-added services/support,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 120, no. 1, pp. 30–41, Jul. 2009.
- [9] P. Kraljic, “Purchasing Must Become Supply Management,” 1983.
- [10] Y.-J. Chen, “Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 181, no. 9, pp. 1651–1670, May 2011.
- [11] R. Verma and M. Pullman, “An analysis of the supplier selection process,” *Omega*, vol. 26, no. 6, 1998.
- [12] J. Coelho and L. Hazin, “Metodologias para seleção de fornecedores : uma revisão da literatura,” *Produção*, vol. 22, pp. 625–636, 2012.
- [13] D. M. Lambert and M. a. Schwieterman, “Supplier relationship management as a macro business process,” *Supply Chain Manag. An Int. J.*, vol. 17, no. 3, pp. 337–352, 2012.
- [14] G. W. Dickson, “An analysis of vendor selection systems and decisions,” *J. Purch.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–17, 1966.

- [15] C. A. Weber, J. R. Current, and W. C. Benton, “Vendor selection criteria and methods,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 50, no. 1, pp. 2–18, 1991.
- [16] M. E. González, G. Quesada, and C. A. M. Monge, “Determining the importance of the supplier selection process in manufacturing: a case study,” *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 34, no. 6, pp. 492–504, Jul. 2004.
- [17] C.-M. Chen, “A fuzzy-based decision-support model for rebuy procurement,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 122, no. 2, pp. 714–724, Dec. 2009.
- [18] M. Szejczewski, F. Lemke, and K. Goffin, “Manufacturer-supplier relationships: An empirical study of German manufacturing companies,” *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 25, no. 9, pp. 875–897, 2005.
- [19] R. de B. Murad, R. da S. Lima, and M. Sacomano Neto, “Gestão de relacionamento com fornecedores em arranjos produtivos locais: o caso do Vale da Eletrônica,” *Produção*, 2013.

UMA SOLUÇÃO PARA GESTÃO DE EAD BASEADA NA INTEGRAÇÃO DE MOODLE COM O TOTVS

Fábio Britto de Carvalho Almeida ¹ e Jaciane Ferreira Araujo ²

¹ SENAI/CIMATEC, E-mails: falmeida@fieb.org.br, jaciane@fieb.org.br

RESUMO

A educação, no contexto escolar vem se transformando significativamente no últimos anos, essas mudanças podem surgir a partir das novas necessidades refletidas pela sociedade contemporânea. A Educação a Distância (EaD) é o novo paradigma da educação que lida com novos processos, necessidades e competência, conseqüentemente oferecem grandes desafios. Geralmente as instituições de ensino utilizam ambientes distintos para a execução de seus cursos na modalidade EaD (Ambientes Virtuais de Aprendizagem – AVA e Sistemas para Gestão Escolar - SGE). Muitas vezes informações repetidas são cadastradas manualmente nos diferentes sistemas, esse processo, além do esforço repetitivo pode causar transtornos como, informações incoerentes do mesmo dado ou até mesmo a falta delas. Em vista disso, esse artigo teve como objetivo explicar as melhorias, otimizações e inovações implantadas no processo de integração automática entre a plataforma Moodle e o sistema TOTVS Educacional da instituição SENAI CIMATEC, bem como apresentar os resultados obtidos com a implantação da integração entre os sistema supracitados. Sendo assim, implementou-se a integração entre os sistemas citados, através de Web Service e instruções SQL para manipulação de dados por meio de trigger e procedure. Os resultados obtidos apontam que a integração implementada nesta pesquisa atendeu as expectativas, tornando a sincronização das informações entre o AV@S e TOTVS automática, eficiente, e permitiu a redução do esforço repetitivo empregado anteriormente para alimentar os diferentes ambientes.

Palavras-chaves: *EaD; integração de sistemas; moodle; SGE.*

ABSTRACT

Education in the school context has been significantly transformed in recent years, these changes may arise from new requirements reflected by contemporary society. The Distance Learning (DL) is the new paradigm of education that deals with new processes, needs and competence, thus offering major challenges. Generally educational institutions use different environments for running their courses in distance education mode (Virtual Learning Environment - AVA and Systems for School Management - SGE). Often repeated information are registered manually in

the different systems, this process, in addition to repetitive stress can cause disorders such as, inconsistent information from the same data or even lack thereof.

As a result, this article aims to explain the improvements, optimizations and innovations implemented in the automatic integration between Moodle and Educational TOTVS system of SENAI CIMATEC institution and present the results obtained with the implementation of the integration of the system above. So it implemented the integration between the mentioned systems through Web Service and SQL statements for data manipulation through trigger and procedure. The results suggest that integration implemented in this research met the expectations, making the synchronization of information between the AV @ S and TOTVS automatic, efficient, and allowed the reduction of repetitive strain previously employed to feed the different environments.

Keywords: distance education; system integration; moodle; SGE

1. INTRODUÇÃO

O advento da Internet e a inserção de recursos tecnológicos no contexto da educação permitem o surgimento de novas perspectivas para as práticas de ensino e aprendizagem, dentre elas, o surgimento do novo modelo de educação denominada Educação a Distância - EaD. Esse modelo torna a educação acessível às pessoas residentes em áreas isoladas ou que não têm disponibilidade de tempo para cursar o ensino no período regular.

De acordo com a Associação Brasileira de Educação à Distância - ABED, o total de cursos ofertados em Educação à Distância (EaD) no Brasil, no ano 2013 corresponde a 15.733, sendo 1.772 autorizados pelo MEC (Ministério da Educação) e totalmente a distância, 447 autorizados pelo MEC semipresenciais, 9.532 livres (não precisam de autorização do MEC), e 3.982 cursos do tipo disciplinas, com mais de 4 milhões de estudantes matriculados [1].

Há um crescimento progressivo das práticas de EaD no cenário mundial, e para atender essa demanda surgiram os Ambientes Virtuais de Aprendizagem – AVA com objetivo de disponibilizar e gerenciar cursos *online*, bem como apoiar os cursos presenciais.

Atualmente existem diversos tipos de AVA, o mais utilizado é o Moodle [2]. Este ambiente disponibiliza uma variedade de recursos que possibilitam a criação de aulas mais colaborativas, dinâmicas e interativas, entre estes recursos destacam-se os fóruns, chats, diversos tipos de atividades e questionários. Fazendo analogia ao modelo de educação presencial, o Moodle funciona como a sala de aula, onde todo

o conteúdo do curso está disponível, após a realização do conteúdo programático e conclusão do cronograma do curso, as notas obtidas pelos alunos geralmente são importadas para os Sistemas de Gestão Escolar - SGE.

Contudo, apesar de todos os benefícios oferecidos por meio dos recursos disponíveis, o Moodle não permite a gestão integrada de EaD com os SGE. Com isso, foi possível identificar a necessidade de criar uma interface de comunicação entre este AVA e os SGE.

Neste contexto tem-se o SENAI CIMATEC que possui uma grande quantidade de ambientes educacionais utilizados de formas independentes. Muitas vezes informações repetidas são cadastradas manualmente em sistemas distintos, além do esforço repetitivo, essa rotina pode causar transtornos como, informações incoerentes do mesmo dado ou até mesmo a falta delas. Na modalidade EaD, podem-se destacar o AV@S, que é o ambiente virtual de aprendizagem, e o Totvs Educacional, o sistema de gestão escolar. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo explanar as melhorias, otimizações e inovações implantadas no processo de integração entre a plataforma Moodle e o sistema Totvs Educacional do CIMATEC, bem como apresentar os resultados obtidos com a implantação da integração entre os sistemas supracitados.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Moodle, uma plataforma de aprendizagem a distância baseada em *software* livre, também conhecido como LMS (*Learning Management System*), proporciona a interatividade, disponibilidade, construção colaborativa do conhecimento, a inclusão social, a capacitação profissional. Foi criado em 1999 por Martin Dougiamas e sustentado por uma comunidade que envolve pesquisadores, analistas de sistemas, educadores, designer, administradores de sistemas e programadores em todo o mundo. De acordo com informações disponíveis no site da organização, existe mais de 71 milhões de usuários registrados em 222 Países (na data 08/06/2015) [2].

De acordo com Araújo (2015), [3] a arquitetura do Moodle é organizada com um núcleo de aplicação rodeado por subsistemas que lhe fornecem novas e específicas funcionalidades. Sendo assim, novas funcionalidades podem ser desenvolvidas e integradas ao Moodle, seguindo sua Interface de Programação de Aplicações - API, sem danificar seu perfeito funcionamento decorrente de futuras atualizações de versão do ambiente. Segundo SIQUARA (2012), [4] o AV@S é uma solução para hospedagem e gerenciamento de cursos EaD baseada na plataforma Moodle que agrega novas funcionalidades ao AVA.

Diferente da solução proposta neste trabalho, a plataforma Moodle disponibiliza um servidor de serviço Web para integração com aplicações externas. Para isso é necessário realizar algumas configurações: Habilitar serviços Web, ativar o protocolo para *Web service* desejado (SOAP, REST, XMLRPC, AMF), criar serviços que pode

ser uma ou um conjunto de funções. Após a criação do serviço as funções devem ser adicionadas através do link “Serviços externos” [5]. O *Web Service Client* deve ser desenvolvido por um profissional com conhecimento em linguagem de programação baseando-se na API do Moodle.

A vantagem da solução de integração adotada nesta pesquisa é que existe flexibilidade para manipulação das informações de qualquer tabela do banco de dados do Moodle, bem como a significativa redução de requisições ao *Web service*. Através do *Web service* disponibilizado pelo Moodle, para cada funcionalidade é necessário realizar uma chamada ao servidor, além disso o desenvolvedor está limitado apenas as funções disponibilizadas pelo Moodle, se houver alguma atualização nas entidades dos banco de dados para novas versões do Moodle, o *Web Service Client* ficará dependente das atualizações deste *plugin* por parte da comunidade do Moodle.

3. METODOLOGIA

Ao iniciar uma nova turma de educação à distância no SENAI CIMATEC, primeiramente era necessária a criação de um processo seletivo EaD na ferramenta TOTVS Educacional. Após essa criação, era liberado um link para que os candidatos pudessem se inscrever no processo seletivo criado. Concluído o período de inscrições no processo seletivo do TOTVS, uma mesma turma correspondente era criada manualmente no ambiente AV@S e todos os candidatos inscritos no processo seletivo do TOTVS eram reinscritos manualmente nesse LMS, permitindo o acesso para que os mesmo realizassem um curso de nivelamento. Os critérios para seleção dos candidatos poderiam ser nota de avaliação ou a ordem cronológica dos concluintes. Independente do critério escolhido, os resultados obtidos no AV@S eram cadastrados manualmente no SGE, para que a classificação fosse realizada.

A partir da lista dos candidatos selecionados na etapa do processo seletivo, as matrículas eram realizadas. Na etapa de matrículas, inicialmente os cursos e disciplinas eram criados, os professores vinculados às suas disciplinas e os candidatos selecionados na etapa anterior, matriculados como alunos do SENAI no Totvs Educacional. Essas mesmas atividades eram repetidas manualmente no ambiente virtual de aprendizagem AV@S. Somente após essas etapas, os alunos estavam liberados para realização do curso. No AV@S, todas as atividades e avaliações eram pontuadas e esses resultados eram lançados também no SGE, como ilustrado na Figura1.

É importante ressaltar que nem todos os cursos EaD do SENAI necessitavam da criação desse processo seletivo. Alguns cursos poderiam já possuir uma lista de alunos selecionados de diferentes formas. Nesses casos, essa etapa de processo seletivo EaD é desprezada e apenas a etapa de matrícula e realização dos cursos são realizadas.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

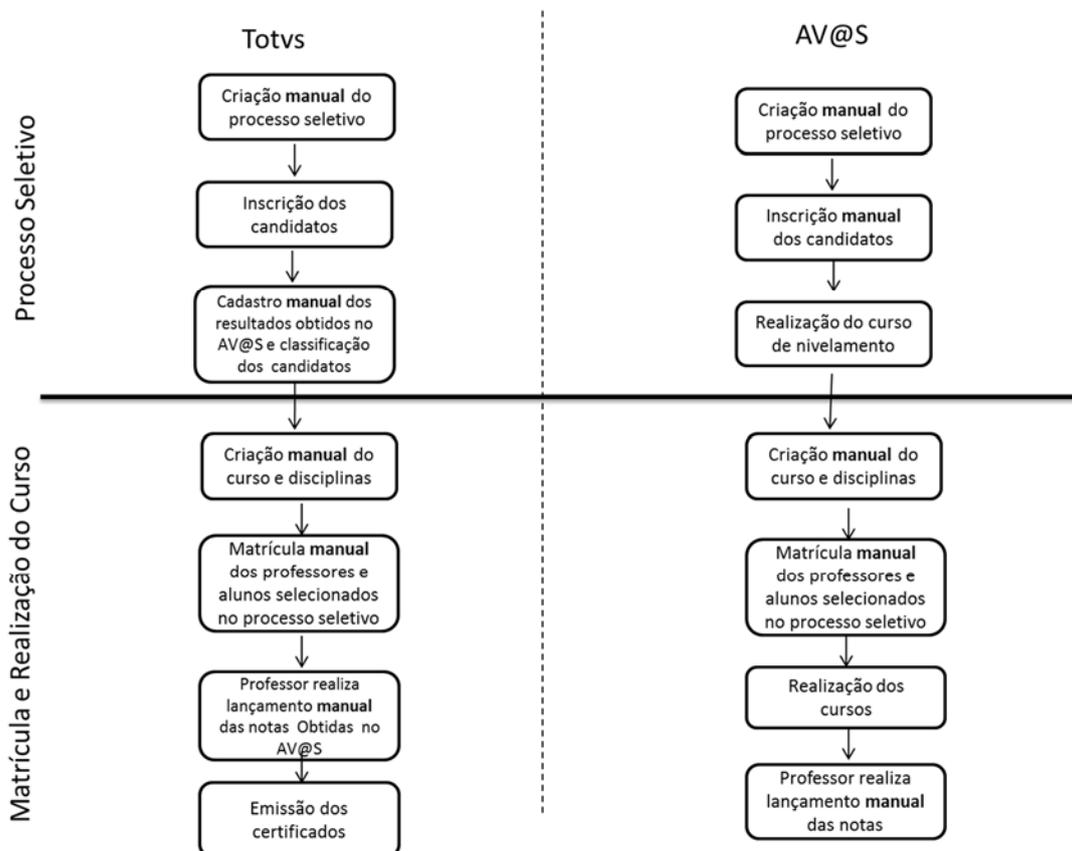


Figura1 - Antigo fluxo do processo EaD. Fonte: Autores.

Visando evitar o esforço manual e repetitivo do cadastro e atualização de informações do aluno, bem como sua sincronização nos sistemas envolvidos do atual modelo EaD do SENAI CIMATEC, desenvolveu-se uma interface de comunicação entre estes sistemas, composto por *Web service*, *triggers* e *procedures*.

No modelo proposto de integração dos sistemas, desenvolvido e adotado pelo SENAI CIMATEC, como ilustrado na Figura 2, a inscrição do usuário (candidato) é realizada apenas uma vez, essa inscrição inicia todo o ciclo, desde o processo seletivo até a conclusão do curso. O cadastro é realizado no TOTVS, logo após a criação do processo seletivo. As informações do processo seletivo e dos candidatos são replicadas automaticamente sem intervenção humana para AV@S por meio de uma *trigger* SQL que aciona o *Linked Server*, um recurso do Microsoft SQL Server muito utilizado para estabelecer conexão segura e executar comandos entre banco de dados e/ou servidores. A utilização do *linked server* foi adotado, uma vez que os tipos de banco de dados do TOTVS e AV@S são distintos, SQL Server e MySQL respectivamente.

Na próxima fase os candidatos realizam o curso de nivelamento no AV@S e suas notas são replicadas de forma automática para o TOTVS utilizando um *Web service*. O mesmo foi desenvolvido utilizando a biblioteca PHP denominada NuSOAP tendo em vista a integração dos sistemas e a comunicação entre aplicações diferentes. O *Web service* permite a comunicação por meio do padrão universal (formato XML). Assim que as notas e demais informações do candidato são replicadas no SGE, executa-se a classificação dos candidatos aplicando uma determinada regra. Com base nessa classificação realiza-se a seleção dos alunos que foram matriculados para a realização dos cursos.

Ao realizar a matrícula do aluno no TOTVS, todas as informações referentes aos cursos, disciplinas e informações pessoais dos usuários são submetidos automaticamente ao AV@S através de *trigger* SQL do TOTVS que acessa os métodos de inserção do *Web service*. As notas obtidas pelos alunos após a conclusão dos cursos no AV@S foram retornadas via *Web service* que atualiza as informações dos alunos acessando de uma *procedure* no TOTVS. Por fim, os dados de ambos os sistemas foram sincronizados de forma transparente e a turma concluída.

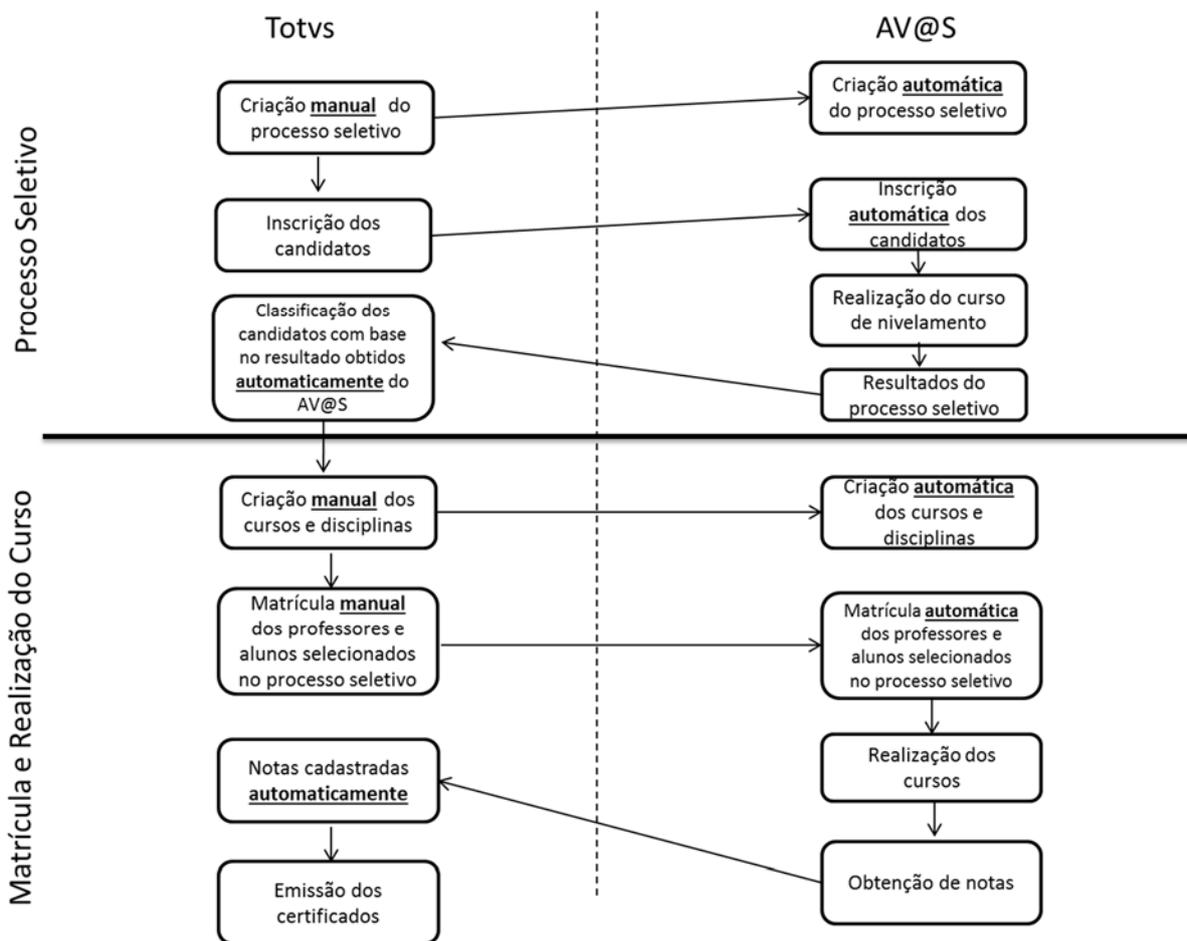


Figura 2 - Atual fluxo de processo EaD. Fonte: Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O procedimento de sincronização de informações entre entidades levanta uma série de desafios técnicos. O principal é a heterogeneidade das informações, cada ambiente declara e armazena em formato diferente seus dados, por exemplo, o tipo de sexo de um usuário pode ser declarado como “masculino/feminino”, “M/F” ou até mesmo por tipo numérico “1/2”. Diante disto, foi necessário aplicar uma técnica que consiste em receber uma informação e verificar se a mesma tem equivalência com os dados armazenados na base dados.

Outra dificuldade identificada está relacionada a capacidade de emitir comandos como consultas, inserções e atualizações em fontes de dados distribuídos e heterogêneos. Essa interação foi possível utilizando o linked server. Adicionado a isso, é necessário amplo conhecimento sobre arquitetura dos sistemas envolvidos.

Depois do desenvolvimento de todo o processo de integração, iniciou-se a fase de testes para validar a integração dos sistemas. Para isso configurou-se dois ambientes idênticos aos de produção. Nesses ambientes foram realizados o cadastro de processo seletivo, usuário, criação de turmas e disciplinas, matrículas de alunos e professores, simulando uma rotina real necessária para a realização e conclusão dos cursos. Realizaram-se inclusive atividades contidas no processo seletivo e posteriormente no curso, utilizando alguns usuários com perfil de aluno.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve o objetivo de desenvolver um processo para a integração entre a plataforma Moodle e o SGE TOTVS Educacional. Esse processo concretizou-se em um modelo que pode ser aplicado em outras integrações do Moodle com SGEs, inclusive em outras instituições.

A validação da integração foi implementada após os primeiros testes aplicados e a realização dos ajustes de falhas relativas aos registros dos dados. A integração foi aplicada para a realização de 12 turmas durante o período de dezembro 2014 a maio de 2015. Os resultados finais obtidos apontaram que a solução adotada atendeu as expectativas tornando a sincronização das informações entre o AV@S e TOTVS automática e eficiente, além de permitir a redução do esforço repetitivo empregado nas atividades envolvidas.

O presente artigo contribuiu para criação de novas práticas para integração de sistemas para EaD, agregando outras opções distintas do que o Moodle oferece atualmente.

REFERÊNCIAS

¹ABED. CENSO EAD .BR 2013. Disponível em: <http://www.abed.org.br/censoead2013/CENSO_EAD_2013_PORTUGUES.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

²Moodle Statistics. Disponível em: <<https://moodle.net/stats>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

³Araújo, Jaciane F.; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. 2015.

⁴Siquara, Elson C.; Almeida, Fábio, B. de C.; Braga, Patrícia F. AV@S: UMA SOLUÇÃO PARA GESTÃO DE EAD BASEADA NA INTEGRAÇÃO DE INSTALAÇÕES MOODLE. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2012/anais/436c.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

⁵Moodle Web services. Disponível em: <https://docs.moodle.org/dev/Web_services>. Acesso em: 05 jun. 2015.

V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)
E
I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



Desafios para Sustentabilidade Global



Modelagem e Tecnologia Industrial

Apoio:



fapesb



Fundação de Amparo
à Pesquisa do Estado da Bahia



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

Realização:



SUMÁRIO – MODELAGEM E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

A HYBRID SYSTEM TO SIMULATE THE ATMOSPHERIC DISPERSION OF ROCKET EXHAUST CLOUDS.....	438
ERICK GIOVANI SPERANDIO NASCIMENTO ^{1,3} , DAVIDSON MARTINS MOREIRA ²	438
A MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL.....	448
ANÁLISE NUMÉRICA DA FORÇA DO PRENSA CHAPAS EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO DE ESTAMPAGEM PARA O AÇO DUPLEX UNS S32205	459
ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS CLIMATOLÓGICOS DE FEIRA DE SANTANA-BA: UMA ABORDAGEM COM MÉTODOS DA MECÂNICA ESTATÍSTICA	470
AUTOAFINIDADE NA VARIAÇÃO DE PREÇOS DE AÇÕES DE COMPANHIAS PETROLÍFERAS.....	482
AUTOMATIC IDENTIFICATION OF SIGNS OF DIABETIC RETINOPATHY IN EYE IMAGES	491
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CRITICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DE UM LEITO CATALÍTICO DO TIPO TRICKLE-BED.....	503
BIG DATA PARA ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS MASSIVOS PROVENIENTES DA INTERNET INDUSTRIAL.....	514
CONTROLE DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA FUZZY EMBARCADO	524
CORRELAÇÃO ENTRE BIOMA E DENGUE NO ESTADO DA BAHIA.....	535
DESENVOLVIMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMA ELETROMECAÂNICO APLICADO A LIMPEZA DE VISEIRA DE CAPACETE.....	545
CORRELAÇÕES DE LONGO ALCANCE EM MODELAGENS DE FLUTUAÇÕES DE SÉRIES TEMPORAIS DA VELOCIDADE DO VENTO EM SALVADOR-BA: RESULTADOS PRELIMINARES PARA MAXIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA.....	557
ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS BASEADO NO MÉTODO PBL (PROJECT/PROBLEM-BASED LEARNING), INTEGRADO A FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	566
HIGH PERFORMANCE CODE GENERATION FROM SYMBOLIC COMPUTING	576
INFERINDO NÍVEL DE UM TANQUE EM UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDOS A PARTIR DE SINAL DE FREQUÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA	583
INTERFACES NATURAIS DE USUÁRIO PARA UMA APLICAÇÃO DE TREINAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO A CÂMERA REALSENSE.....	592
MODELAGEM E CONTROLE DO PÊNDULO INVERTIDO	602
MODELO COMPUTACIONAL DE RECONHECIMENTO DE FACES PARA AUXÍLIO À INVESTIGAÇÕES E NA BUSCA DE PESSOAS DESAPARECIDAS	612
MODELO DE CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA PARA O DOBRAMENTO DE PROTEÍNAS COM REPETIÇÃO EM TANDEM	622
PROPOSTA DE MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO PARA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL	631

SUMÁRIO – MODELAGEM E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

PROSPECÇÃO DE PUBLICAÇÕES EM BASE DE DADOS SOBRE EMISSÃO DE HPA ORIUNDOS DA QUEIMA DE DIESEL E BIODIESEL.....	642
SISTEMA DE QUANTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	651
SUBSTITUIÇÃO DE UMA VÁLVULA LIGA-DESLIGA POR UMA DE CONTROLE NO CICLO DE VULCANIZAÇÃO DE PNEUS DE MOTOCICLETAS.....	661
UM ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS PARA MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS: BPM ..	672
UM MODELO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE ANOMALIAS DENTÁRIAS EM IMAGENS DE ORTOPANTOMOGRAFIA	682
UMA NOVA PROPOSTA PARA ANÁLISE DA ESTABILIDADE NO PROCESSO DE COMBUSTÃO USANDO A DISTÂNCIA DE HAMMING	692
UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE	701

A HYBRID SYSTEM TO SIMULATE THE ATMOSPHERIC DISPERSION OF ROCKET EXHAUST CLOUDS

ERICK GIOVANI SPERANDIO NASCIMENTO^{1,3}, DAVIDSON MARTINS MOREIRA²

¹Department of Environmental Eng., Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil. E-mail: erick@lcad.inf.ufes.br

²Center for Integrated Manufacturing and Technology, SENAI/CIMATEC, Salvador, BA, Brazil. E-mail: davidson.moreira@fieb.org.br

³Vitória Software Ltda, Vitória, ES, Brazil. E-mail: erick@vitoriasoftware.com.br

RESUMO

Nuvens de exaustão de foguetes são compostas por poluentes perigosos, como alumina, monóxido e dióxido de carbono, e cloreto de hidrogênio, os quais são gerados durante a queima dos motores de foguetes. No caso do lançamento de veículos, nuvens enormes e quentes são geradas próximo ao solo e são compostas por produtos de exaustão, que irão se ascender, expandir, estabilizar, arrastar o ar ambiente, e começarão a ser dispersadas de acordo com as condições atmosféricas. Esse processo leva alguns minutos para acontecer, e geralmente áreas povoadas localizadas próximas ao centro de lançamento (CL) poderão ser expostas a altos níveis de concentração em um intervalo que varia de alguns poucos a algumas dezenas de minutos, até uma hora. Também, esses poluentes podem ser levados para mais longe devido à dispersão atmosférica, e interagir quimicamente com outros compostos, formando novos poluentes, impactando áreas povoadas mais distantes. Os CL ao redor do mundo precisam operacionalmente avaliar tais impactos, tanto de curto quanto de longo alcance antes dos lançamentos através da modelagem meteorológica e da qualidade do ar. Em geral, contudo, modelos de qualidade do ar não lidam com o cálculo de pico e média de concentração em uma escala de tempo mais curto, isto é, entre alguns minutos até uma hora. Além disso, há o fato de que a modelagem de nuvens de exaustão de foguetes é um problema de qualidade do ar único. Para este fim, escolheu-se utilizar um modelo moderno que visa resolver este problema, denominado MSDEF. Para a avaliação de longo alcance, foi escolhido o sistema de modelagem CMAQ, uma vez que ele representa o estado da arte na modelagem regional e do transporte químico, e devido à sua capacidade de lidar com gases clorados. A fim de acoplar ambos os modelos, o código do MSDEF foi reescrito utilizando a biblioteca I/O API, tornando-o capaz de gerar as condições iniciais de entrada no CMAQ. Desse modo, está formada a base para um sistema híbrido, moderno e multidisciplinar que, em conjunto com o WRF, poderá ser operacionalmente utilizado em diferentes missões de lançamento para uma completa avaliação do impacto ambiental.

Palavras-chaves: *nuvem de exaustão de foguete; dispersão atmosférica; modelagem matemática; MSDEF; CMAQ.*

ABSTRACT

Rocket exhaust clouds are composed by hazardous pollutants, e.g. alumina, carbon monoxide and dioxide, and hydrogen chloride, which are generated during the burning of rocket engines. In the case of vehicle launching, huge and hot clouds are generated near the ground level and are composed by the buoyant exhaust products, which will rise, expand, stabilize, entrain the ambient air, and they will start to be dispersed according to the atmospheric conditions. This process takes a couple of minutes to occur, and generally human receptors located in populated areas nearby the launching center may be exposed to high levels of concentrations within a few to tens of minutes, up to less than one hour. Also, these pollutants may be carried farther due atmospheric dispersion, and chemically interact with other atmospheric compounds, forming new pollutants, impacting other populated areas located in farther distances. The launch centers around the globe, like spaceports, need to operationally assess the impact of rocket launchings events in the environment, requiring to evaluate both short and long range impacts prior to launchings through meteorological and air quality modeling. In general, however, air quality models do not account for calculating peak and average concentration for a short time scale, i.e. ranging from minutes to one hour. In addition, there is the fact that modeling rocket exhaust clouds formed due rocket/vehicle launching is quite a unique air quality problem. For this purpose, this work chose to use a modern air quality model which targets this problem, named MSDEF. For long range assessment, it has been chosen the CMAQ modeling system, since it represents the state-of-the-art in regional and chemical transport air quality modeling, and due to its capability to deal with chlorine gases – which is a considerable part of rocket exhaust clouds. In order to couple both models, the MSDEF code has been rewritten using the I/O API library, making it possible for MSDEF to generate the initial conditions as input to CMAQ model. Thus, it forms the basis for a hybrid, modern and multidisciplinary system which, in conjunction with the WRF model, can be operationally used in different launching missions for a complete environmental assessment.

Keywords: rocket exhaust cloud; atmospheric dispersion; mathematical modelling; MSDEF; CMAQ.

INTRODUCTION

An important and singular air pollution problem is related with rocket launches. The burning of rocket engines during the first few seconds immediately before and after vehicle launch operations forms a large cloud of hot and buoyant exhaust contaminants near the ground, which ascends and entrains ambient air until the temperature of the cloud reach an equilibrium with ambient conditions.

Some of the space launching centers are located close to populated areas and they may be affected by the gases released during the launchings. In order to estimate the risks associated and the environmental impacts from the launchings (either normal or failed), a special model named REEDM – Rocket Exhaust Effluent Diffusion Model was developed by [0]. This

model assumes a constant wind profile and Gaussian plume turbulence to assess the movement of the clouds derived from the exhausted gases. Derived from this model, a modern approach has been developed by [0] called *Modelo Simulador da Dispersão de Efluentes de Foguetes* (MSDEF), in Portuguese, which stands for “Simulation Model of Rocket Effluent Dispersion”, incorporating some advances that will be further explained.

Although the assumption regarding the formation of the ground and contrail cloud (see Figure 1) is a major concern in rocket exhaust cloud modeling, it is also important to predict weather and air quality conditions in short and long range terms in order to operationally assess the impact in the environment of normal and aborted launching operations. Recently, the REEDM model has been used in a hybrid system, in conjunction with other modeling tools to simulate the weather and the dispersion of toxic gases in launch operations. The French Space Agency (CNES) conducts simulations of the impact of rocket exhaust pollutants using a model called SARRIM (Stratified Atmosphere Rocket Release Impact Model), during normal or aborted launching operations in the European Spaceport in Kourou, French Guyana [0]. However, more recent works present the idea of using a more complete, multi-disciplinary and hybrid approach in order to achieve the goal of assessing the impact of effluents released from launching operations for the European Space Agency (ESA). The work presented in [0] presents a first-step effort for the Indian Space Agency to evaluate a hybrid approach in the assessment of the impact of rocket exhaust pollutants during launching operations.

Unfortunately, there is no model fully operational to meet these demands in Alcântara Launch Center (ALC), the Brazilian Spaceport. Therefore, it is very important to develop a modeling system designed to calculate peak concentration, dosage and deposition (resulting from both gravitational settling and precipitation scavenging) downwind from normal and aborted launchings to use in mission planning activities and environmental assessments, pre-launch forecasts of the environmental effects of launch operations and post-launch environmental analysis in Brazilian site, is truly needed. To this end, this paper aims to provide the basis for the construction of a more complete, multi-disciplinary, modern hybrid system that will allow the development of a model fully adapted to the Brazilian site characteristics. This system will be composed by a meteorological model, a dispersion model and a chemical transport model for short and long range assessment, respectively, all representing the state-of-the-art in their respective research field.

METHODOLOGY

Meteorological Modeling Approach

The system needs to be provided with surface and sounding wind speed and direction, in addition to other meteorological variables like temperature, radiation and terrain height. Commonly, it can be achieved by conducting measurement campaigns for certain periods that can be representative for the target region. However, this approach is often expensive and mostly do not cover the entire region or period being considered. In this case, we choose to use the Weather Research and Forecasting Model (WRF), which is the state-of-the-art in atmospheric modeling for weather applications.

Thus, we ran the WRF model to generate the meteorological fields. We used the Global Forecast System (GFS) with a resolution of 1 arc degree. Fisch and Silva [0] did a detailed analysis about the use of WRF for the ALC using radiosonde data collected during dry (2008) and wet season (2010) as a comparison. They found that the WRF, using the default parameterizations, can represent the wind speed at the site reasonably well. For this work, we chose to apply a large-eddy simulation in WRF to better represent the turbulence in the ALC region, activating the LES option available in WRF for real-world applications. The reference [0] showed that the application of WRF-LES is quite interesting, since it provides very high resolution information about the atmospheric turbulence and terrain elevation for the air quality modeling, which is an important issue regarding the short range dispersion modeling.

One of the major challenges needed to accomplish this task of running WRF in LES mode for real cases, was to get and configure a new and complete terrain dataset information for the ALC region in a very high resolution (~ 100m), since the highest resolution of the default WRF terrain dataset is 1 km, which is not suitable to run large-eddy simulations. Thus, we downloaded from USGS site a GeoTIFF dataset of the terrain elevation for the surrounding area of the ALC site. Then, we processed this dataset, generating a new one in the geogrid format, enabling WRF to model this case using very high resolution terrain information of 100m.

This case was configured as a four-day simulation, from March 18, 2013 at 00:00h GMT to March 22, 2013 at 00:00h GMT. The horizontal resolution of the grid and its nests were 8.1 km, 2.7 km, 900m, 300m and 100m, and the horizontal dimensions, in grid cells, were 40x40, 64x64, 76x76, 76x76 and 112x112, for domain 1 to 5, respectively, with 20 vertical levels.

The Short-Range Dispersion Model

The initial problem, whose solution is particularly important for predicting the atmospheric dispersion of gases from static test firing launches, and other hot releases, is defining the source; i.e., the initial distribution of the gases resulting from the buoyancy of the hot exhaust gases. Observation shows that the exhaust gases form a cloud elevated above the surface (see Figure 1). A combination of theoretical analysis and empirical observations has been used to create a mathematical model of the cloud and thus to provide a source description for subsequent atmospheric dispersion analyses. In addition to the meteorological parameters, which are the principal factors determining the turbulent diffusivity of the atmosphere, the depth of the surface transport layer or the presence of an inversion layer can profoundly affect the predicted ground-level concentrations of rocket exhaust gases. It is assumed that no transport of effluents occurs across the boundaries of a transport layer; hence, the effluents are trapped within their respective transport layers. Consequently, an interaction exists between the height of the surface transport layer and the height of the exhaust cloud stabilization in determining the downwind ground-level concentrations of exhaust gases. Although the amount of exhaust products contained in the ground cloud is a function of the local meteorology (principally the depth of the atmospheric boundary layer (ABL)), it is typically calculated to be that due to approximately the first 20s of burn time of the space shuttle

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

engines. This assumption is arrived at by considering the ground cloud to be formed by the exhaust cloud emitted through the flame trench for the first 10s after ignition plus the column of exhaust products formed during the following 10s.

The space shuttle flight system will be powered by chemical solid rocket motors and liquid rocket engines. The main environmental effect at launch arises from combustion of the space shuttle SRM's (Solid Rocket Motors). Combustion products are released into various layers of the atmosphere as the vehicle gains altitude during launch. The bulk of the shuttle combustion products are released into the troposphere. In the middle and upper troposphere, the exhaust products are deposited in a thin column because of the relatively high velocity of the vehicle there. This column quickly mixes and dissipates. At lower altitudes (near the surface) a cloud of exhaust products is generated. This "ground-cloud" disperses slowly and has been the subject of extensive analysis ⁰. In a normal launch, the ground-cloud is formed at the base of the launch platform; it includes hot exhaust products from the SRM's, the main liquid propulsion engines, steam from launch platform cooling and acoustic damping water injection, and some sand and dust drawn into the cloud from the platform area. Because of the high temperature of the gas cloud, buoyancy effects cause it to rise to an altitude of 0.7 to 3 km, where it stabilizes because of the cooling of the gases.

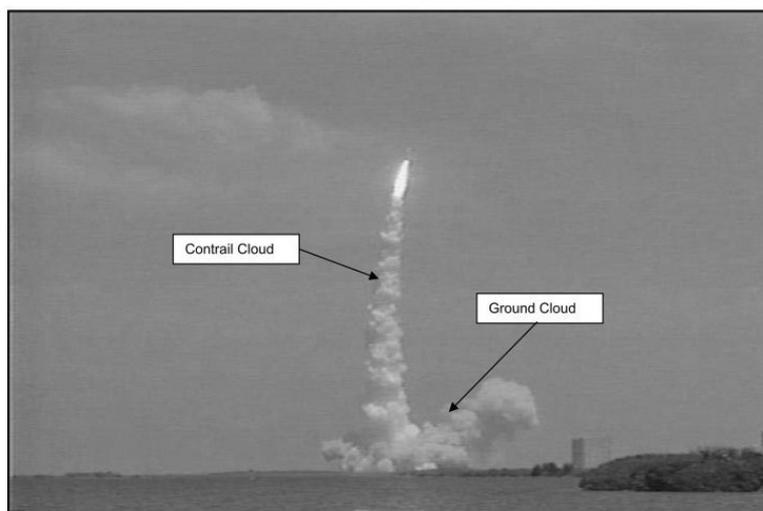


Figure 1. Illustration of the formation of the ground and contrail clouds during a rocket launch.
Source:[0].

In order to simulate the impact of rocket exhaust clouds, the MSDEF model was developed using the REEDM model as reference for modeling physics and mathematics, but featuring some improvements. It applies a stepwise approximation of the eddy diffusivity and wind speed, the Laplace transform to the diffusion-advection equation, a semi-analytical solution of the linear ordinary equation set resulting in the Laplace transform application, the construction of the pollutant concentration by the Laplace transform inversion through the application of the Gaussian quadrature scheme, the computation of first-order chemical reactions, and the discretization and the parameterization of the ABL. Such as in the REEDM model, the MSDEF model assumes that the cloud released by the rocket can be initially

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

defined as a single cloud that grows and moves, but remains as a single cloud during the formation of the ascending phase of it. This concept is illustrated in Figure 2, and can be noticed that the model is designed for concentrations from the vertical position of the stabilized cloud. Thus, the discretization of the ABL is applied through the partitioning of the stabilized cloud in “disks” representing the different meteorological vertical levels at different altitudes, each one having a single meteorological speed and wind direction that moves the disk into the same cloud. The hypothesis of transport in a straight line during the transport of clouds and phase dispersion ignores the possibility of wind fields that can arise in complex mountainous terrain or may evolve during the passage of a sea breeze front or greater scale. Thus, it is recommended that the assumption of uniform wind is limited to the transport of the plume at distances not exceeding 25 km. In this sense, the model does forecast concentration ranging from 5 to 10 km from the launch pad.

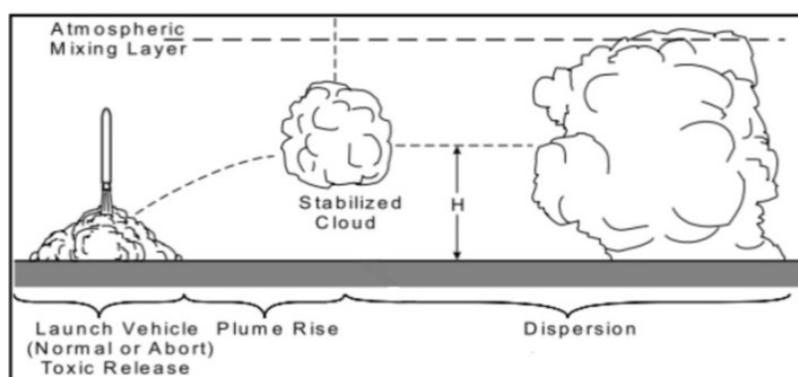


Figure 2. Conceptual illustration of cloud formation (source), “cloud-rise” and atmospheric dispersion of the cloud. Source: [0].

The model makes predictions of instantaneous and average concentration in time (typically 10 min and hourly average). In many situations it is made an average of 1 hour to compute the average concentrations. A shorter average time is appropriate for exposure to the cloud of the rocket, because the source (cloud) typically goes on a receiver with a time scale of tens of minutes before the hour.

The Long-Range Chemical Transport Model

Once the short range assessment model has been applied, for a time scale ranging from minutes to a couple of hours, it is important to assess how the rocket exhaust pollutants will impact in the region of the surrounding area of the launch site for the next hours after the launch event. Commonly, the launching centers are close to big and populated region/cities that may be affected by the gases released during the launchings. In the case of ALC, the capital city of Maranhão State, São Luís, with more than 1 million inhabitants, is located southwards far 30 km. Recently, [0] presented a work where the Community Multi-scale Air Quality (CMAQ) modeling system is applied for regional scale modeling of the chemical transport of rocket exhaust pollutants in the region of ALC, which showed interesting and promising results. Therefore, since CMAQ represents the state-of-the-art in regional and chemical transport air quality modeling, and due to its capability to deal with chlorine gases –

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

which plays an important role in rocket exhaust clouds – we chose this model to be applied in this hybrid system for assessing the impact of rocket exhaust clouds in air quality for long range assessment.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 presents two scenarios of the surface wind field simulated by the WRF model at the time of March 19, 2013 at 16:00h GMT, and March 20, 2013 at 11:00h GMT, for domain 5. Figure 4 shows how domain 5 fits in the considered region. From Figure 3, it is possible to note that the wind is predominantly blowing from the northeastern direction at the first scenario, flowing to the continent in the direction of an inhabited area, and a hypothetical launch at this time would not impact in populated areas, like the large city of São Luís. Some hours later the scenario changes: the wind direction starts to change, and, at March 20, 2013 at 11:00h GMT, 19 hours later, the wind field entirely changes and blows from the southeastern direction, showing that in few hours the meteorological scenario can considerably change. The figures 3 and 4 were produced using the program VAPOR [0].

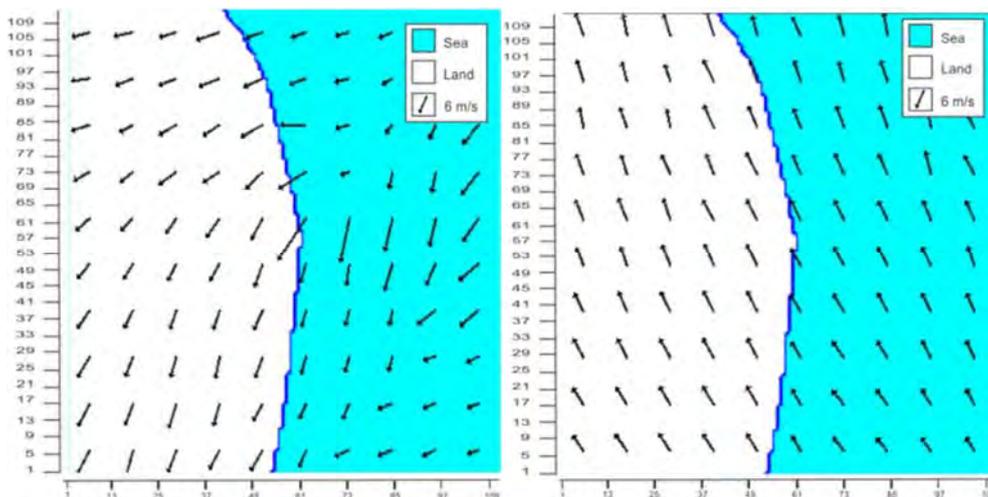


Figure 3. Simulated wind field for March, 19 2013 at 16:00h GMT, and March, 20 2013 at 11:00h GMT, for domain 5.



Figure 4. Simulated wind field for March, 19 2013 at 16:00h GMT, for domain 5, using a background map (taken from Google Earth application)

Figure 5 presents a plot of the application of the MSDEF coupled with the WRF model to generate concentration fields (in ppm) for short range assessment, showing the vector wind speed and dispersion of the plume in the downwind direction. Figure 6 shows a sequential tile plot for HCl concentrations simulated using the CMAQ model. Both cases were applied to the ALC region.

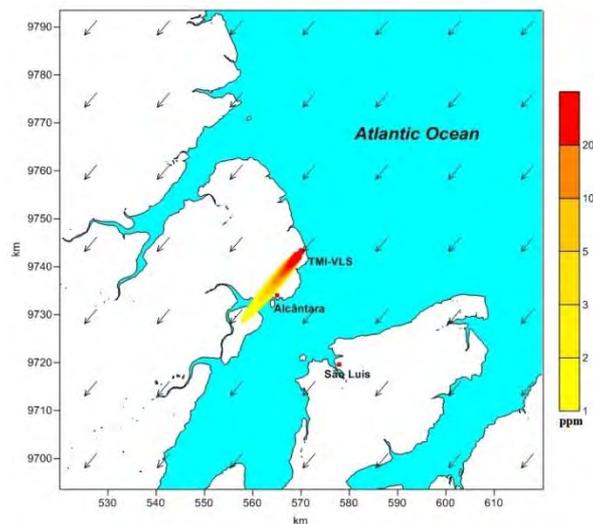


Figure 5. Plume generated by the MSDEF model, showing the second-hour average scenario. TMI represent the Tower Mobile Integration and VLS is the Satellite Launch Vehicle.

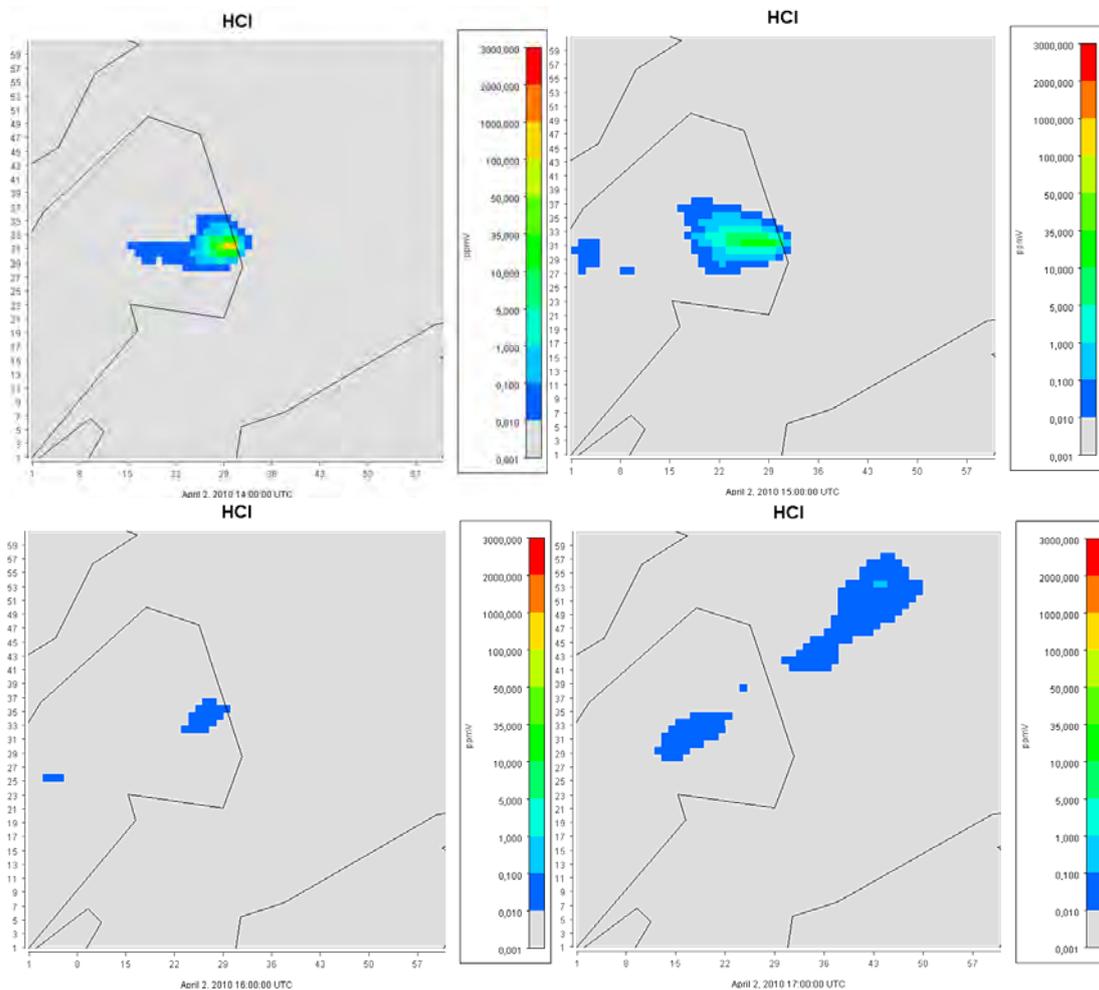


Figure 6. Hourly concentration scenario for HCl generated by the CMAQ model for the surface layer.

CONCLUSIONS

This work aims to present the development of a more complete, hybrid, multi-disciplinary system, based on the state-of-the-art, to simulate the weather, dispersion and chemical transport for short and long range assessment of rocket exhaust clouds in launching centers. Despite our intention is to develop and apply this system to the ALC, it will be built on general atmospheric science concepts that will let this system to be applied in any site in the world. This system can be operationally used in different missions, as planning activities and environmental assessments, pre-and post-launching forecasts of the environmental effects of rocket operations.

REFERENCES

Bjorklund, J.R.; Dumbauld J.K.; Cheney, C.S.; Geary, H.V. User's manual for the REEDM (Rocket Exhaust Effluent Diffusion Model) compute program, *NASA contractor report 3646*. NASA George C. Marshall Space Flight Center, Huntsville, AL, **1982**.

Moreira, D. M.; Trindade, L. B.; Fisch, G.; Moraes, M. R.; Dorado, R. M.; Guedes, R. L. A multilayer model to simulate rocket exhaust clouds. *Journal of Aerospace Technology and Management*, v. 3, pp. 41-52, **2011**.

Cencetti, M.; Veilleur, V.; Albergel, A.; Olry, C. SARRIM: A tool to follow the rocket releases used by the CNES Environment and Safety Division on the European Spaceport of Kourou (French Guyana), *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 44, pp. 87-95, **2011**, doi: 10.1504/IJEP.2011.038406.

Rajasekhar, M.; Kumar, M. D.; Subbanathan, T.; Srivastava, V.; Apparao, B.; Rao, V. S.; Prasad, M. Exhaust dispersion analysis from large solid propellant rocket motor firing using HYSPLIT model over Satish Dhawan Space Centre (SDSC SHAR), *Indo-US Conference-cum-Workshop on "Air Quality and Climate Research"*, ASCI Hyderabad, **2011**. doi: 10.13140/2.1.4008.1284.

Silva, A. F. G.; Fisch, G. WRF Model Assessment for the Wind Profile Forecast at the Alcântara Launching Center, *Brazilian Journal of Meteorology*, vol. 29, n. 2, pp. 259-270, **2014**.

Nascimento, E. G. S.; Moreira, D. M.; Albuquerque, T. T. A.; Reis, N. C. Jr; Santos, J. M.; Goulart, E. V.; Fisch, G. Atmospheric dispersion modeling to simulate rocket exhaust clouds. *Proceedings of the 17th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements, WIT Transactions on Modelling and Simulation*, vol. 59, pp. 481-492, **2015**. ISSN: 1743-355X.

Nyman, R.L. Evaluation of Taurus II Static Test Firing and Normal Launch Rocket Plume Emissions, *NASA Report*, **2009**.

Nascimento, E. G. S.; Moreira, D. M.; Albuquerque, T. T. A.; Fisch, G. Simulation of Rocket Exhaust Clouds at the Centro de Lançamento de Alcântara Using the WRF-CMAQ Modeling System, *Journal of Aerospace Technology and Management*, v. 6, n. 2, pp. 119-128, **2014**. doi: 10.5028/jatm.v6i2.277.

Clyne, J.; Mininni, P.; Norton, A.; Rast, M.; Interactive desktop analysis of high resolution simulations: application to turbulent plume dynamics and current sheet formation. *New Journal of Physics* 9, 301, **2007**.

A MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

Jefferson Oliveira do Nascimento^{1,2}, Italo Gabriel Neide²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

²Centro Universitário Univates

E-mails: jeffersonascimento@gmail.com, italo.neide@univates.br.

ABSTRACT

During our work in higher education, we realised that students undergoing basic education had misconceptions regarding the occurrence of astronomical phenomena, especially the seasons of the year. This finding prompted the development of this research in vocational education, specifically with PROEJA students, so we could explore a teaching methodology through computer modelling and evaluate whether there is significant evidence of improved learning. This research was conducted in a quantitative manner through a case study, where we held a pedagogical intervention, because the suggested method and the improvements expected due to it could best be evaluated in a real-life setting. This intervention carried out in vocational education was a result of the teaching stage of the first author's master's degree in scientific education. As a result of this experiment, we believe that the objective of verifying an improvement in the numerical indices of meaningful learning in the teaching of physics was achieved through computational modeling, indicating the possibility of computational modeling being characterized as a potentially significant educational technology tool as per David Ausubel's Theory of meaningful learning.

Keywords: Computational Modeling, Physical Education, PROEJA.

RESUMO

Em nossa prática profissional em nível superior, percebemos que os alunos provenientes da educação básica apresentavam concepções equivocadas quanto à ocorrência de fenômenos astronômicos, tendo como ênfase, as estações do ano. Esta constatação motivou o desenvolvimento desta pesquisa na Educação Profissional, especificamente com alunos do PROEJA, para que pudéssemos discutir uma metodologia de ensino, por meio da modelagem computacional e avaliarmos se há indícios de aprendizagem significativa. Esta pesquisa foi realizada de forma quantitativa por meio de um estudo de caso, em que se realizou uma intervenção pedagógica, devido a necessidade de nos interpormos e interferirmos na realidade a ser estudada, para modificá-la durante toda a investigação. Esta intervenção pedagógica realizada na educação profissional, é resultado da disciplina de estágio docente realizado no mestrado em ensino de ciências exatas do primeiro autor. Ao fim acreditamos que o objetivo de verificar indícios de aprendizagem significativa por meio da modelagem computacional, no ensino de Física, foi alcançado, indicando a possibilidade da modelagem ser caracterizada

como uma ferramenta tecnológica educacional potencialmente significativa, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Palavras-chaves: Modelagem Computacional, Ensino de Física, PROEJA.

1. INTRODUÇÃO

Em nossa prática profissional em nível superior, percebemos que os alunos provenientes da educação básica apresentam concepções equivocadas quanto à ocorrência de fenômenos astronômicos, como por exemplo, as estações do ano [1]. Esta constatação motivou o desenvolvimento desta pesquisa na Educação Profissional, especificamente com alunos do PROEJA, para que pudéssemos discutir uma metodologia de ensino, por meio da modelagem computacional e avaliarmos se há indícios de aprendizagem significativa.

O PROEJA é uma forma integrada entre Educação Profissional e Ensino Médio na Educação de Jovens e Adultos, sendo ofertado apenas para pessoas maiores de 18 anos [2]. O conteúdo físico abordado foi o tópico de estações do ano, tendo como ferramenta tecnológica a modelagem computacional, o que pode contribuir também na redução da evasão dos alunos, o que é muito comum neste nível de ensino, pois, fatores como a desmotivação e o abandono aos estudos geralmente estão relacionados às aulas tradicionais [3].

Diferentemente do ensino médio regular, o PROEJA é formado por alunos com realidades distintas se comparadas com os do ensino regular, pois, normalmente estão há certo tempo afastados do ambiente escolar. Existem especificidades que devem ser pensadas na prática pedagógica docente, relativas a esta modalidade de ensino [3]. Ao retornarem, fazendo a opção por cursar o ensino médio integrado ao ensino técnico, deve-se ter um olhar especial em relação às práticas desenvolvidas e aos conteúdos abordados, haja vista a elevada complexidade que há neste retorno às aulas.

Diante desses fatos, esta pesquisa desenvolveu também os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que forneceu o suporte teórico para analisar as possíveis contribuições da modelagem computacional que foi desenvolvida para o tema das estações do ano. Conforme Moreira [4] as estações correspondem a um fenômeno astronômico que, embora seja do cotidiano das pessoas, sua compreensão exige a integração de diferentes conceitos, entre eles, situar a Terra como corpo cósmico, como proposto por Nussbaum e Novak [5] e desenvolver um modelo para o sistema Sol-Terra [6].

A causa e a caracterização das estações são tópicos que no ensino regular causam muitas dificuldades de entendimento, o que não nos dá parâmetros comparativos com o PROEJA, haja vista a particularidade de cada público. Tais dificuldades normalmente ocorrem pela utilização de modelos equivocados, como o da distância [7]. De acordo Langhi [8] e Canalle [9] este modelo resulta num outro equívoco: a forma da trajetória exageradamente elíptica da Terra ao redor do Sol.

As pesquisas de Nussbaum [10], Barrabin [11] e Gonzatti [6] nos remetem ao pensamento que a Terra como corpo cósmico, é um conceito subsunçor que deve ser previamente abordado em

relação às nuances envolvidas ao se trabalhar a temática de estações do ano, já que a mesma deve ser considerada a partir da interação gravitacional entre Terra e Sol, admitindo-se então este fato, como alicerce fundamental para o aprendizado, não apenas das estações, mas também de outros fenômenos astronômicos. Tratar a Terra como corpo cósmico, significa abordá-la por meio de sua forma, seu campo gravitacional, seus movimentos e os fenômenos astronômicos decorrentes desses movimentos e da configuração do sistema Terra-Sol-Lua, como por exemplo, dias, noites, estações do ano, fases e eclipses lunares, ou seja, a sua interação com outros astros cósmicos [6].

Com base nestas informações referente a Terra como um corpo cósmico e por meio do *software Modellus*, como ferramenta tecnológica educacional, foi possível construir um modelo computacional com os alunos do PROEJA, a partir das equações da elipse, para visualizar um sistema composto pela Terra, Sol e a Lua, demonstrando o plano da órbita descrita pela Terra e as diferentes insolações em sua superfície, de acordo com a posição em que se encontra.

2. METODOLOGIA

Conforme Gil [12] a pesquisa constitui um procedimento coerente e organizado cuja finalidade é a obtenção de respostas aos problemas suscitados. Quando as informações relacionadas a um problema estão dispostas e caracterizadas de forma insuficiente em relação a uma resposta dada a um determinado problema, faz-se então a necessidade de se realizar uma pesquisa [12]. Para realizarmos esta pesquisa, em busca de possíveis respostas em relação ao ensino de Física por meio da modelagem computacional, utilizou-se o estudo de caso, haja vista sua caracterização permitir uma visão investigativa ampla, por meio de um estudo cujas nuances verificadas podem ser de um único, poucos ou vários objetos de estudo [13]. Em relação aos fins de investigação, nossa pesquisa está definida como intervencionista, já que a mesma se interpõe e interfere na realidade a ser estudada, a fim de que possamos modificá-lo durante todo o decorrer do processo [14].

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi escolhida uma turma do PROEJA Técnico em Informática, que se encontrava no segundo semestre de curso, com quarenta alunos regularmente matriculados, da Escola Estadual de Educação Tecnológica do Estado do Pará Prof. Francisco das Chagas Ribeiro de Azevedo – Cacaú (EEETPA), na cidade de Belém/PA.

A execução da intervenção ocorreu no segundo semestre letivo de 2014, ao fim do conteúdo de Mecânica na disciplina de Física, tendo a participação de trinta e nove alunos, com faixa etária entre dezoito e cinquenta e cinco anos. Os encontros foram semanais, com duração de quatro aulas cada um, no turno da noite, por um período de um mês e uma semana, perfazendo um total de cinco encontros.

O conjunto de atividades foi iniciado com a aplicação de um pré-questionário semiestruturado com questões abertas, durante o primeiro encontro, visando conferir e caracterizar as

concepções iniciais dos alunos. A partir dos resultados desta análise inicial e do levantamento bibliográfico realizado anteriormente, foram realizadas as atividades relativas à compreensão das estações do ano, conforme um atual modelo de ciência. Após a aplicação da sequência didática elaborada (Tabela 1), foi aplicado um pós-teste, com o objetivo de identificar possíveis avanços nas concepções dos conteúdos físicos pelos estudantes.

Tabela 1 - Previsão do conteúdo programático e da sequência didática elaborada

Aula 1	Aplicação do pré-teste para verificação dos conhecimentos prévios.
Aula 2	A Terra esférica, estudo da latitude e longitude, Lei da Gravitação Universal e campo gravitacional
Aula 3	Tópicos sobre modelagem computacional utilizando o <i>software Modellus</i> .
Aula 4	Dias, noites, movimento de revolução, rotação e as estações do ano, por meio do <i>software Modellus</i> .
Aula 5	Aplicação do pós-teste.

Fonte: Do autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pré-questionário semiestruturado, composto por sete questões abertas, trouxe questionamentos sobre a forma da Terra, gravidade, força gravitacional, trajetória no movimento de revolução da Terra e sua excentricidade e as estações do ano. As questões foram elaboradas com base em estudos já realizados, como Nussbaum [10] e Barrabin [11], disponíveis no meio científico referentes aos conhecimentos necessários de Terra enquanto corpo cósmico, conceito subsunçor necessário para se estudar as estações do ano [15].

Após a análise das respostas dos discentes, foi elaborado um gráfico (Figura 1), que indica o número de alunos que acertaram cada questão e a porcentagem que este número representa. A atribuição de coerente ou não cientificamente foi obtida em conformidade com o estudo realizado por Nascimento, Neide e Borragini [16]. As questões com maiores números de acertos foram as de número um e dois, com todas as respostas consideradas cientificamente adequadas. Estas questões abordavam o formato da Terra, campo e força gravitacional. Em contrapartida, as questões com menores números de respostas consideradas sem coerência cientificamente, foram as de números cinco e seis, que indagavam sobre a causa e caracterização das estações do ano e a forma da trajetória de revolução da Terra ao redor do Sol, com nenhuma resposta aceitável. Ficou ratificado o desconhecimento em relação à caracterização das estações conforme um atual modelo científico no ano no Brasil, especificamente na região norte (onde residem os alunos), ou de como defini-las nas diversas regiões do território brasileiro. A região norte do Brasil se encontra próxima da localização equatorial onde não há variações significativas na incidência da radiação solar ao longo do ano, havendo apenas a estação das secas e a estação das chuvas [17].

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

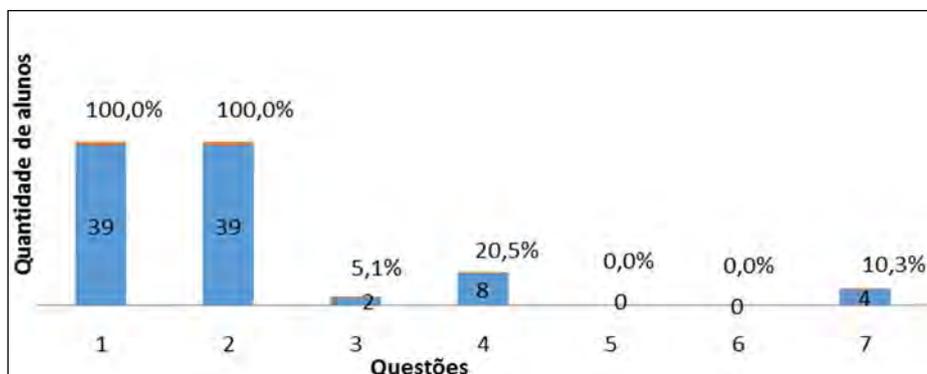


Figura 1 - Desempenho dos alunos no pré-questionário semiestruturado utilizado na intervenção pedagógica. Fonte: Do autor.

Em segundo lugar em número de erros ficou a questão três, que tratava de uma suposição de três situações de se largar uma pedra em túneis. A primeira é de um túnel vertical de um extremo a outro da Terra, passando pelo seu centro e na segunda, horizontal e na terceira, horizontal e oblíquo, esta última não atravessando o nosso planeta (Figura 2). Mesmo Embora a situação seja de realização impossível, é um interessante experimento conceitual que aborda de forma concomitante os conceitos relacionados à ação da gravidade e a descrição do movimento da pedra em cada etapa.

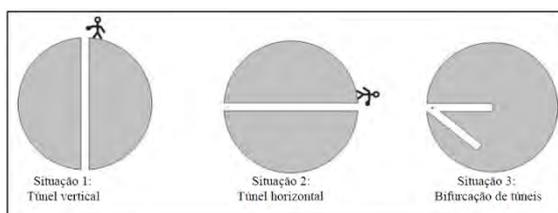


Figura 2 – Situações hipotéticas para o estudo de campo gravitacional. Fonte: Adaptada de Nussbaum e Novak [5].

Assim como em Gonzatti [6] a resposta esperada é que a pedra caísse em movimento acelerado até o centro da Terra, mas devido à alta velocidade que tem nesse ponto, apesar da gravidade nula, sobe até a outra extremidade do túnel em movimento retardado. Caso nada atrapalhasse o movimento da pedra, ela ficaria nessa ida e volta devido à atração gravitacional da Terra ser dirigida sempre para seu centro, independente da direção de abertura do túnel, o que caracterizaria um movimento harmônico simples.

Em terceiro lugar com o maior número de erros foi a questão sete em que propomos aos alunos a situação hipotética quanto à queda de dois objetos de mesma forma e tamanho, mas de materiais diferentes, o chumbo e o durepoxi (uma espécie de massa adesiva usada para juntar objetos diversos quebrados ou tapar alguns furos)¹. Do total da turma, apenas quatro alunos responderam de forma coerente com um atual modelo científico, em os corpos,

¹ Disponível em: <http://www.ensinandoeaprendendo.com.br/quimica/anel-epoxido-resina-epoxi-durepoxi/>. Acesso em 25 mai. 2015.

chegariam ao mesmo tempo no chão devido ao campo gravitacional terrestre e as características dos objetos. Em quarto lugar com o maior número de erros foi a questão quatro, com oito alunos respondendo de não coerente cientificamente. Os alunos responderam sobre as características individuais de cada estação do ano e também explicaram sobre a diferença de temperatura ao final do mês de julho em Porto Alegre/RS e em Belém/PA.

Assim como os resultados apresentados por Selles e Ferreira [17] os discentes que responderam a questão, apresentaram equívocos conceituais, como o verão sendo a estação das mais altas temperaturas, em que utilizamos roupas “leves”. O inverno se apresenta como a estação de temperaturas baixas e até a presença de neve, sendo necessário o uso de roupas “mais pesadas”. A primavera é a estação das flores, o outono é a estação das frutas. Em consonância com Nascimento, Neide e Borragini [16] os resultados indicam o desconhecimento dos conceitos subsunçores relacionados à Terra como um corpo cósmico, bem como a ausência em conhecimentos ou curiosidades sobre diferenças e variações climáticas tanto na própria região onde os alunos residem (Norte) em comparação com as diferentes regiões daquela onde vivem (Sul).

Após a aplicabilidade do pré-questionário, iniciamos as abordagens necessárias referentes aos conhecimentos prévios específicos para a temática de estações do ano, conforme descrito na Tabela 1, na segunda aula. É válido ressaltar que estes tópicos foram estudados por meio de atividades de modelagem computacional utilizando o *microsoft Excel* (Figura 3) e a exceção ocorreu com os tópicos de latitude e longitude, estudados por meio de um objeto de aprendizagem, chamado de Animações e Simulações de Astronomia², cuja imagem se encontra na primeira parte da Figura 4.

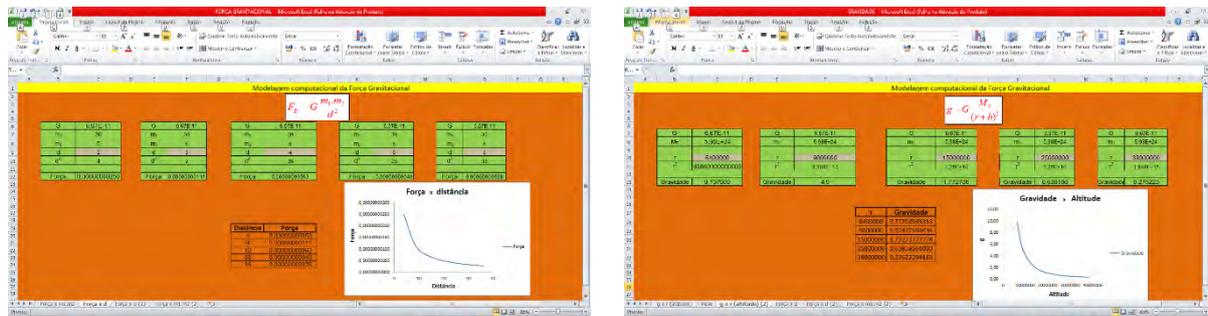


Figura 3 - Modelagem computacional em *Microsoft Excel* da força e campo gravitacional. Fonte: Do autor.

^{2 2} Disponível em: http://grupospupnik.com/Paginas_com_Flash/Animacoes.htm. Acesso em 22 nov. 2014

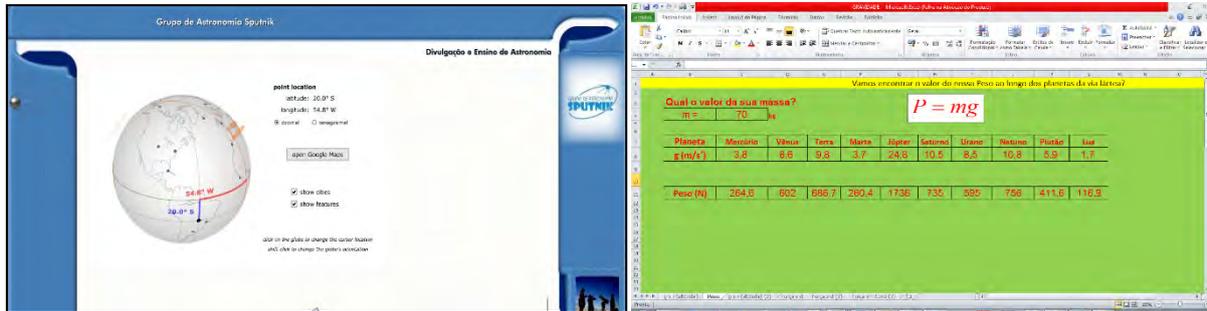


Figura 4 - Objeto de aprendizagem e atividade de modelagem *Microsoft Excel* da força peso. Fonte: Do autor.

A segunda aula correspondeu, conforme abordagem da Teoria da Aprendizagem Significativa, como organizador prévio, que pode ser uma aula que anteceda um conjunto de outras aulas, tendo como condição a anterioridade ao material de aprendizagem, sendo mais abrangente, mais geral e inclusivo do que o referido material a ser focado [18].

A terceira aula foi alicerçada na metodologia proposta por Nascimento [19] e Nascimento, Jacob Junior e Neide [15]. Os autores elaboram um roteiro e um algoritmo para o ensino de Física por meio do *software Modellus*, voltado para aulas de astronomia. Como a turma que ocorreu a intervenção pedagógica era do curso técnico de informática, este fato possivelmente refletiu no bom desempenho da maioria dos discentes na aula de modelagem computacional. Na quarta aula, utilizou-se o *software Modellus*, sendo fornecido aos alunos o algoritmo proposto por Nascimento [19] e, conforme orientação aos discentes, foi possível desenvolver a modelagem computacional (Figura 5) para o estudo dos demais tópicos e principalmente das estações do ano.

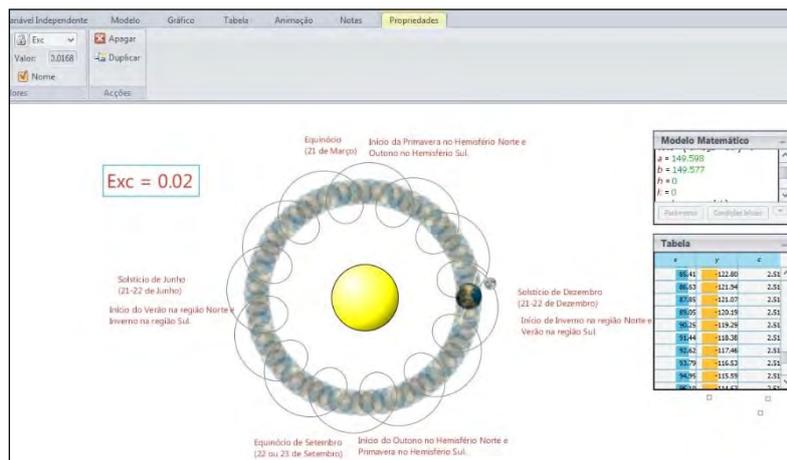


Figura 5 - A modelagem do sistema Sol-Terra-Lua. Fonte: Do autor.

Com o modelo computacional, foi possível também estudar diferentes excentricidades de trajetórias elípticas hipotéticas, sendo possível a conclusão pelos alunos que o círculo é um caso particular da elipse. Foram feitas as abordagens referentes a causa das estações e

também, dos equinócios e solstícios conforme um atual modelo científico. Na quinta e última aula realizamos a aplicabilidade do pós-teste com dez questões relacionadas à temática de Terra enquanto corpo cósmico e estações do ano, conforme o gráfico representado pela Figura 6.

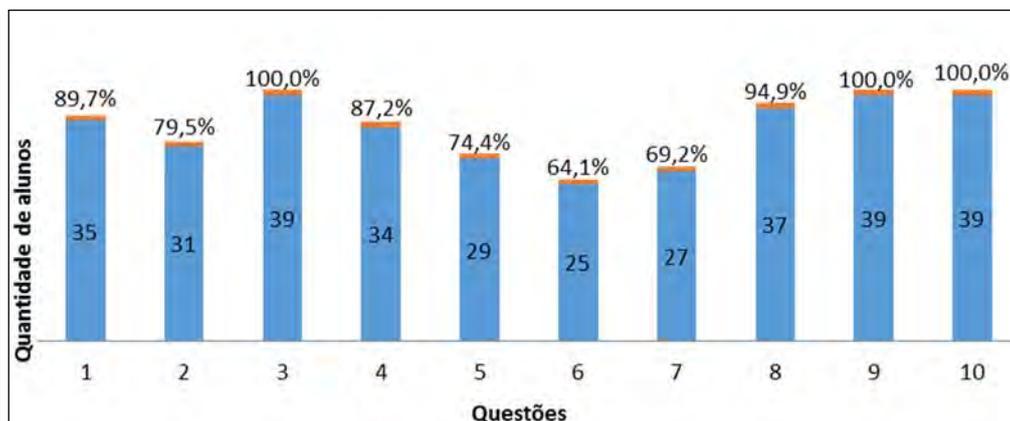


Figura 6 - Desempenho no pós-questionário utilizado na intervenção pedagógica. Fonte: Do autor.

A figura anterior representa um reflexo da evolução das respostas dos alunos desde o início da intervenção. As questões um e dez, investigaram sobre a trajetória do movimento de revolução da Terra e excentricidade desse movimento. Pois ao analisarmos o teste inicial, percebemos que os alunos tinham concepções equivocadas em relação ao formato da trajetória do movimento de translação realizado pela Terra ao redor do Sol. Havia um consenso que era elíptica pelos alunos, mas com um alto valor de achatamento (excentricidade), o que impactaria de forma divergente ao atual modelo científico Sol-Terra, cujo valor da excentricidade da referida órbita é de apenas 0,016, isto é, quase um círculo.

As questões dois, três, quatro, cinco, sete, oito e nove abordaram a caracterização das estações do ano, suas causas e as nuances relacionadas aos termos solstícios e equinócios. De acordo com os resultados apresentados na Figura 6, construído das argumentações dos alunos durante o pós-teste, podemos inferir que houve a percepção de indícios de aprendizagem significativa na temática de Terra como um corpo cósmico e principalmente, as estações do ano. É válido ressaltar que percebemos indícios de aprendizagem durante toda a intervenção pedagógica.

4. CONCLUSÃO

Por meio da pesquisa retratada neste artigo, acredita-se que o objetivo de verificar indícios de aprendizagem significativa por meio da modelagem computacional, aplicada ao estudo do conceito de Terra como um corpo cósmico e estações do ano, foi alcançado. Durante os processos de ensino e de aprendizagem, a modelagem computacional desempenhou um papel importante na possível expansão cognitiva dos alunos do PROEJA, pois foi possível criarem, explorarem e visualizarem as diversas possibilidades do modelo matemático relacionado com os fenômenos astronômicos estudados. Nesta lógica, a modelagem computacional, possivelmente, apresentou-se como ferramenta tecnológica educacional potencialmente

significativa para os indícios verificados da aprendizagem dos discentes. O desenvolvimento do modelo pelos alunos, além do estudo dos conceitos físicos, constituiu uma atividade fundamental para se obter uma integração entre o uso do computador e a modelagem matemática, promovendo assim uma sinergia entre o momento presente de evolução tecnológica com uma metodologia de ensino que transcende os padrões verificados em aulas tradicionais.

Acreditamos que a possibilidade de discutir e experimentar a forma da trajetória da Terra em torno do Sol, o significado de excentricidade (achatamento de uma elipse) e a implicação da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à normal ao plano da órbita Terra, enquanto eram visualizadas as características da órbita, foi um fator decisivo para a superação das concepções equivocadas sobre os fenômenos estudados e principalmente os das estações do ano. A modelagem desenvolvida possibilitou o estudo dos solstícios e o reconhecimento de que as estações verão e inverno, nas diversas regiões da Terra, não ocorrem devido ao fato de uma maior ou menor proximidade do nosso planeta em relação ao Sol, desconstruindo a concepção que os alunos possuíam de que as estações eram explicadas pelo modelo das distâncias. Em relação às estações primavera e outono, também foi possível uma discussão em suas caracterizações e a explanação dos equinócios. É possível inferir, ao menos parcialmente, que os alunos tenham superado a caracterização padronizada das quatro estações tão abordadas ainda nos livros na área de ciências, ou seja, apresentam características que não são observadas em todo o território brasileiro e, quando ocorrem, apresentam-se diferentes das formas apresentada em regiões de clima temperado.

REFERÊNCIAS

¹NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; NEIDE, Italo Gabriel. **O ensino de Física por meio da modelagem computacional: Um estudo em aulas de estações do ano usando o Software *Modellus***. Anais. IV Seminário institucional do Pibid. II simpósio nacional sobre docência na educação básica. I congresso internacional de ensino e aprendizagens. Editora Evangraf, 1ª edição, Porto Alegre, 2014. Disponível em <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/77/pdf_77.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2014.

²BRASIL. Ministério da Educação. **PROEJA** - Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. Educação Profissional Técnica de Nível Médio / Ensino Médio. Documento Base. MEC, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/proeja_fundamental_ok.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2013.

³PEREIRA, Josué Vidal. **O PROEJA no Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia: Um estudo sobre os fatores de acesso e permanência na escola**. Dissertação de Mestrado. Unb. Brasília, 2011.

⁴MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. I Encontro

Regional de Aprendizagem Significativa I ERAS NORTE. UEPA, Belém, 2013. Disponível em:

<http://paginas.uepa.br/erasnorte2013/images/sampled/figuras/aprend_%20signif_%20org_prev_mapas_conc_diagr_v_e_ueps.pdf>. Acesso em: 23 abr. de 2014.

⁵NUSSBAUM, Joseph; NOVAK, Joseph D. An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, v. 60, n. 4, p. 535-550, 1976.

⁶GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. **Um Curso Introdutório à Astronomia para a Formação Inicial de Professores de Ensino Fundamental, em nível médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

⁷GONZATTI, Sônia Elisa Marchi; SARAIVA, Maria De Fátima Oliveira; RICCI, Trieste Freire. **Um curso introdutório à astronomia para a formação inicial de professores de ensino fundamental, em nível médio**. Texto de Apoio. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

⁸LANGHI, Rodolfo. **Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional**. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p373/19323>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

⁹CANALLE, João Batista Garcia. Oficina de astronomia. *Rio de Janeiro: UERJ/Observatórios Virtuais. Disponível*, 2010. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf>>. Acesso em 28 mar. 2014.

¹⁰NUSSBAUM, J. **Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: a cross age study**. *Science Education*, New York, v. 63, n. 1. p. 83-93, Jan. 1979.

¹¹BARRABIN, M. J. **Porqué hay veranos e inviernos?** Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Ensenanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1995.

¹²GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

¹³GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

¹⁴VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

¹⁵NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do; JACOB JUNIOR, Antônio Fernando Lavareda; NEIDE, Italo Gabriel. **A utilização da tecnologia aplicada ao ensino de Física: a modelagem computacional das estações do ano por meio do software modellus**. III Workshop ciência, tecnologia e arte da amazônia universidade da amazônia – UNAMA, v. 1. p. 46-48, Belém, 2014. Disponível

em:<http://www.unama.br/wcta/images/publicacoes2014/wcta2014_04_resumo.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2014.

¹⁶NASCIMENTO, J. O. do; NEIDE, I. G., BORRAGINI, L. F. . **Modelagem Computacional com o Software Modellus: Estudando as Estação do Ano**. In: XV EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física., 2014, São Sebastião, Maresias, SP. Anais do XV EPEF, 2014. v. 1. p. 1-8.

¹⁷SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências**. Ciência & Educação, v.10, n.1, p.101-110, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n1/07.pdf>>. Acesso em 03 de março de 2014.

¹⁸MOREIRA, Marco Antônio. **O que é, afinal, aprendizagem significativa**. Material de apoio aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. UFMG, Cuiabá, MT, 2010. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2014.

¹⁹NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do. **A utilização da tecnologia aplicada ao ensino de física: A modelagem computacional das estações do ano por meio do software *Modellus***. Belém: UNAMA, 2014. 34 p. Monografia (Especialização) Programa de pós-graduação em desenvolvimento de sistemas baseado em software livre, Universidade da Amazônia, Belém, 2014.

ANÁLISE NUMÉRICA DA FORÇA DO PRENSA CHAPAS EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO DE ESTAMPAGEM PARA O AÇO DUPLEX UNS S32205

Juliana R. T. D. Sartori¹, Raoni B. de Oliveira¹, Marcelo S. de Carvalho¹; Fábio A. Lora¹ e Rodrigo S. Coelho¹

¹ SENAI CIMATEC, Instituto SENAI de Inovação em Conformação e União de Materiais, E-mails: juliana.sartori@fieb.com; raoni.oliveira@fieb.org.br; marcelo.carvalho@fieb.org.br; lora@fieb.org.br e rodrigo.coelho@fieb.org.br.

RESUMO

As excelentes propriedades mecânicas associadas à elevada resistência à corrosão dos aços inoxidáveis duplex resultam no seu crescente uso, principalmente dentro da indústria química e petroquímica. Um dos meios de manufatura de peças e componentes deste tipo de aço é a conformação de chapas. Durante o embutimento profundo, a fratura ou o enrugamento são os principais modos de falhas. Esses defeitos, por sua vez, podem ser evitados com a utilização da força do prensa-chapas (FPC) dentro dos limites apropriados para uma dada relação de estampagem (β). O presente trabalho tem como objetivo determinar o limite máximo da FPC em função de diferentes relações de estampagem para uma chapa de aço inoxidável duplex UNS S32205 com 1,2 mm de espessura. Para tal, foram realizadas simulações numéricas dos processos de embutimento profundo pelo Método dos Elementos Finitos (MEF). Através desta análise, foi possível encontrar a curva da FPC máxima ($FPC_{máx}$) em função de diferentes relações de estampagem (β) além de determinar o $\beta_{máx}=2,10$ para a chapa de aço inoxidável duplex UNS 32205.

Palavras-Chaves: *Embutimento profundo; aços inoxidáveis duplex UNS 32205; força do prensa-chapas; relação de estampagem; ensaio Swift.*

ABSTRACT

Excellent mechanical properties associated with high corrosion resistance of stainless steels result in its increased utilization, particularly in the chemical and petrochemical industry. One of manufacturing means of pieces and components of this type of steel is the sheet metal forming. During the deep-drawing process, fracture or wrinkling is the main modes of failure. Theses defects, in turn, can be avoided by using the blank-holder force (BHF) within the appropriate limits for a given drawing ratio (β). The present study aims to determine the maximum BHF in function of different drawing ratio for duplex stainless steel UNS S32205 sheet metal with thickness of 1,2 mm. To this end, numerical simulations, by Finite Element Methods (FEM), of deep drawing processes were performed. Through this analysis, it was possible to find the curve of maximum FPC versus different drawing ratios (β) as well as to determine $\beta_{max} = 2,10$ for duplex stainless steel UNS S32205 sheet metal.

Keywords: Deep-drawing; Stainless steel UNS S32205; Blank-holder force; Drawing ratio; Swift test.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis possuem em sua composição química, no mínimo, 12% de cromo, fato que confere um aumento da sua resistência à corrosão devida à formação de uma fina camada passivante de óxido mistos, principalmente de ferro e de cromo. Os aços inoxidáveis classificados como duplex (AID) tem, por sua vez, a microestrutura constituída por duas fases distintas e em frações volumétricas aproximadamente iguais: uma ferrítica e outra austenítica. Esses aços são caracterizados por uma combinação favorável das propriedades dos aços inoxidáveis ferríticos e austeníticos: têm elevada resistência mecânica, boa tenacidade, resistência à corrosão muito boa em diversos meios e excelente resistência à corrosão sob tensão e à fadiga [1].

Dentre os AID um dos mais conhecidos e aplicados é o UNS S32205 (conhecido também como UNS S31803 e SAF2205), correspondendo a mais de 80% da produção mundial desse tipo de aço. Devido a suas propriedades químicas e mecânicas, este é amplamente utilizado na fabricação de equipamentos *offshore* e nas indústrias de óleo e gás, papel e celulose, de processamento químico e de geração de energia [1].

Parte das aplicações do AID requer algum tipo de conformação mecânica a frio, a exemplo da estampagem. O seu alto limite de escoamento, cerca de 30 a 50% maior que aços carbonos e aços inoxidáveis ferríticos, possibilita uma redução da espessura da peça final, porém, com o consequente aumento da força mínima requerida para a conformação. A alta dureza e baixa ductilidade dos duplex (comparados com os inoxidáveis austeníticos), por sua vez, também devem ser levadas em consideração na sua conformação a frio [2].

Um processo muito utilizado industrialmente, o embutimento profundo (também denominado por estampagem profunda ou repuxo) consiste na fabricação de um produto cilíndrico ou cônico a partir de uma geratriz (*blank*) pela imposição de esforços de tração e compressão através de um ferramental rígido. Neste processo, a qualidade da peça fabricada é fortemente influenciada pela quantidade de material escoado para dentro da cavidade da matriz. Um escoamento insuficiente de metal pode vir a causar fratura assim como um escoamento excessivo tem a possibilidade de acarretar enrugamento. A escolha da força a ser empregada ao prensa-chapas (FPC) dentro dos limites adequados é uma medida efetiva para controle do fluxo de material durante o processo e, conseqüentemente, para evitar esses dois principais modos de falhas [3].

A relação de estampagem (β) é definida pela relação entre o diâmetro da geratriz (D) e o do copo estampado (d). O embutimento profundo somente pode ser realizado dentro de certos limites deste parâmetro, relação de estampagem máxima admissível ($\beta_{máx}$) [4].

O método experimental mais comumente utilizado para a determinação da Razão Limite de Estampagem (RLE), equivalente à $\beta_{m\acute{a}x}$, é o Ensaio Swift. Este ensaio tecnológico consiste na realização de sucessivos embutimentos com o aumento gradativo do diâmetro do *blank* (D) até que o processo finde na falha do material antes que a estampagem profunda seja completada [5].

Durante o projeto de uma peça estampada ou da análise de estampabilidade de um determinado material, a simulação numérica torna-se um poderoso instrumento. A utilização de softwares especializados na simulação de estampagem possibilita a otimização do ciclo de desenvolvimento do produto, pela redução de consumo de materiais, diminuição de tempo de projeto, previsão da forma final, redução de custos, previsão de falhas, ajuste adequados de parâmetros de processo e análise termomecânica da peça e do ferramental.

O presente trabalho utiliza a simulação numérica dos processos de embutimento profundo pelo Método dos Elementos Finitos (MEF) com o objetivo de se determinar, teoricamente, o limite máximo da FPC ($FPC_{m\acute{a}x}$) em função de diferentes relações de estampagem (β) para uma chapa de aço inoxidável duplex UNS S32205 com 1,2mm de espessura. Através dessa análise, foi possível encontrar a curva da $FPC_{m\acute{a}x}$ em função das relações de estampagem (β) além de determinar o $\beta_{m\acute{a}x}$ para a chapa de aço UNS 32205. Pretende-se que a curva obtida por simulação torne-se um instrumento orientativo satisfatório no planejamento de futuros experimentos para a verificação do comportamento à estampagem profunda do AID UNS S32205, viabilizando a redução do número de etapas experimentais necessárias para que se alcance o $FPC_{m\acute{a}x}$.

METODOLOGIA

Material

Foram utilizadas chapas com espessura igual a 1,2 mm de aço inoxidável duplex UNS S32205; fabricadas pela Aperam®. A sua composição química está mostrada na tabela 1. Tabela 10. Composição química do AID UNS 32205 [6]

UNS S32205	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Al (%)
	0.0187	1.8192	0.2577	0.0276	0.0002	22.4049	5.3047	3.0044	0.0038
	Cu (%)	Co (%)	V (%)	Nb (%)	Ti (%)	Sn (%)	W (%)	N2 (%)	
	0.1876	0.0725	0.0298	0.0118	0.0084	0.0030	0.0141	0.1531	

Ensaio de Tração e Anisotropia

Sabendo-se que as chapas metálicas são fabricadas através da laminação, o encruamento diferencial dos grãos de acordo com o sentido deste processo de fabricação acarreta em um diferencial de resistência mecânica conforme o sentido de sollicitação [7]. Esta característica é definida numericamente pelo índice de anisotropia (r), calculado de acordo com equação 1 [8].

$$r = \frac{\phi_b}{\phi_e} = \frac{\ln(b^0/b)}{\ln(Lb/L_0b_0)} \quad (1)$$

Os valores de ϕ_b e ϕ_e podem ser obtidos através do ensaio de anisotropia, sendo a deformação verdadeira na largura e na espessura, respectivamente, do corpo de prova. Uma vez que a medição da variação de espessura pode ocasionar erro, o índice de anisotropia é mais facilmente calculado em função do comprimento (L) e da largura (b).

Com o objetivo de se obter as propriedades mecânicas, o aço inoxidável duplex UNS S32205 foi submetido a ensaios de tração e de anisotropia, utilizando um equipamento da marca EMIC com capacidade de 30 toneladas. Para tal, foram confeccionados 24 corpos de prova conforme a norma ASTM E 8M [9] (dimensões expostas na figura 1); sendo parte com a maior dimensão a 0° em relação à direção de laminação da chapa; outros a 45° e outros a 90°.

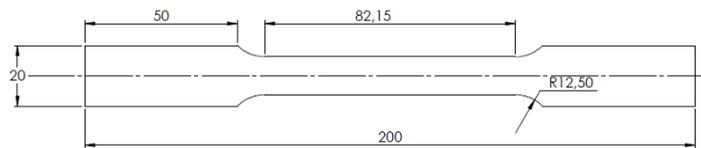


Figura 13. Dimensões dos corpos de prova utilizados nos ensaios de tração e de anisotropia (dimensões em milímetros). Fonte: Autores.

Durante os ensaios de tração, corpos de prova foram submetidos à força trativa axial à velocidade constante até que se alcançasse seu rompimento. Como resultado, a máquina fornece as forças (em Newton) aplicadas pela célula de carga em função do deslocamento medido pelo extensômetro (em milímetro), fundamentais para a construção da curva tensão versus deformação do material. Os ensaios de anisotropia, por sua vez, foram realizados de maneira semelhante aos de tração; sendo interrompidos quando os corpos de prova experimentaram um aumento de 17% do seu comprimento útil (dentro do limite de 15 a 20% exigido pela norma ASTM E517-00) [10], não havendo ruptura. Ao final, foram medidos os valores de comprimento e largura resultante, possibilitando o cálculo dos coeficientes de anisotropia.

Uma vez determinado o índice de anisotropia para cada direção de laminação (paralelo, perpendicular e transversal), pode-se avaliar a diferença no comportamento mecânico que o material pode apresentar no plano da chapa através do índice de anisotropia planar (Δr), calculado de acordo com a equação 2, e do coeficiente de anisotropia normal (R_{med}), calculado de acordo com a equação 3 [7].

$$\Delta r = \frac{r_0 - 2r_{45} + r_{90}}{2} \quad (2)$$

$$R_{med} = \frac{r_0 + 2r_{45} + r_{90}}{4} \quad (3)$$

Curva Limite de Conformação

A conformabilidade de uma chapa metálica pode ser caracterizada através da Curva Limite de

Conformação (CLC). Esta determina o limite das deformações que podem ser aplicadas a um material, uma vez que a região abaixo da curva é de conformação segura e acima dela indica ruptura, falha [6].

Para simplificar a determinação experimental e prática da CLC e poder utilizá-la mais facilmente, o North American Deep Drawing Research Group (NADDRG) sugeriu uma metodologia empírica: através da equação 4 encontra-se a máxima deformação limite de conformação (ϵ_{10}) correspondente à deformação plana (quando $\epsilon_2 = 0$), para uma chapa com espessura (t) menor que três milímetros e índice de encruamento (n) menor que 0,21. A CLC é então composta por duas curvas a partir do ϵ_{10} : uma à esquerda a 45° e a outra à direita a 20° [11].

$$\epsilon_{10}(\%) = (23,3 + 14,13 \cdot t) \cdot \frac{n}{0,21} \quad (4)$$

Esse método foi utilizado para a obtenção da CLC do AID UNS S32205, a qual foi utilizada como critério de falha na simulação do ensaio Swift.

Simulação Numérica

Para realização do presente trabalho foi utilizado o *software* comercial *Simufact.forming12.0*® para a simulação numérica, através do MEF, do ensaio Swift realizado em chapas de AID UNS S32205 (de acordo com a figura 2). Objetivou-se inicialmente definir os limites máximos da FPC em função de diferentes β assim como estabelecer a $\beta_{máx}$ deste material.

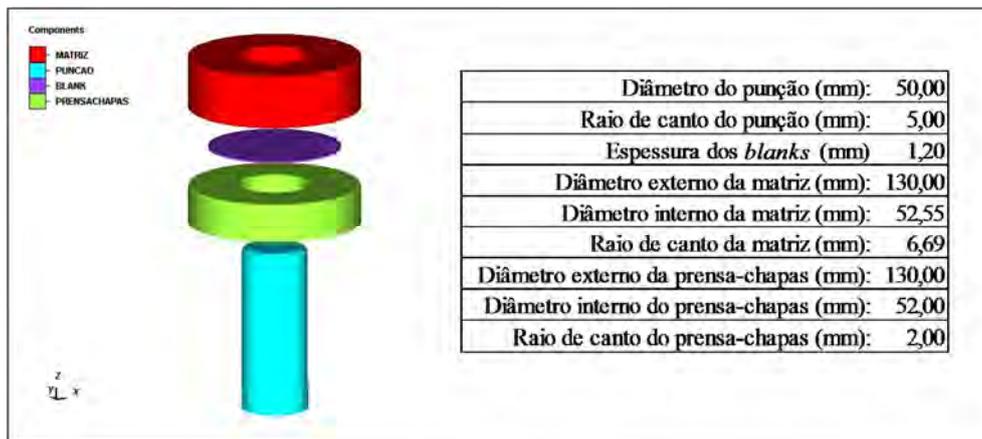


Figura 14. Conjunto de componentes para a simulação do ensaio Swift no *Simufact.forming*® com as suas respectivas dimensões. Fonte: Autores

Os diferentes *blanks* simulados têm diâmetros variando entre 90 mm e 120 mm (β de 1,8 a 2,4). A prensa hidráulica considerada tem velocidade constante igual a 8 mm/s provocando o deslocamento da matriz enquanto o prensa-chapas se mantém rígido exercendo a FPC (constante ao longo do processo). As malhas de elementos finitos geradas em todos os *blanks* foram do tipo *sheetmesh* com elementos *hexahedral* com tamanho médio de 2,5 mm. Já os atritos, tanto entre a matriz e o *blank* quanto entre o prensa-chapas e o *blank*, foram

configurados como obedecendo à lei de Coulomb com coeficiente de atrito (μ) constante e igual a 0,1.

Através dos dados obtidos pelos ensaios de tração e de anisotropia realizados, assim como pelos fornecidos pelo fabricante das chapas metálicas de AID UNS S32205 (a Aperam); foi possível utilizar na simulação numérica o modelo de anisotropia de Hill e a CLC como critério de falha.

Ao final de cada simulação foram obtidos os valores da FLP (*forming limit parameter*) para cada ponto da malha de elementos finitos; o qual é definido pela equação 5 [12].

$$FLP = \phi_1 / CLC(\phi_2) \quad (5)$$

Sendo a deformação máxima representada por ϕ_1 , a deformação mínima representada por ϕ_2 e a CLC (ϕ_2) definida pelo modelo de NADDRG, de acordo com as equação 6 e equação 7 [12].

$$CLC(\phi_2) = \varepsilon_{10} - 1 \cdot \phi_2 \quad (\phi_2 \geq 0) \quad (6)$$

$$CLC(\phi_2) = \varepsilon_{10} + 0,36 \cdot \phi_2 \quad (\phi_2 \leq 0) \quad (7)$$

Como pode ser observado na figura 3, as regiões de ruptura possuem FLP maior que um já as regiões seguras possuem FLP menor que a unidade.

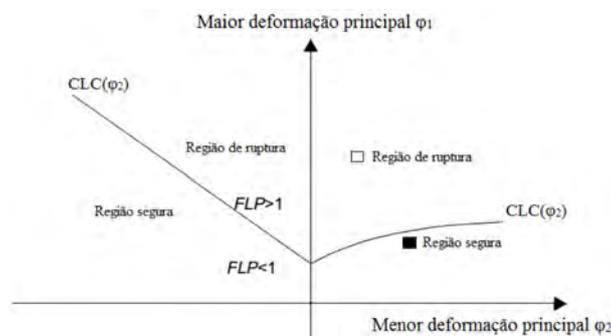


Figura 15. Valores do FLP representado na CLC, definindo-se as regiões seguras e as de ruptura de acordo com esse parâmetro [12].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de Tração e Anisotropia

Através dos ensaios de tração e anisotropia realizados assim como dos dados fornecidos pela Aperam (fabricante da chapa analisada) foi possível a obtenção das propriedades mecânicas do aço inoxidável duplex UNS 32205; apresentados na tabela 2.

Como resultado do ensaio de anisotropia tem-se os índices de anisotropia para os corpos de prova confeccionados a 0°, 45° e 90° da direção de laminação (r_0 , r_{45} e r_{90} respectivamente), além do índice de anisotropia planar (Δr) e do coeficiente de anisotropia normal (R_{med}).

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Tabela 2. Propriedades mecânica do AID UNS 32205. Fonte: Autores.

Módulo de elasticidade (GPa): 200,00	Alongamento (%): 0,30	Índice de anisotropia 0°: 0,27
Densidade (g/cm ³): 7,8	Encruamento: 0,13	Índice de anisotropia 45°: 1,16
Tensão de escoamento (MPa): 542,00	Coefficiente de resistência: 1032,00	Índice de anisotropia 90°: 0,59
Limite de resistência (MPa): 830,00	Coefficiente de anisotropia planar: -0,73	Coefficiente de anisotropia normal: 0,8

Conhecendo-se as propriedades mecânicas do AID UNS 32205, foi possível construir a sua CLC (exposta na figura 4); calculando-se o ε_{10} (%) pela equação 8 [11].

$$\varepsilon_{10} (\%) = (23,3 + 14,13 \cdot 1,2) \cdot 0,13/0,21 = 24,9 \quad (8)$$

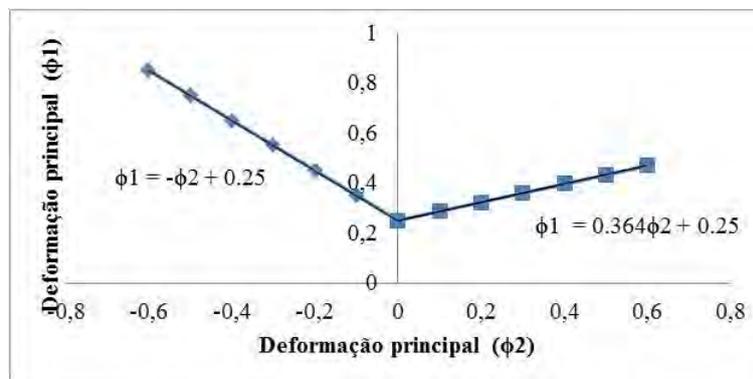


Figura 16. Curva Limite de Conformação encontrada para o AID UNS 3220. Fonte: Autores.

As propriedades expostas na tabela 2 e a CLC construída foram utilizadas para caracterização do AID UNS 32205 no *Simufact.forming12.0*[®]. Os resultados da simulação numérica do ensaio Swift deste aço estão apresentados na figura 5. Para cada relação de estampagem (β) estão expostos: o copo obtido aplicando-se a máxima FPC que não implique fratura (peça sadia, existente somente quando a β é menor que o $\beta_{máx}$) e o copo com a mínima FPC que acarrete falha do mesmo.

Os resultados são expressos em termo da FLP para os pontos da malha de elementos finitos gerada sobre a geratriz. Utiliza-se para uma melhor interpretação dos dados, uma escala de cor que varia de azul, FLP igual à zero, até vermelho, correspondente a uma FLP igual a um (indicando região de falha por ruptura). Na figura 5 está indicado, para cada caso, o valor da FLP máxima (FLP_{máx}) apresentada após a simulação.

As indicações das simulações para os locais de fratura dos copos que atingiram FLP igual a um encontram-se dentro do esperado, de acordo com o estado de deformação já conhecido atuantes em um corpo submetido ao embutimento.

O gráfico da figura 6 reflete os resultados obtidos através de diversas simulações numéricas considerando-se diferentes FPC para β variando de 1,80 a 2,40. Os pontos vermelhos indicam que naquela simulação a FLP atingiu o valor igual a um, ou seja, houve falha por ruptura da

peça; já os pontos azuis indicam a obtenção de peças sem fratura e os pontos verdes indicam a máxima FPC admissível para β menores que $\beta_{m\acute{a}x}$.

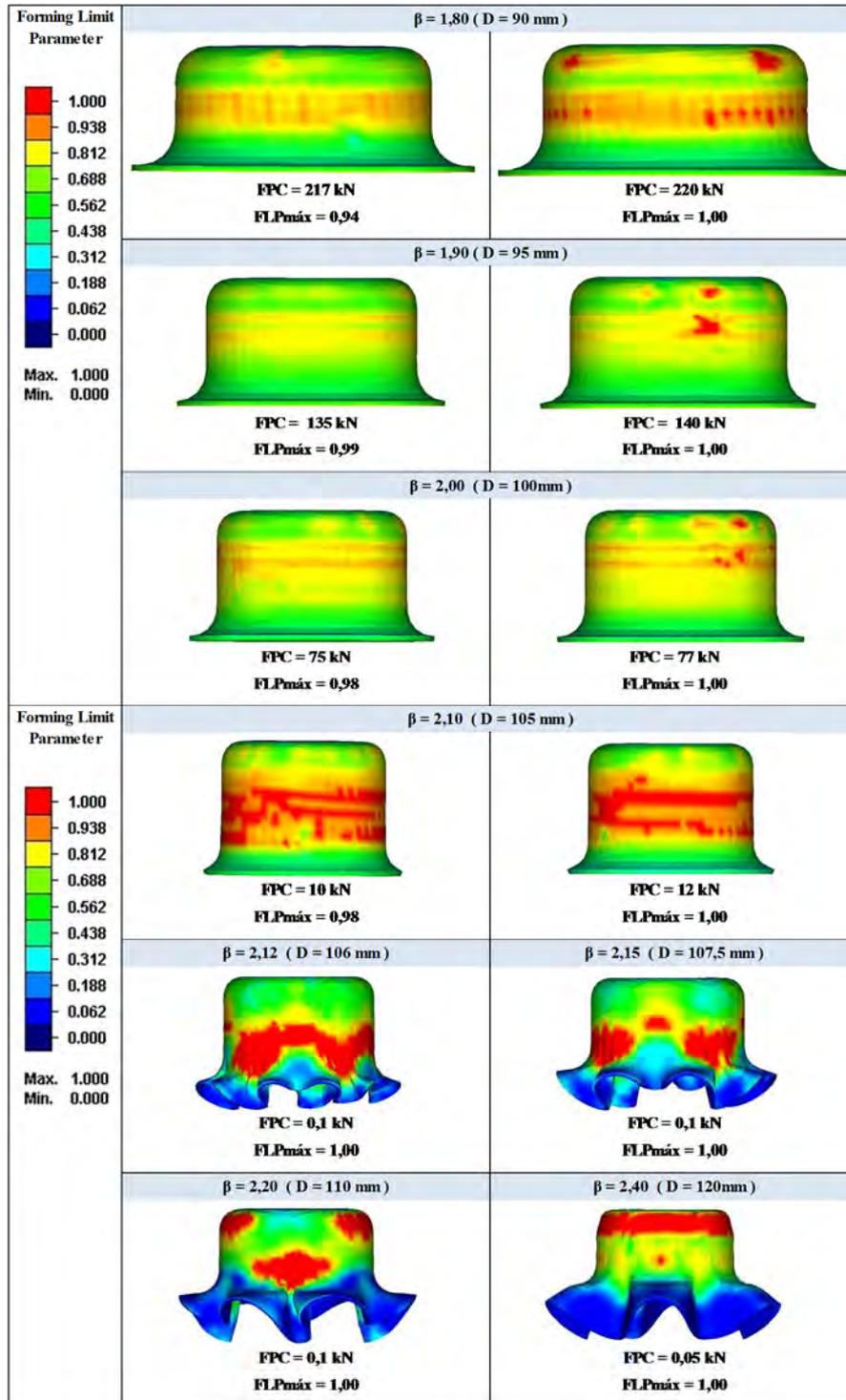


Figura 5. Resultados da simulação numérica do ensaio Swift para o AID UNS 32205. Fonte: Autores

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Através dos dados obtidos do *Simufact.forming12.0*® pôde-se analisar o comportamento do AID UNS 32205 durante a sua estampagem profunda. Percebe-se que a partir do β igual a 2,10, independentemente da FPC empregado sempre resultará na falha da peça final (tanto por fratura quanto por enrugamento), indicando que este é o limite máximo de estampagem ($\beta_{m\acute{a}x}$) para este aço. Uma vez que o coeficiente de anisotropia do AID UNS 32205 simulado é pequeno (menor que 1,0), o $\beta_{m\acute{a}x}$ encontrado é coerente com o esperado, menor que 2,5.

Já para as relações de estampagem menores que 2,10; por meio das diversas simulações realizadas, foi possível determinar a linha de tendência polinomial do segundo grau para a $FPC_{m\acute{a}x}$ (equação 9) com R-quadrado igual a 0,9984.

$$FPC_{m\acute{a}x} = 425\beta^2 - 2338,5\beta + 3047,9 \quad (9)$$

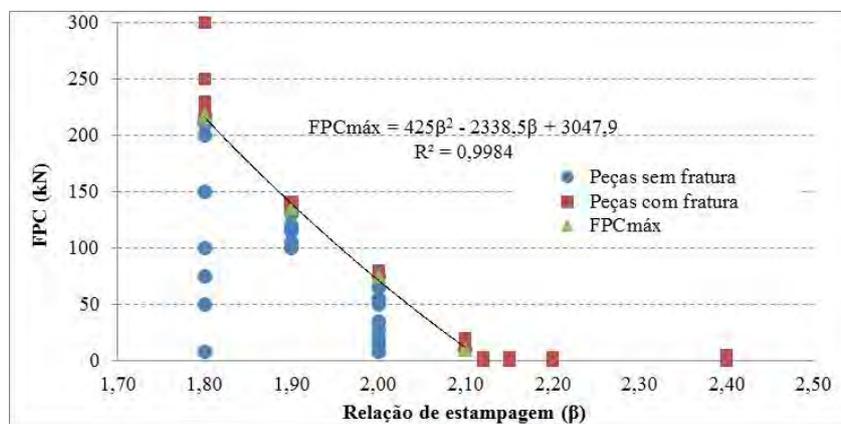


Figura 6. Gráfico FPC em função de diferentes β para o AID UNS 32205.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizadas simulações numéricas do ensaio Swift do aço inoxidável duplex UNS 32205 com a finalidade de analisar a sua estampabilidade. Inicialmente foram feitos ensaios de tração e anisotropia como maneira de caracterização deste aço; com o objetivo de conferir maior confiabilidade aos dados de entrada no software *Simufact.forming12.0*®, principalmente a CLC teórica determinada pelo método NADDRG. Foi possível então chegar às seguintes conclusões:

De acordo com as diversas simulações de embutimento determinou-se que a relação máxima de estampagem admissível ($\beta_{m\acute{a}x}$) para uma chapa de AID UNS 32205 com espessura de 1,2 mm é igual a 2,10; uma vez que as simulações para relações de estampagem maiores ou iguais a 2,12 mostram claramente que o repuxo acarretará tanto em ruptura quanto em enrugamento da geratriz.

Para cada relação de estampagem (β) (de 1,80 até 2,10) determinou-se o limite máximo da força do prensa-chapas ($FPC_{m\acute{a}x}$) que não acarretasse a falha durante o embutimento do AID UNS 32205. Sendo possível ainda encontrar uma linha de tendência polinomial do segundo grau para tal relação de acordo com a equação 9.

Para a realização de um estudo completo da estampabilidade do AID UNS 32205 são desejáveis: A execução experimental do ensaio Swift para confirmação dos resultados aqui obtidos com a simulação numérica. Além da determinação da curva de FPC mínima para os valores de β entre 1,80 até 2,10; que garantam o não enrugamento da peça final.

Na percepção dos autores, a curva da figura 6 (FPC_{máx} versus β para o AID UNS 32205), obtidas por simulação numérica através do MEF, é um instrumento adequado na orientação do planejamento para a realização da etapa experimental para conferência de resultados. Uma vez que aumenta a probabilidade de redução do número de experimentos necessários assim como a previsão da peça final e dos possíveis modos de falha.

5. REFERÊNCIAS

¹SILVA, André Luiz V. da Costa; MEI, Paulo Roberto. Aços e Ligas Especiais. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, **2006**. 646p.

²Practical guidelines for the fabrication of duplex stainless steels. International Molybdenum Association, **2009**.

³SHENG, Z. Q.; JIRATHEARANAT, S.; ALTAN, T. Adaptive FEM simulation for prediction of variable blank holder force in conical cup drawing. International Journal of Machine Tools and Manufacture, v. 44, n. 5, p. 487-494, 2004.

⁴SCHAEFFER, LIRIO. Fundamentos do projeto de ferramentas para o processo de estampagem. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 39-44, 2006.

⁵VERMA, Rahul K.; CHANDRA, Sanjay. An improved model for predicting limiting drawing ratio. Journal of materials processing technology, v. 172, n. 2, p. 218-224, **2006**.

⁶ALCANTARA, Claudio Moreira. Amostras para estudo 2205 [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <juliana.sartori@fieb.org.br> em 23 set. 2014.

⁷LORA, Fabio Andre. Avaliação do processo de estampagem profunda de chapas de aço BH 180 e BH 220 utilizado na indústria automobilística. 2009.

⁸SCHAEFFER, Lirio. Conformação de Chapas Metálicas. Porto Alegre/RS: Imprensa Livre. 200 pg. **2004**.

⁹AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E8M: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. West Conshohocken: ASTM, 2011.

¹⁰AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E517-00: Standard Test Methods for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal, Pennsylvania, 2010.

¹¹SLOTA, J. SPISAK, E. Comparison of the forming-limit diagram (FLD) models for drawing quality (DQ) steel sheets. Metalurgija, v.44, n.4, p.249-253, **2005**.

V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

¹²MSC SOFTWARE CORPORATION. Marc Volume A: Theory and User Information, 2013.

ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS CLIMATOLÓGICOS DE FEIRA DE SANTANA-BA: UMA ABORDAGEM COM MÉTODOS DA MECÂNICA ESTATÍSTICA

Andrea de Almeida Brito^{1,3}, Aloísio Machado da Silva Filho², Arleys Pereira Nunes de Castro¹, Gilney Figueira Zebende^{1,2}

Faculdade de Tecnologia Industrial SENAI CIMATEC¹
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS²
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA³

E-mails: britodea@gmail.com, aloisioestatistico@yahoo.com.br, arleys.castro@gmail.com,
gfzebende@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze the temporal dynamics of climate data (temperature and relative humidity) of Feira de Santana (BA). In order to attempt this objective *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA, *Detrended cross-correlation analysis* – DCCA and DCCA cross-correlation coefficient. The results identified persistent behavior with DFA and DCCA, and the DCCA cross-correlation coefficient show negative cross-correlation for all time scales.

Keywords: Climatological data; Time series; Cross-correlation.

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar a dinâmica temporal de dados climatológicos (temperatura e umidade relativa do ar) do município Feira de Santana-BA de 27 de maio de 2007 a 30 setembro de 2010. A fim de cumprir tal objetivo, foram utilizados métodos conhecidos na literatura como métodos da mecânica estatística: *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA o *Detrended cross-correlation analysis* – DCCA o e coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} . Os resultados da presente pesquisa identificaram comportamento persistente com o método DFA e com o método DCCA e o coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} constatarem correlação cruzada negativa entre a temperatura média em °C e umidade relativa do ar média (%) para todas as escalas de tempo.

Palavras-chaves: Dados climatológicos; Série temporal; Correlação cruzada.

1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o homem se interessa por fenômenos climatológicos e atualmente com a dinâmica da sociedade que vivemos torna-se necessário um monitoramento contínuo de tais fenômenos. Quando os meios de comunicação informam as condições climáticas de uma região é informada geralmente a temperatura e umidade relativa do ar. A umidade relativa do ar de uma determinada região geográfica é uma variável que interfere diretamente nas condições de vida de seus moradores. Um decréscimo excessivo na taxa de umidade do ar pode proporcionar problemas de desidratação, sangramento nasal, dificuldade ao respirar, etc. E altas taxas de umidade relativa do ar podem gerar proliferação de fungos, tonturas entre outros problemas de saúde. A variação ou comportamento da umidade relativa do ar depende de diversos fatores, tais como cobertura vegetal, quantidade de edificações, proximidade de mares, lagos e rios.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a dinâmica temporal de dados climatológicos (temperatura e umidade relativa do ar) de Feira de Santana-BA de 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010. E para atender tal objetivo serão modelados métodos conhecidos na literatura como métodos da mecânica estatística: *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA [1] o *Detrended cross-correlation analysis* – DCCA [2] o e coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} [3].

O município de Feira de Santana trata-se de um município brasileiro do Estado da Bahia situado a 108 quilômetros de sua capital, Salvador, o qual se liga por meio da BR 324. Possui uma área de 1338,1 km² e uma população estimada, para o ano de 2014, de 612.000 habitantes. E segundo [4], Feira de Santana destaca-se pelo seu potencial de comércio e indústria. E de acordo com o mesmo autor a cidade tem também como característica um aumento significativo de prédios de grande e médio porte no centro e bairros adjacentes. Em relação à característica climática, Feira de Santana é uma cidade localizada em uma área de transição entre o clima úmido do litoral e a região seca do semi-árido [4].

Para contemplar o objetivo desta pesquisa, a próxima seção aborda os procedimentos metodológicos dos métodos quantitativos do universo da pesquisa. A terceira seção apresenta os resultados e discussões, e por fim, na quarta são apresentadas as conclusões.

2. METODOLOGIA

2.1 Método DFA – Autocorrelação

O método *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA idealizado por [1], pode ser modelado quando o interesse do pesquisador é mensurar e identificar autocorrelação (correlação do sinal com ele mesmo) de longo alcance em séries temporais em regime não estacionários. O DFA ou análise das flutuações sem tendência tem aplicação em diversas áreas do conhecimento tais como, em séries financeiras [5], biologia [6], em séries econômicas [7] entre outras.

A modelagem do DFA considera os seguintes passos [1]:

Passo 1 – Determina-se o desvio de cada ponto da série temporal em relação à sua média. Desta maneira, integrando o sinal u_i (série original) e obtendo-se a série integrada $y(k)$ por meio da seguinte expressão:

$$y(k) = \sum_{i=1}^k u_i - \langle u \rangle; k = 1, 2 \dots N.$$

em que $\langle u \rangle$ representa o valor médio de u_i e N o total de pontos da série temporal.

Passo 2 – Em seguida a série integrada $y(k)$ é dividida em intervalos de igual tamanho n não sobrepostos. E para cada intervalo de tamanho n , é ajustado um polinômio de grau maior ou igual a 1 a $y(n)$, denotado por $y_n(k)$.

Passo 3 – Em seguida a série integrada $y(k)$ é subtraída de $y_n(k)$ em cada intervalo de tamanho n . Com base na seguinte expressão:

$$F_{DFA}(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2}$$

e o cálculo anterior é repetido sistematicamente para diferentes amplitudes de tamanho n $\left(4 \leq n \leq \frac{N}{4}\right)$.

Passo 4 – Verificar se $F_{DFA}(n)$ tem comportamento do tipo $F_{DFA}(n) \sim n^\alpha$. Neste caso α denota o expoente de correlação de longo alcance.

Para séries temporais descorrelacionadas espera-se $\alpha = 0,50$, caso típico de séries aleatórias. Se $\alpha > 0,50$ pode inferir que a série apresenta comportamento persistente de longo alcance e para o caso em que $\alpha < 0,50$, espera-se um comportamento antipersistente. Com o expoente obtido com a modelagem do DFA, é possível avaliar em que medida a tendência observada na série temporal passada implica em manutenção do comportamento no futuro, podendo associar o resultado a um efeito de longa duração ou não na série temporal [8].

2.2 Método DCCA – Correlação cruzada

Existem situações em que o resultado de determinada série sofre interferência não somente dela mesma, mas também de outras séries, é nesse contexto que a análise da correlação cruzada é relevante [9]. O método *Detrended Cross-Correlation Analysis* – DCCA modelado por [2], é método estatístico capaz de estimar o expoente que caracteriza a correlação de longo alcance entre duas séries temporais, em regime não estacionário. O DCCA tem sido modelado em diversas áreas do conhecimento, com um número significativo de aplicações na área financeira e econômica. Uma das peculiaridades do método DCCA em relação a outros métodos de detecção de correlação cruzadas, é o fato deste ser capaz de retirar as tendências polinomiais que podem mascarar as verdadeiras correlações cruzadas [10]. De posse de duas

séries temporais $\{y_i\}$ e $\{y'_i\}$ com o mesmo número de observações N , para modelar o DCCA, devemos seguir os seguintes passos [2]:

Passo 1 – Integram-se as duas séries $\{y_i\}$ e $\{y'_i\}$ por meio das seguintes expressões:

$$R_k = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n$$

$$R'_k = y'_1 + y'_2 + y'_3 + \dots + y'_n$$

em que $k = 1, 2, 3, \dots, N$.

Passo 2 – Divide-se os sinais integrados R_k e R'_k em $(N - n)$ amplitude (com reposição) de tamanho n , cada um contendo $n+1$ valores. Para as duas séries temporais, em cada amplitude (que inicia em i e termina em $i+n$ calculamos as tendências em cada amplitude, isto é, $\tilde{R}_{k,i}$ e $\tilde{R}'_{k,i}$ ($i \leq k \leq i+n$) como sendo a ordenada do ajuste linear (Processo dos mínimos quadrados) da série somada ou integrada.

Passo 3 – Divide-se por meio do cálculo anterior a covariância dos resíduos em cada intervalo, ou seja,

$$f_{DCCA}^2(n, i) = \frac{1}{n+1} \sum_i^{i+n} (R_k - \tilde{R}_{k,i})(R'_k - \tilde{R}'_{k,i})$$

Passo 4 – Calcula-se a função de correlação (*Detrended covariance*) expressa como:

$$F_{DCCA}^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} f_{DCCA}^2(n, i)$$

Aplicando o procedimento supracitado em uma série temporal o DCCA será uma generalização do DFA [2]. Sendo assim, os procedimentos descritos anteriormente forem repetidos para diferentes tamanhos de n sistematicamente, é possível verificar a existência ou não de uma lei de potência:

$$F_{DCCA} \sim n^\lambda$$

em que λ denota o expoente de correlação cruzada. Na próxima seção, será apresentado o coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} , um coeficiente capaz de quantificar o nível de correlação cruzada em duas séries temporais, em regime não estacionário.

2.3 Coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA}

O coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} , modelado por [3], é um coeficiente que se destina a quantificação do nível de correlação cruzada, tendo como base o DFA e o DCCA. Segundo [3], o expoente obtido por meio do DCCA quantifica a correlação cruzada como lei de potência, mas não quantifica o nível da correlação cruzada.

O ρ_{DCC} destina-se à estimação do coeficiente de correlação cruzada em diferentes escalas de tamanho n , cujo coeficiente possui campo de variação limitado entre -1 a 1 como outros coeficientes de correlação cruzada. Desta maneira, -1 denota anticorrelação perfeita e 1 a correlação perfeita. Por outro lado, o $\rho_{DCCA} = 0$ significa que não existe correlação cruzada entre os sinais. O campo de variação supracitado foi provado por [9], tendo como método de comprovação a *Desigualdade de Cauchy*.

O coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} é definido como a relação entre a função de covariância sem tendência F_{DCCA}^2 e a função de variância sem tendência F_{DFA} , que pode ser denotado pela seguinte expressão [3], [11], [12] e [13]:

$$\rho_{DCCA}(n) = \frac{F_{DCCA}^2(n)}{F_{DFA1(n)}F_{DFA2(n)}}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa foi desenvolvida com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET da estação meteorológica automática de Feira de Santana (Alt. 231m; Lat. 12° 15' S; Lon. 38° 58' O). Os dados correspondem a 1.193 observações com duas variáveis, referentes ao período de 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010. Estes dados referem-se à temperatura em °C e a umidade relativa do ar (%), ambas registradas diariamente a cada hora do dia (Tabela 1).

Com o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis objetos de estudo, calculamos algumas medidas descritivas (Tabela 1 e Tabela 2), considerando os registros diários a cada hora do dia. Após a análise descritiva, foi constatado comportamento semelhante nas variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Em ambas variáveis, foi identificado comportamento assimétrico negativo na maioria das horas do dia o que indica concentração de observações acima da média. E, além disso, variabilidade relativa moderada ($8\% < CV < 30\%$) (Tabela 1 e Tabela 2). Por meio do excesso de curtose constatamos resultados adversos. Para a variável temperatura o coeficiente de curtose ou excesso de curtose identificou curva platicúrtica ($Curt < 0$) (Tabela 1). Já para a umidade relativa do ar a curtose oscilou em curva platicúrtica ($Curt < 0$) e leptocúrtica ($Curt > 0$) (Tabela 2).

Tabela 1 – Análise descritiva da variável temperatura (°C) do município Feira de Santana-BA, 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010.

Hora	Média (°C)	DP (°C)	CV (%)	AS	Curt
00:00	22,7	2,0	9,0	-0,1	-0,9
01:00	22,2	2,0	8,8	-0,2	-0,8
02:00	21,8	1,9	8,9	-0,2	-0,7
03:00	21,5	2,0	9,1	-0,3	-0,5
04:00	21,3	2,0	9,3	-0,3	-0,5

V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

05:00	21,1	2,0	9,5	-0,4	-0,5
06:00	21,0	2,0	9,6	-0,4	-0,4
07:00	20,8	2,0	9,7	-0,4	-0,3
08:00	20,7	2,0	9,8	-0,4	-0,2
09:00	21,0	2,1	10,0	-0,5	-0,2
10:00	22,5	2,2	9,6	-0,3	-1,0
11:00	24,0	2,3	9,5	-0,3	-1,0
12:00	25,4	2,4	9,6	-0,3	-0,9
13:00	26,6	2,6	9,9	-0,2	-0,8
14:00	27,6	2,9	10,5	-0,2	-0,9
15:00	28,3	3,2	11,2	-0,2	-0,9
16:00	28,7	3,4	12,0	-0,2	-1,0
17:00	28,8	3,7	12,7	-0,1	-1,0
18:00	28,5	3,7	12,9	0,0	-1,0
19:00	27,7	3,6	12,9	0,1	-0,9
20:00	26,5	3,2	12,1	0,2	-0,9
21:00	25,0	2,8	11,0	0,2	-1,0
22:00	24,1	2,4	10,0	0,1	-1,0
23:00	23,3	2,2	9,3	0,1	-0,9

Fonte: INMET. **Notas:** 1 - DP= Desvio padrão; CV=Coefficiente de variação; AS= Assimetria; Curt= Excesso de Curtose. 2 – Tanto a assimetria quanto a curtose foram definidas a partir dos momentos centrados na média.

Tabela 2 – Análise descritiva da variável umidade relativa do ar (%) do município Feira de Santana-BA, 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010.

Hora	Média (%)	DP (%)	CV (%)	AS	Curt
00:00	84,7	7,1	8,4	-0,6	-0,5
01:00	87,3	5,7	6,5	-0,7	-0,2
02:00	89,2	4,7	5,3	-0,8	0,1
03:00	90,6	4,2	4,6	-0,9	0,6
04:00	91,5	3,8	4,2	-1,0	0,8
05:00	92,2	3,6	3,9	-1,1	1,1
06:00	92,7	3,5	3,7	-1,3	2,0
07:00	93,1	3,3	3,5	-1,5	2,8
08:00	93,4	3,1	3,3	-1,6	3,6
09:00	93,2	3,7	4,0	-1,7	3,1
10:00	88,6	7,1	8,0	-0,6	-0,6
11:00	80,6	10,1	12,5	-0,2	-0,9
12:00	72,4	11,9	16,5	0,0	-0,9
13:00	65,5	13,1	20,0	0,2	-0,7
14:00	60,6	14,2	23,5	0,3	-0,6
15:00	57,5	15,5	27,0	0,4	-0,5
16:00	55,8	16,3	29,3	0,4	-0,6
17:00	55,5	16,9	30,4	0,4	-0,7
18:00	57,0	16,6	29,1	0,3	-0,7
19:00	60,6	16,1	26,5	0,1	-0,7
20:00	66,3	14,1	21,3	0,0	-0,7
21:00	72,8	12,2	16,8	-0,2	-0,9
22:00	77,5	10,7	13,8	-0,3	-0,9
23:00	81,4	8,9	11,0	-0,5	-0,8

Fonte: INMET. **Notas:** 1 - DP= Desvio padrão; CV=Coefficiente de variação; AS= Assimetria; Curt= Excesso de Curtose. 2 – Tanto a assimetria quanto a curtose foram definidas a partir dos momentos centrados na média.

Para um melhor entendimento das flutuações das séries, representamos graficamente a média diária, considerando o comportamento a cada hora do dia, com seus respectivos histogramas (Figura 1). Por meio da figura 1, é possível identificar comportamento não estacionário nas variáveis da presente pesquisa e uma relação inversa entre elas, ou seja, quando existe um pico na variável temperatura ocorre um sulco na umidade relativa do ar e tal comportamento será mensurado, a seguir, com o coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} .

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

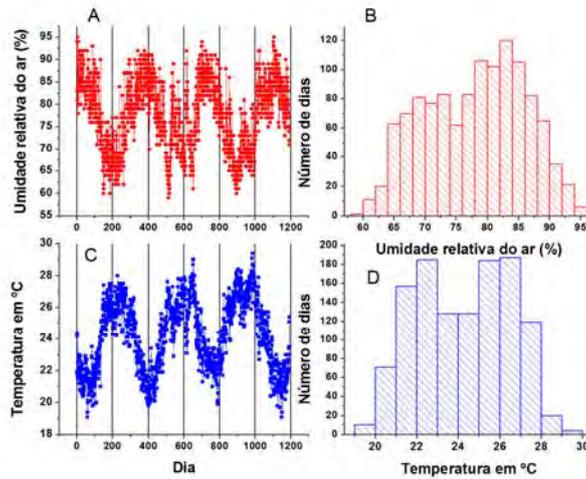


Figura 1 – Média diária da temperatura em °C e da umidade relativa do ar (%) do município Feira de Santana-BA, de 27 de maio de 2007 a 30 setembro de 2010. A – Umidade relativa diária do ar (%). B – Histograma da umidade relativa do ar (%). C – Temperatura média diária em °C. D – Histograma da temperatura em °C. Nota: Para o cálculo da média diária foram consideradas as informações a cada hora do dia. **Fonte:** INMET.

Para atender ao objetivo deste artigo, modelamos o DFA, DCCA e o coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} nas séries temporais da temperatura média diária em °C e da umidade relativa média diária (%) do município de Feira de Santana-BA de 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010 (Figura 2).

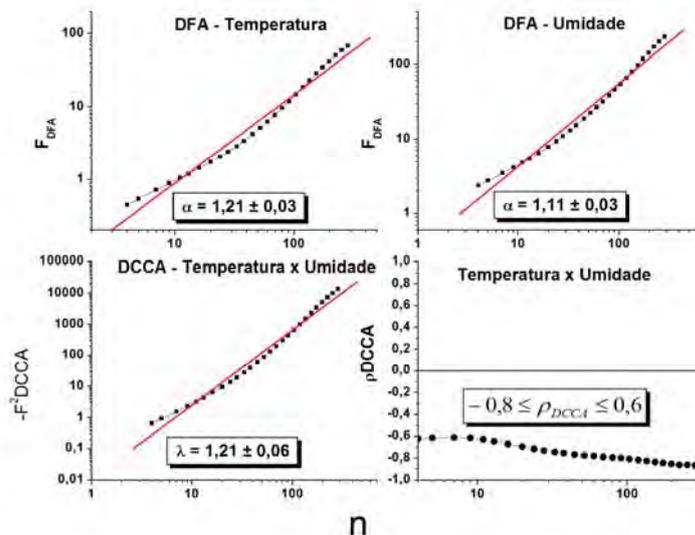


Figura 2 – Autocorrelação (DFA), correlação cruzada (DCCA) e coeficiente de correlação cruzada sem tendência nas séries temporais da temperatura média diária em °C e umidade relativa do ar média diária (%) do município de Feira de Santana-BA de 27 de maio de 2007 a

30 de setembro de 2010. Ajuste com $R^2 \geq 0,99$ e p-valor $< 0,001$. Nota: Segundo [2], quando a função de covariância sem tendência apresentar valores negativos podemos admitir $-F^2_{DCCA}$ para o cálculo do expoente de correlação cruzada.

O DFA identificou comportamento persistente e não estacionário nas séries objeto de estudo ($\alpha > 1$) (Figura 2). Sendo assim, caso exista uma tendência de crescimento ou decrescimento nas flutuações de tais variáveis esse comportamento tende a continuar ocorrendo em longo prazo.

A modelagem via DCCA identificou correlação cruzada negativa para todas as escalas temporais (Figura 2). Como o DCCA quantifica a correlação cruzada enquanto lei de potência e não mensura o nível da correlação cruzada, definimos também a correlação cruzada com o coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} (Figura 2). E tal modelagem, como era esperado, constatou correlação cruzada negativa para todas as escalas de tempo n . E este resultado nos permite afirmar que existindo um aumento ou redução na temperatura existirá um aumento ou redução na umidade relativa do ar.

Realizamos o estudo da correlação cruzada considerando o comportamento das séries a cada hora do dia (Figura 3), com o objetivo de entender melhor a correlação entre as séries. A modelagem do ρ_{DCCA} considerando a informação a cada hora do dia identificou correlação cruzada negativa para todas as escalas temporais. Porém, tal resultado a depender da hora e escala temporal (n) em questão, apresentou valores diversos da análise com a média diária encontrada na figura 2.

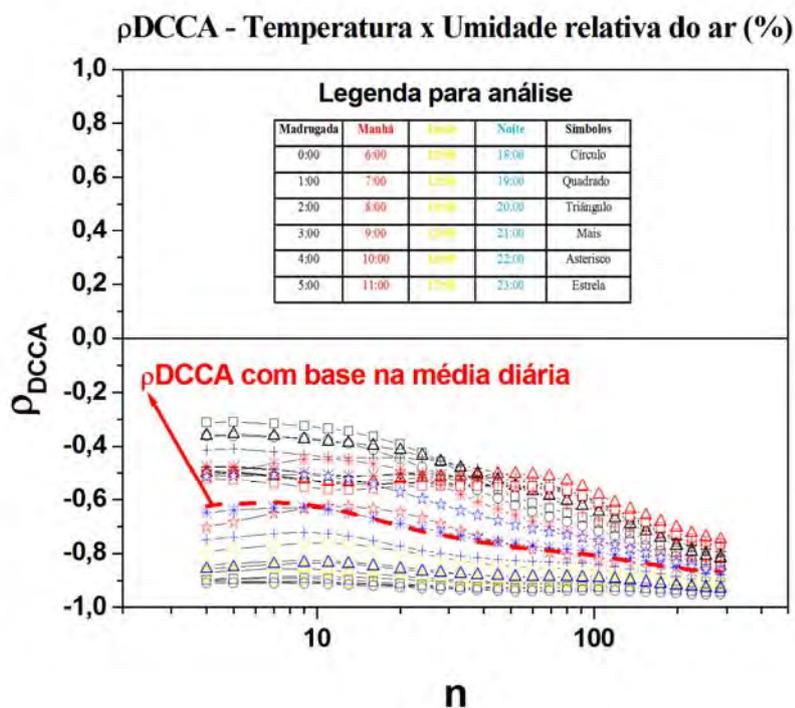


Figura 3 – Coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} nas séries temporais da temperatura a cada hora do dia em °C e umidade relativa do ar a cada hora do dia (%) do município de Feira de Santana-BA de 27 de maio de 2007 a 30 de setembro de 2010.

A aplicação do ρ_{DCCA} , considerando a hora do dia, identificou correlação negativa entre temperatura e umidade relativa do ar com maior intensidade entre 12:00 às 17:00 horas (Figura 3).

4. CONCLUSÃO

O estudo e acompanhamento de dados climatológicos têm sido realizados por diversas metodologias. Com o intuito de contribuir com pesquisas nesta área do conhecimento, este artigo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal de dados climatológicos (temperatura em °C e umidade relativa do ar (%)) do município de Feira de Santana-BA. Para cumprir tal objetivo foram utilizados métodos da mecânica estatística: DFA, DCCA e ρ_{DCCA} .

A modelagem via DFA identificou e mensurou comportamento persistente ($\alpha > 0,50$) (Figura 2). E com este resultado, é possível afirmar que, caso exista uma tendência de crescimento ou decrescimento nas flutuações da temperatura ou umidade relativa do ar em Feira de Santana, esse comportamento tende a continuar ocorrendo em longo prazo. O resultado da correlação cruzada do método DCCA identificou correlação cruzada negativa para todas as escalas temporais, via sua função de covariância sem tendência (Figura 2). O nível de correlação cruzada entre temperatura e umidade relativa do ar do município de Feira de Santana foi negativo (Figura 2). Com este resultado podemos inferir que existe uma relação antipersistente entre temperatura e umidade relativa do ar no município de Feira de Santana. Outra constatação, via coeficiente de correlação cruzada sem tendência, é que para grandes escalas de tempo o coeficiente de correlação tendeu a -1 ($\rho_{DCCA} \rightarrow -1$) (Figura 2 e Figura 3).

A análise da correlação cruzada com o ρ_{DCCA} , considerando o comportamento das séries a cada hora do dia (Figura 3), identificou também correlação cruzada negativa para todas as escalas de tempo. Mas, este resultado apresentou valores com menor ou maior grau de intensidade no nível de correlação cruzada, a depender da hora e escala temporal em questão (Figura 3).

Tendo como alicerce as propriedades dos métodos modelados na presente pesquisa é possível afirmar que com o tipo de modelagem executada neste artigo é possível caracterizar uma determinada região geográfica em relação a dados climatológicos. Como continuidade da pesquisa, pretendemos modelar outros dados climatológicos de Feira de Santana e, se possível, identificar um padrão de comportamento nesses dados.

REFERÊNCIAS

¹Peng, C. K. *et al.* Mosaic organization of DNA nucleotides. *Physical Review E*, College Park, MD, v. 49, p. 1685-1689, **1994**.

²Podobnik, B.; Stanley, H. E. Detrended cross-correlation analysis: a new method for analyzing two non stationary time series. *Physical Review Letters*, v. 100, p. 084102, **2008**.

³Zebende, G. F. DCCA cross-correlation coefficient: quantifying level of cross-correlation. *Physica A*, Amsterdam, v. 390, p. 614-618, **2011**.

- ⁴Santos, L. G.; Andrade, O. H. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-BA, Brasil. *Revista de Geografia Norte Grande*, v. 40, p. 77-84, **2008**.
- ⁵Reboredo, J. C.; Rivera-Castro, M. A.; Zebende, G. F. Oil and us dollar exchange rate dependence: a detrended cross-correlation approach. *Energy Economics*, Cambridge, UK, v. 42, p. 132-139, **2014**.
- ⁶Ivanov, P. et al. Scaling and universality in heart rate variability distributions, *Physica A*, 249, 587-593, **1998**.
- ⁷Nascimento, A., Zebende, G. F., Moret, M. Self-affinity of vehicle demand, *International Journal of Modern Physics C*, 19, 665-669, **2008**.
- ⁸Soares Junior, J. S., Machado, A., Quintella, R. H., Zebende, G. F. Uma análise Estatística nos indicadores de criminalidade de Salvador, *Conjuntura e Planejamento*, 161, 40-49, **2008**.
- ⁹Podobnik, B; Jiang, Z.-Q.; Zhou, W.-X; Stanley, H. Statistical tests for Power-law cross-correlated processes. *Physical Review E*, v. 84, p. 066118, **2011**.
- ¹⁰Zebende, G. F.; Silva, P. A. D.; Machado, A. Study of cross-correlation in a self-affine time series of taxi accidents. *Physica A*, v. 390, p. 1677-1683, **2011**.
- ¹¹Vassoler, R.; Zebende, G. DCCA cross-correlation coefficient apply in time series of air temperature and air relative humidity. *Physica A*, v. 391, p. 2438-2443, **2011**.
- ¹²Machado, A.; Fernandes, S. M; Zebende, G. F. Autocorrelation and cross-correlation in time series of homicide and attempted homicide. *Physica A*, v. 400, p. 12-19, **2014**.
- ¹³Fernandes, S. M.; Pereira, E. J. A. L.; Machado, A.; Castro, A. P. N.; Zebende, G.F.; Miranda, G. V. Quantifying cross-correlation between Ibovespa and Brazilian blue-chips: The DCCA approach. *Physica A*, v. 424, p. 124-129, **2015**.

AUTOAFINIDADE NA VARIAÇÃO DE PREÇOS DE AÇÕES DE COMPANHIAS PETROLÍFERAS

Aloísio S. Nascimento Filho¹, Nilton Pitombo¹, Marcelo A. Moret¹

¹Senai-Cimatec, E-mail: aloisio.nascimento@gmail.com; nespitombo@gmail.com; mamoret@gmail.com

RESUMO

*Foram avaliadas as variações dos preços das ações de oito companhias petrolíferas, no período de 31/12/2007 a 26/06/2015, utilizando o método **Detrended Fluctuation Analysis (DFA)**. Os achados revelaram resultados antipersistentes para as oito empresas analisadas. O método DFA demonstrou ser capaz de neutralizar interferência de perturbações externas nos preços das ações. E o entendimento de que seria mais vantajoso para o um investidor avaliar o comportamento de longo alcance das oito companhias e não apenas de uma única ação.*

Palavras-Chaves: *DFA; preço de ações; bolsa de valores*

ABSTRACT

*We assess the fluctuation rate in prices of shares of eight oil companies between 31/12/2007 and 26/06/2015. In order to do that we use the **Detrended Fluctuation Analysis (DFA)** method. Our findings showed anti-persistence signals for these eight analyzed companies. The DFA method shows to be able to neutralize interferences from external disturbances in stock prices. In addition, the understanding that it would be more advantageous for an investor to assess the long-range behavior of the eight companies together than a single share price one.*

Keywords: *DFA; time series; stock market*

1. INTRODUÇÃO

Tecnologia, inovação e produtividade têm desempenhado papéis fundamentais, em vários segmentos da sociedade, desde a segunda metade do século passado. Na indústria, esta realidade tem sido ainda mais evidente haja vista os vultosos investimentos em P&D e em novas tecnologias. Naturalmente, a indústria do petróleo está na vanguarda desta realidade, onde o emprego de alta tecnologia e inovação são mandatórios para a exploração e produção de petróleo em ambientes de difícil acesso, a exemplo das águas profundas do Pré-Sal. A

inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias foram essenciais para a viabilização técnica e econômica das jazidas de petróleo ditas “não convencionais” e também para a redução dos custos de extração dos chamados “campos maduros”.

Para realização dos grandes investimentos em P&D, a exploração e desenvolvimento da produção de novas jazidas de petróleo, cada vez mais difíceis, são necessários significativos aportes de recursos financeiros. E uma forma dessas companhias captarem esses recursos é através da abertura de seus capitais no mercado financeiro, onde a oferta de suas ações busca atrair investidores que vislumbram ganhos futuros nos segmentos de petróleo e gás natural.

Por outro lado, nos últimos anos mudaram algumas premissas que norteavam a exploração de petróleo:

Que a demanda por petróleo continuaria aumentando;

Que a demanda crescente asseguraria preços suficientemente altos para justificar os altos investimentos em petróleo não convencional;

Que a preocupação com a mudança climática não alteraria a equação de maneira significativa.

Diante das incertezas que caracterizam o mundo do petróleo, o presente trabalho propõe-se a aplicar uma abordagem de análise de *autoafinidade* para investigar as variações de preços das ações de oito petrolíferas cotadas em bolsa de valores. Para tanto, utilizou-se o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA), que consegue caracterizar correlações de longo alcance em séries temporais não estacionárias. Assim, este trabalho foi dividido em quatro seções: na primeira, tem-se a introdução; na segunda discutem-se aspectos metodológicos; na terceira seção são apresentados os resultados e discussões; e finalmente, na quarta seção, tem-se a conclusão.

2. METODOLOGIA

Foi investigada a dinâmica de preços de oito companhias petrolíferas de capital aberto, com ações cotadas em bolsa de valores no período de 31/12/2007 a 26/06/2015, com o objetivo de avaliarmos a variação de preços dessas ações e suas propriedades. Analisamos os dados com o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA: acrônimo que em português significa análise de séries temporais sem tendência), método que foi proposto por [1], para avaliar as propriedades de correlação de longo alcance em séries temporais não estacionárias.

2.1. Logaritmo da diferença

Analisou-se os preços das ações de oito companhias petrolíferas de capital aberto cotadas diariamente na bolsa de valores de NYSE (*New York Stock Market Exchange*: Bolsa de Nova Iorque, em português), (ver Tabela 1), compreendendo o período de 31/12/2007 a 26/06/2015.

Tabela 1. Companhias petrolíferas com ações na bolsa de Nova Iorque

Símbolo	Nome da Companhia	Origem
BP	British Petroleum	Britânica
CVX	Chevron	Estadunidense
COP	ConocoPhillips	Estadunidense
GAZP	Gazprom	Russa
PBR	Petrobras	Brasileira
SHA	Petrochina	Chinesa
RDSA	Shell	Anglo-Holandesa
FP	Total	Francesa

Inicialmente avaliamos as variações de preços das ações de sete companhias petrolíferas de capital aberto, cotadas diariamente na bolsa de valores de NYSE (New York Stock Market Exchange: Bolsa de Nova Iorque, em português), (ver Tabela 1), entre os anos de 2008 e 2015. Para analisar os preços dessas ações, fizemos ajustes em seus sinais [2], na forma:

$$Z_i = \log_{10} \frac{P(t)}{P(t-1)} \quad (1)$$

Onde t representa o dia da cotação, $P(t)$ é o preço da ação no tempo t , e z_i é a nova série temporal defasada. O resultado gráfico da nova série temporal Z_i é descrito na figura 1, onde temos o novo delineamento gráfico após a normalização da variação dos preços das ações. Agora vamos iniciar as avaliações das propriedades de escalas das suas séries.

2.2. Autoafinidade e método DFA

O grande desafio na análise de séries temporais de preços de ações em bolsa de valores está em distinguir seus padrões de comportamentos e assim obter uma melhor compreensão de seus movimentos futuros. Esta tarefa não é trivial, em razão do comportamento não linear do mercado financeiro, que tem sido enquadrado no campo dos sistemas complexos.

Sistemas complexos não possuem comportamento linear, podendo ser estudados levando em conta as suas propriedades fractais [3], tais como a auto afinidade, também conhecida como auto similaridade estatística. Assim, se na série temporal $\{z_i\}$ a auto afinidade aparece, então as correlações da lei de potência de longo alcance são apresentadas. Daí o interesse em estudar sistema complexos, pois é possível identificar universalidade em uma variedade de problemas[4], entre eles variações de preços de ações.

O método DFA tem sido aplicado com sucesso em várias áreas do conhecimento, tais como: flutuações do mercado financeiro [5,6,7] e flutuações na demanda de veículos do sistema *ferry-boat* [8]. A principal vantagem de se empregar o método DFA é evitar a detecção de falsas correlações, que são artefatos de séries temporais não-estacionárias.

O método DFA pode ser descrito pelos seguintes passos:

Dado uma série temporal, r_i , onde $i = 1 \dots N$ e N é o total de registros diários de variações de preços de ações em bolsa de valores. A série r_i integrada é dada por:

$$Y(k) = \sum_{i=1}^k r_i - \langle r \rangle, \quad (2)$$

onde $\langle r \rangle$, é o valor médio de r_i ;

Divide-se a série integrada $Y(k)$ em intervalos de tamanhos iguais e de amplitude n , sem sobreposição;

E em cada janela, $Y(k)$ é aplicado um ajuste linear, a partir de uma função polinomial de primeira ordem, a qual representa a tendência local em cada janela.

A coordenada do ajuste linear em cada janela é representada por $y_n(k)$. Lembrando que uma vez usado um ajuste polinomial de primeira ordem, denotamos este de algoritmo como DFA-1;

Assim temos um novo sinal integrado e sem tendência em $y_n(k)$, onde $y(k)$ teve a sua tendência retirada por subtração da tendência local dentro de cada janela n , daí é calculada a raiz quadrática média, dado pela função $F(n)$, a saber:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [Y(k) - Y_n(k)]^2} \quad (3)$$

Em seguida deve-se repetir o cálculo apresentado anteriormente para diferentes janelas de tamanho n , para proporcionar uma relação entre $F(n)$ e cada janela n .

O expoente de correlação α é definido sempre que tal relação é caracterizada por uma lei de potência, apresentando a relação de proporcionalidade $F(n) \propto n^\alpha$.

Dessa forma, o expoente de correlação α representa um parâmetro de auto afinidade[1], expressando propriedades de correlação de longo alcance dada por uma lei de potência. De modo que o expoente de correlação α permite avaliar em que medida a tendência observada na série temporal passada implica na manutenção do comportamento futuro, indicando um efeito de memória de longa duração em séries temporais.

O expoente de correlação α é classificado de acordo com uma faixa dinâmica de valores [9,10,11,12,13]:

Se $0 < \alpha < 0,50$, a série tem um comportamento anticorrelacionado, i.e. sinal antipersistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por pequenos (grandes) valores;

$\alpha \cong 0,50$, a série é não correlacionada, como um ruído branco e sem memória;

$0,50 < \alpha < 1$ a série tem um comportamento correlacionado, i.e. sinal persistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por grandes (pequenos) valores.

O expoente de correlação α também pode ser interpretado como indicador da suavidade da série original, quanto maior seu valor, maior a suavidade no sinal [12,13].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliou-se o perfil qualitativo das variações de preços das ações de oito empresas petrolíferas apresentadas na tabela 1, aplicando a expressão (1) na série temporal original, e geramos o gráfico mostrado na figura 1. Podemos ver na figura 1 que existem significativas diferenças nas flutuações das companhias, de forma que se tomarmos, por exemplo, os painéis das companhias de controle estatal GAZP (Gazprom) e PBR (Petrobras), deparamos com flutuações bem distintas, onde a variação de sinais da PBR apresenta maiores amplitudes, diferentemente da GAZP, com menores.

Foi aplicado o método DFA nos dados da figura 1 e encontramos os expoentes de correlação α para cada companhia petrolífera. De forma a estudarmos comportamento longo alcance de cada ação.

Tabela 2. Expoente de correlação do DFA calculado nas variações de preços

Símbolo	α	Erro
BP	0,479	$\pm 0,005$
CVX	0,374	$\pm 0,004$
COP	0,435	$\pm 0,003$
GAZP	0,463	$\pm 0,005$
PBR	0,473	$\pm 0,006$
SHA	0,437	$\pm 0,002$
RDSA	0,403	$\pm 0,003$
FP	0,430	$\pm 0,004$

Na tabela 2, são mostrados os resultados da aplicação do método DFA, que apresentou resultados antipersistentes para todas as oito variações de preços das ações analisadas. Destaca-se aqui, que a componente tendência figura fortemente entre as componentes estatísticas que perturbam um dado sistema, de maneira que a diversidade geopolítica, econômica, divisão do capital (pública x privada), poder bélico, potencial de exploração, produção, refino entre outros, tendem a influenciar os preços dessas ações. Portanto, é nesse momento que a principal vantagem de se empregar o método DFA se destaca, pois o método evita a detecção de falsas correlações, que são artefatos de séries temporais não-estacionárias, permitindo obter informações do comportamento genuíno de cada ação.

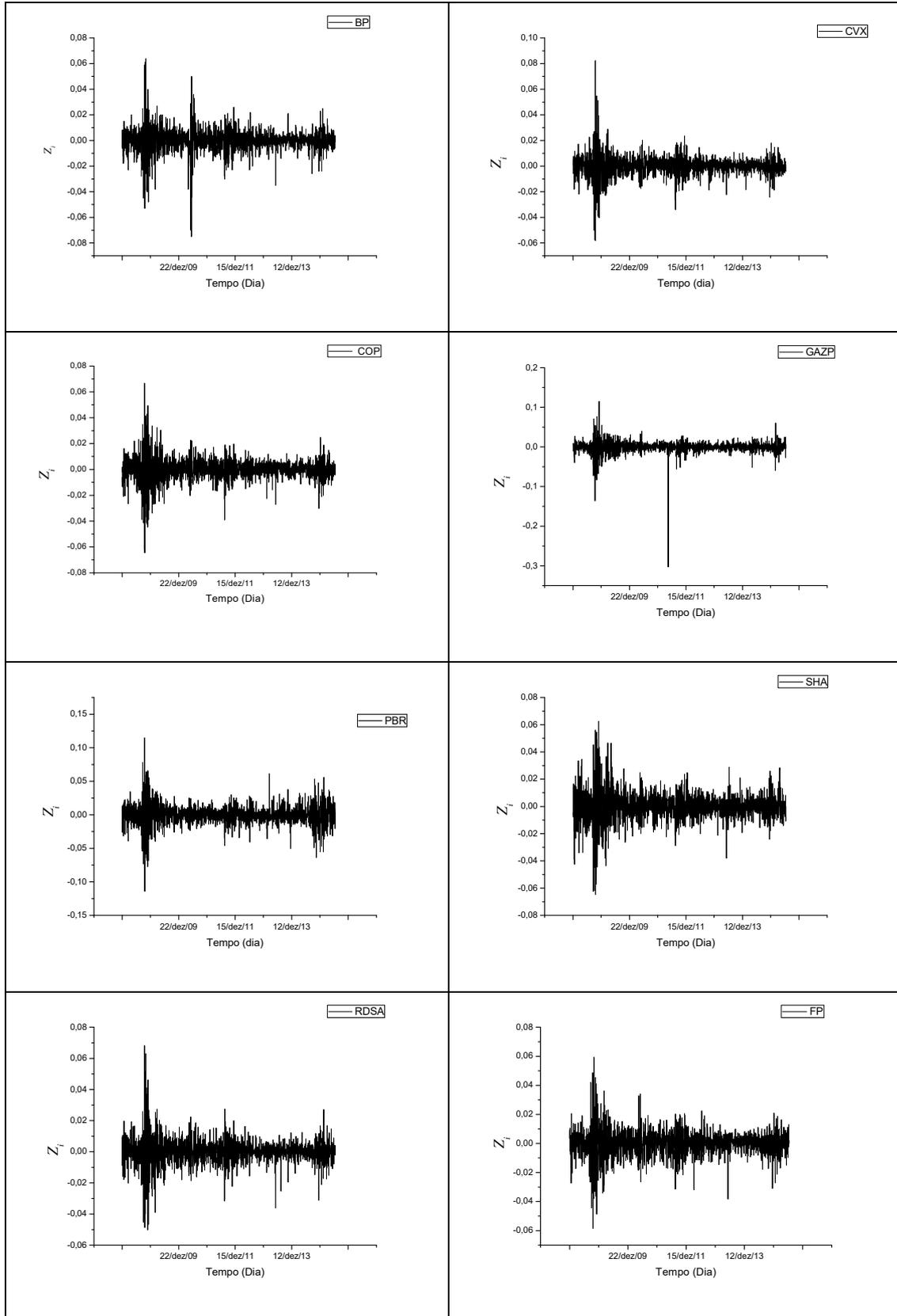


Figura 1: Variações de preços diários de das ações de oito petrolíferas entre os dias 31/12/2007 e 26/06/2015.

A figura 2 mostra os expoentes de correlação α das ações das empresas petrolíferas. É possível notar que as variações de preços das ações de PBR, BP e GAZP possuem expoentes de correlações análogos ou bem próximos, o que podem ser interpretados como três companhias que estariam sujeitas a perturbações artificiais, como controle preços, considerando que PBR e GAZP têm controle estatal. Já BP vem sofrendo perdas justificadas de valor de mercado em razão de pesadas multas aplicadas pelo governo dos Estados Unidos, relativas ao acidente (*blowout*) que provocou grande vazamento de petróleo no Golfo do México, em 2010.

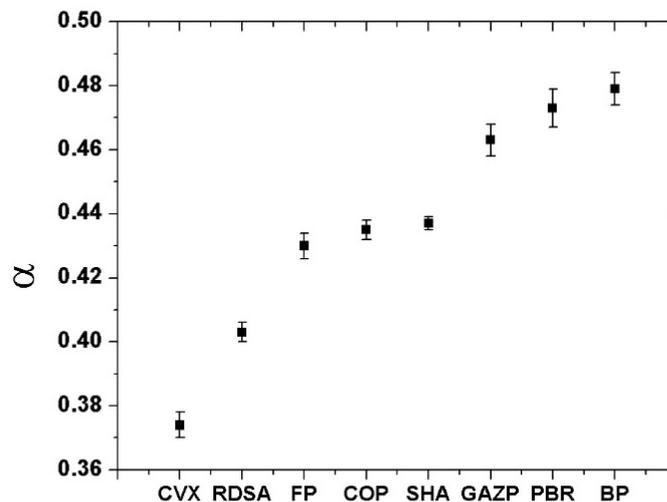


Figura 2: Expoente de correlação α das variações diárias das ações.

4. CONCLUSÃO

A avaliação da variação de preços de ações em bolsa de valores, visando detectar o comportamento no longo alcance não é uma tarefa trivial. Uma vez que a comunidade acadêmica tem considerado tal sistema como complexo, devido à não linearidade do seu comportamento. Diante dessa complicação, tem-se à disposição a abordagem da *autoafinidade* na série temporal das variações de preços das ações de oito petrolíferas cotadas em bolsa de valores, nesse trabalho utilizamos o método DFA. A principal vantagem de se empregar o método DFA, em séries como as descritas anteriormente, está em evitar a detecção de falsas correlações, que são elementos presentes em séries temporais não-estacionárias.

Em nossos achados, constatamos que todos os expoentes de correlação α são antipersistentes, i.e., não se mostraram adequadas à especulação devido às suas oscilações no mercado. De forma que, de acordo com os resultados do método DFA, por exemplo, quem investiu em

ações da BP e/ou CVX e obteve retornos negativos, terão retornos positivos no longo prazo. Além disso, sendo os oito expoentes de correlação α antipersistentes, podemos inferir que um investidor teria uma melhor visão de futuro se esse avaliasse o resultado de longo alcance do mercado (comportamento das oito companhias) e não apenas de uma única ação. Uma vez que tanto a PBR, bem como a GAZP sofrem com interferências governamentais; já a BP, sofre penalizações impostas em razão do acidente operacional de grande proporção; ou mesmo a CVX e a COP, que se situam em situações diversa das demais, se apresentaram todas em uma mesma faixa, campo antipersistente.

Não restam dúvidas de que a previsibilidade em mercados financeiros seja algo difícil. Mas a utilização de métodos como o DFA pode facilitar a percepção do que está subjacente em uma série temporal. Desta forma um investidor pode fazer uso desse método como um indicador complementar em sua análise de mercado, tendo em vista a redução de incertezas quanto às variações de preços no futuro.

5. REFERÊNCIAS

¹Peng, C.-K., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H. E., Goldberger, A. L. Mosaic organization of DNA sequences. *Physical Review E* **1994**, 49(2): 1685-1689.

²Silva, M. F., Pereira, E.J.A., Filho, A.M.S., Castro, A.P.N., Miranda, J.G.V., Zebende, G.F., Quantifying cross-correlation between Ibovespa and Brazilian blue-chips: The DCCA approach. *Physica A* **2015**, 424, 124-129.

³MANDELBROT, B. The Fractal Geometry of Nature. [S.l.]: W. H. Freeman and Company, New York, **1982**.

⁴FEDER, J. Fractals. New York, Plenum Press, **1988**.

⁵MANTEGNA, R. N.; STANLEY, H. E. An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance. Cambridge: Cambridge University Press, **2000**.

⁶Liu, Y., Cizeau, P., Meyer, M., Peng, C.-K. & Stanley, H. E. Correlations in economic time series. *Physica A*. **1997** 245(3-4), 437-440.

⁷Costa, R. L. & Vasconcelos, G. L. Long-range correlations and nonstationarity in Brazilian stock market. *Physica A*. **2003** 329(1-2), 231-248.

⁸Filho, A. N. S., Zebende G. F., Moret M. A. Self-affinity of vehicle demand on the ferry-boat system. *International Journal of Modern Physics C*, **2008**, Vol. 19, No. 4 665-669.

⁹Bashan, A., Bartsch, R., Kantelhardt, J. W. & Havlin, S. Comparison of detrending methods for fluctuation analysis, *Physica A*, **2008** 387(21), 5080-5090.

¹⁰Kantelhardt, J. W., Koscielny-Bunde, E., Rego, H. H. A., Havlin, S. & Bunde, A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. *Physica A*. **2001** 295(3-4), 441–454.

¹¹Zheng, H., Song, W. & Wang, J. Detrended fluctuation analysis of forest fires and related weather parameters, *Physica A*. **2008** 387(9), 2091-2099.

¹²Galhardo, C. E. C., Penna, T. J. P. ; Argollo de Menezes, M. & Soares, P. P. S. Detrended fluctuation analysis of a systolic blood pressure control loop. *New Journal of Physics*, **2008** 11, 103005, 2009.

¹³Souza, J. W. G., Santos, A. A. B., Guarieiro, L. L. N., & Moret, M. A.. Fractal aspects in enriched combustion. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **2015**, 434, 268-272.

AUTOMATIC IDENTIFICATION OF SIGNS OF DIABETIC RETINOPATHY IN EYE IMAGES

Navjot Kukreja³, Valter de Senna²

¹University of Southampton, Email: navjotk@gmail.com

²SENAI CIMATEC, Email: valter.senna@gmail.com

RESUMO

A retinopatia diabética(DR) é uma enfermidade do olho associada com a diabetes prolongada. Ela causa o maior número de casos de cegueira na faixa etária de 20-64 anos no mundo. De acordo com estimativas, afeta 93 milhões de pessoas no mundo (2012). A detecção dela ocorre por meio do exame de retina. O objetivo deste trabalho consiste na utilização das técnicas que foram utilizadas no reconhecimento dos outros tipos de imagens médicas, na problema da detecção da presença e o grau de DR. SURF (Speeded Up Robust Features)/ SIFT(Scale Invariant Feature Transform) características extraídas após pré-processamento das imagens obtidas pelo exame da retina são reunidas e compiladas que seja possível a construção do Bag of Visual Words. Utilizando este Bag of Visual Words, cada imagem é representada como um vector e é então apresentado para um SVM(Support Vector Machine) cuja objetivo é a classificação do grau do DR. Com este trabalho, esperamos chegar nos requisitos estabelecidos pelo Associação Britânica de Diabetes sobre a classificação do DR.

Palavras chaves: Retinopatia diabética, visão computacional, imagiologia médica, imagem retiniana

ABSTRACT

Diabetic Retinopathy(DR) is an affliction of the eye associated with long-standing diabetes. It causes the largest number of cases of blindness in the age group of 20-64 years. According to estimates, it affects 93 million people worldwide. The disease is diagnosed using an

examination of an image of the retinal fundus of the patient. The current work applies computer vision techniques known to have succeeded in other kinds of medical image recognition to the problem of detection of the presence and severity of DR in these images. SURF/SIFT features extracted after preprocessing of the retinal images are pooled and collated before creating a Bag of Visual Words. The Bag of Visual Words is used to form a vector representation of each image. The vectorised form of these images is then presented to an SVM for classification. With this research, we hope to achieve the minimum requirements for automatic DR detection set by the British Diabetic Association.

Keywords: Diabetic retinopathy, computer vision, medical imaging, retinal image

INTRODUCTION

Diabetic Retinopathy (DR) is an eye disease associated with long-standing diabetes. Nearly 80% of patients that have had diabetes for 10 years or more have some stage of DR. Research indicates that 90% of the cases of progression to vision impairment can be slowed or averted if DR is detected in time. However, this can be difficult as the disease often shows few symptoms until it is too late to provide effective treatment.

Currently, detecting DR is a time-consuming and manual process that requires a trained clinician to examine and evaluate digital color fundus photographs of the retina. By the time human diagnosticians submit their reviews, the delayed results lead to lost follow up, miscommunication, and delayed treatment.



Figure 1 – Sample image of the right eye of a patient showing the presence of lesions that mark retinopathy. This patient was diagnosed to have PDR level 4(see sec 2.4.1). (Original size: 3888x2592 pixels)

Clinicians can identify DR by the presence of lesions associated (see Figure 1) with the vascular abnormalities caused by the disease. While this approach is effective, its resource demands are high. The expertise and equipment required are often lacking in areas where the rate of diabetes in local populations is high and DR detection is most needed. The availability of an automated method for detection can be expected to bring the costs of testing down to an extent where it can become a part of more regular testing of the general population. Nearly all the studies reviewed during this work (see section 3) focused either solely on non proliferative diabetic retinopathy (NPDR) or proliferative diabetic retinopathy (PDR). A real-life system would need a combination of such algorithms to be able to classify all cases of DR accurately.

2. DIABETES MELLITUS

HISTORY

The name diabetes was coined by Apollonius of Memphis, a Greek clinician in 230 BCE [1]. It meant pump or siphon to signify the fact that an afflicted person consumes water and urinates in great excess. The earliest record, however, dates back to 1500 BCE in an Egyptian manuscript [1]. The term diabetes mellitus was coined in 1675 by Thomas Willis, from the Latin mel or honey, to differentiate it from diabetes insipidus [2]. This was due to the fact that a person afflicted with diabetes mellitus excretes sweet-tasting urine. Indian physicians also noted this condition in their patients in 1500 BCE, giving it the name madhumeha or “honey urine” because the urine of an afflicted person attracted ants [1]. The separation of Type 1 and Type 2 diabetes mellitus as separate conditions was first described by Indian physicians Sushruta and Charaka in 400-500 CE. They identified that late-onset diabetes was associated with being overweight while the early-onset variety was not [2].

EPIDEMIOLOGY AND OTHER STATISTICS

Although the occurrence of diabetes mellitus has been increasing in every part of the world every year, it has been observed to be increasing at a faster rate in developing countries with increasing urbanisation and the “western diet”. However, the mechanisms to explain this increase are still lacking. The International Diabetes Federation estimates that 387 million

people across the globe were afflicted with diabetes in 2014, 46.3% of which were undiagnosed. About 79,000 of these cases were type 1 diabetes mellitus, and the rest were type 2 diabetes mellitus. It is estimated that a person dies of diabetes mellitus every 7 seconds, from a total of 4.9 million deaths in 2014. During the same period, the total global health care expenditure related to the disease was estimated to be US\$ 612 Billion. China and India are the countries with the largest number of cases, the former had close to a 100 million cases while the latter had about 70 million in 2014 [3].

As the number of individuals with diabetes continues to grow, the infrastructure needed to prevent blindness due to DR will become more overtaxed than it already is.

PATHOLOGY

Insulin is the primary hormone in the body responsible for regulation of glucose levels in the blood. The deficiency of insulin (Type 1 diabetes) or insensitivity of its receptors (Type 2 diabetes) plays a key role in all forms of diabetes mellitus. The lack of insulin action results in persistently high levels of glucose in the blood causing poor protein synthesis and other metabolic complications like acidosis. Over time, the kidneys reach a threshold of reabsorption and start releasing glucose in the urine.

Disease Severity Level	Findings observable through Ophthalmoscopy
0	non-pathological, no NPDR
1	Mild NPDR, microaneurysms (red blotches) which are the source of hard exudate (high contrast yellow spots) sometimes in circular patterns
2	Moderate NPDR. “More than just microaneurysms,” perhaps cotton wool spots (fuzzy light blotches)
3	Severe NPDR: IRMA (shunt vessels), venous bleeding in 2+ quadrants, 20+ intra-retinal hemorrhages, no signs PDR
4	Neovascularization (often vessels with loops or very squiggly vessels), vitreous/preretinal hemorrhage, PDR

Table 1 – The stages of DR as defined by the international scale [6]

This changes the osmotic balance, causing excessive urination, which leads to dehydration and excessive thirst. Chronic elevation of blood glucose levels damages the lining of blood vessels (angiopathy) which leads to various complications.

COMPLICATIONS

There are various complications associated with diabetes mellitus. The acute complications like ketoacidosis, hyperglycemia and hypoglycemia cause diabetic coma which needs emergency medical treatment to avoid death. Hypoglycemia is actually a complication associated with diabetes treatments, rather than the disease itself.

Chronic complications are a result of damage to blood vessels due to chronically elevated blood glucose levels and affect various organs like the heart (cardiomyopathy), the kidneys (nephropathy), the nerves (neuropathy), the brain (encephalopathy) and the eyes (retinopathy).

2.4.1 RETINOPATHY

DR is one of the most significant complications of diabetes and is a leading cause of blindness globally. Early detection and treatment is essential for preventing blindness. Ophthalmologists can use a lens to look through the dilated pupils of a patient and see the retina at the back of the eyeball, looking for symptoms that indicate changes in blood vessels [4] and [5]. Today, digital images of the patient's retina (color digital fundus images) are recorded at site and transmitted to a diagnostic expert.

DR is classified into non proliferative diabetic retinopathy (NPDR) and proliferative diabetic retinopathy. NPDR is characterized by presence of lesions like exudates and haemorrhages and is the less severe stage. PDR is characterized by presence of lesions as well as growth of extraneous blood vessels which have a characteristic squiggly shape. The international clinical diabetic retinopathy disease severity scale defines 5 stages of DR severity in terms of symptoms as seen in these pictures, these are listed in Table 1 [6].

CURRENT STATE

The need for an automated method of DR screening has long been recognized and previous efforts have made good progress using computer vision techniques either in isolation or in combination with other statistical techniques [7], [8] and [9]. Soto-Pedre et al. [10] recently carried out a real-life test in Spain to evaluate the efficacy of an automated grading system called iGrading® and reported very promising results. Progress in algorithms has also been prolific in recent times. Pires et al. [11] implemented a classifier using data from two different racial strata, training the algorithm on a stratum of primarily Caucasian patients from São Paulo, and testing it on a stratum of Aboriginal and Torres Strait Islander patients in Queensland, Australia. They proved that their model could be trained on images of

primarily Caucasian patients and could still perform effectively on images of aboriginal patients. Their approach combined SURF/SIFT feature descriptors, Bag of Visual Words and an SVM classifier - one of the approaches being studied in the current work (see sec 4.2 for an explanation). While they achieved 100% sensitivity in classifying bright lesions, a sensitivity of 67% on red lesions was not as good. Interestingly, their algorithm did not require the division of images into regions or identification of regions of interest. Abramoff e Niemeijer [12] provides a comprehensive review of algorithmic approaches that have been successful so far. Rahim et al. [13] explores another approach for detection of microaneurisms which uses the circular Hough transform as well as fuzzy histogram equalization. Dutta et al. [14] uses an adaptive thresholding based approach on segmented images to increase computational speed of detection.

Other studies have focused on identification of PDR alone. This problem is different since it requires identification of blood vessels and their classification as pathological or non-pathological. Welikala et al. [15] provides an approach selecting features using genetic algorithms and subsequent classification using an ensemble of SVMs. A more comprehensive review of this mature field of vessel segmentation is provided by Welikala et al. [15] and Fraz et al. [16].

DATA

The data used for this study was provided by the website Kaggle.com as part of an online competition for the automatic detection of diabetic retinopathy.⁴ The dataset consisted of a training sample of about 30000 images, each with an accompanying label specifying the level of retinopathy as diagnosed by an ophthalmologist. The level was classified using the standard classification system as in section 1.4.1. The dataset also had a test sample, which consisted of similar images with a similar distribution of retinopathy levels. However, these did not have accompanying labels and was used by the website for scoring the competition. This testing data set provided the opportunity for an unsupervised model to train on a much larger dataset.

Class	Name	Number of images	Percentage
0	Normal	25810	73.48%
1	Mild NPDR	2443	6.96%

⁴ The license for this data allows the publication of methods and results based on the data but not the data itself in its entirety.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

2	Moderate NPDR	5292	15.07%
3	Severe NPDR	873	2.48%
4	PDR	708	2.01%

Table 2 – Distribution of classes of the images in the training set

The images are from real world screening tests, taken at different locations, by different operators using different equipment at different resolutions. The lowest of these resolutions was 2592x1944 pixels which was deemed to be much larger than required. It was assumed that all the images needed to be rescaled to a smaller size to enable efficient computing. An image size of 256x256 pixels was chosen based on experimental results to balance the loss of information with the increase of computational complexity. Upon rescaling, the compression method was changed from JPEG to PNG since it is a lossless compression algorithm. Following this, the pixel information in the images was standardised ($\mu = 0$, $\sigma = 1$) by subtracting each pixel value from the mean pixel value across the image and dividing by the standard deviation.

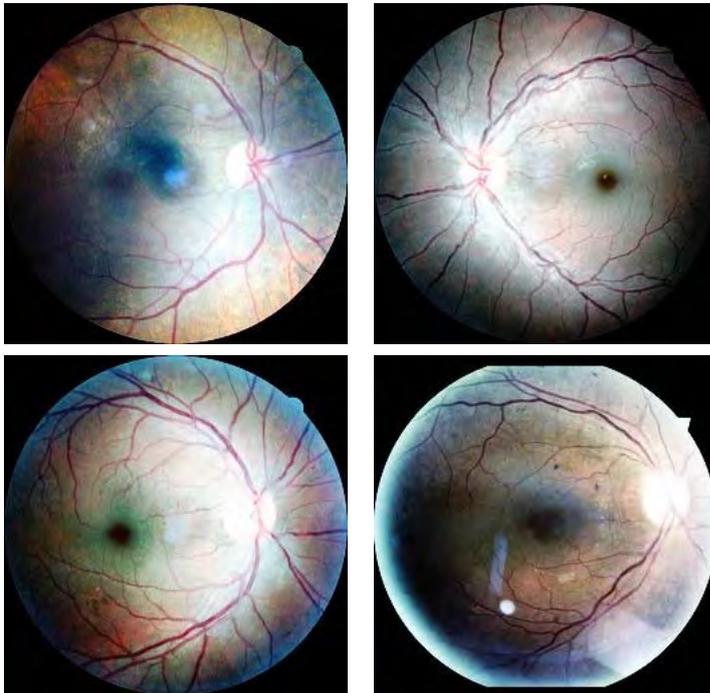


Figure 2 – An example image of each class. From top-left, class 0 (no pathology), class 1 (mild NPDR), class 2 (moderate NPDR) and class 3 (severe NPDR)

METHODOLOGY AND PROGRESS

PREPROCESSING



Figure 3 – Image of the left eye of the same patient as in figure 1 before pre-processing (scaled down to 256x256 px).

The images, as provided, were unevenly lit and did not have very good contrast. Therefore, preprocessing steps were applied to this image to enable easier detection of the features. Following the approach suggested by Jaafar, Nandi e Al-Nuaimy [17], the images were first converted to grayscale by extracting the green channel only since they suggest that retinal features, both normal and abnormal, appear more clearly in this channel. Following this, a median filter was applied with a window size of 1x1, followed by a Gaussian filter with $\sigma = 1$. This was followed by morphological opening and closing operations with a rectangular structuring element of 1x1 to obtain an image representing the background of the original image. This background was then subtracted from the original image to obtain a shade-corrected image. This was followed by a step of Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), a method for contrast enhancement. This works on small regions of the image, enhancing the contrast by histogram equalization.

FEATURE EXTRACTION AND CLASSIFICATION

The image produced as the result of preprocessing is passed through a feature extractor which converts the image, which is a matrix, into a vector. This resulting vector is used to train a classifier. The classifier currently in use is a SVM with a Gaussian kernel, however other classifiers like SoftMax and random forests will be tested at a later stage when the

feature extraction step is frozen. Various feature extraction techniques are being evaluated to compare performance currently. To compare performance of different models, the area under the ROC curve is calculated for a set of 5 different SVM hyperparameters (C and γ) to mitigate the risk of incorrect hyperparameter selection at this stage.

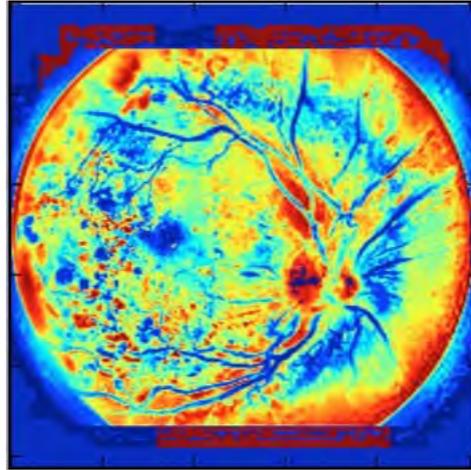


Figure 4 – Same image as in Figure 3, after the described preprocessing steps

Passing the preprocessed image directly to a Histogram of Oriented Gradients (HOG) [18] based feature extractor achieved a peak AUROC of 0.6 but there is still considerable statistical variability in this result. HOG is expected to perform better after better contour highlighting using adaptive thresholding and Gabor Filters during preprocessing. However, there are no results on their performance so far.

Another popular feature extractor in computer vision literature is SURF/SIFT. SIFT or Scale Invariant Feature Transform (see Lowe [19] for a full explanation) and SURF or Speeded Up Robust Features (see Bay, Tuytelaars e Van Gool [20] for a full explanation) are two techniques that have shown great success in recognition of medical images. The advantage of this extraction technique is that it doesn't require contour highlighting as a previous step and can work for detection of blobs even at significantly lower contrast. Since these extract individual features from the image, unlike HOG which extracts a feature descriptor vector directly, this method needs an intermediate vectorisation step before it can be used for classification. The most common vectorisation approach suggested in literature is the Bag of Visual Words (BoVW). However, our tests with BoVW indicate that the generated codebook was dominated by features present in all the images, which represent the normal

retinal features, rather than highlighting the lesions or extraneous vessels that are the hallmark of DR. Work is underway on an alternate vectorisation method, still using SURF features. This method pools and collates feature characteristics into summary statistics, greatly reducing the dimensionality. This is then extended for various values of the SURF threshold, giving a compact representation of the image in the varying threshold space - which is essentially the varying contrast space.

FURTHER WORK

Since choosing the feature extractor is the primary bottleneck at this stage of the research, the possibility of implementing Deep Convolutional Neural Networks (DCNN) is being considered. The DCNN approach provides the advantage that the feature extractor and the classifier are both learned automatically and simultaneously from the data. Another reason for considering a DCNN based model is that they have shown significant improvement over other classifiers in various other applications of computer vision [21]. However, since they are a recent development and require immense hardware resources for training, there is no published research yet, applying DCNN to DR detection.

Since the labels provided as part of the dataset correspond to progressive levels of a pathological condition, there is an inherent order in these class labels that simple classification fails to utilise. It is expected that a regression based approach that outputs a continuous numerical index as an index of disease progression might improve the results. The continuous number could be converted to a whole number corresponding to the original class labels using a rounding strategy that gives best results. Suggested techniques include Support Vector based Regression or Neural Network based Regression.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Kaggle.com for the dataset. We would also like to thank Dr. Arjan K. Shahani, the University of Southampton and SENAI CIMATEC for the support.

REFERENCES

Leonid Poretsky et al. Principles of diabetes mellitus. Springer, 2010.

John Dallas. “Diabetes, Doctors and Dogs: An exhibition on Diabetes and Endocrinology by the College Library for the 43rd St”. Em: Andrew’s Day Festival Symposium. 2011.

Jul. de 2015. url: <https://www.idf.org/diabetesatlas> (acesso em 29/07/2015).

Jul. de 2015. url: http://www.college-optometrists.org/en/college/museyeum/online_exhibitions/optical_instruments/ophthalmoscopes/ (acesso em 29/07/2015).

Jul. de 2015. url: <https://nei.nih.gov/health/diabetic/retinopathy> (acesso em 29/07/2015).

S Haneda e H Yamashita. “International clinical diabetic retinopathy disease severity scale”. Em: Nihon rinsho. Japanese journal of clinical medicine 68 (2010), p. 228.

Ramon Casanova et al. “Application of Random Forests Methods to Diabetic Retinopathy Classification Analyses”. Em: (2014).

Chanjira Sinthanayothin et al. “Automated detection of diabetic retinopathy on digital fundus images”. Em: Diabetic medicine 19.2 (2002), pp. 105–112.

D Usher et al. “Automated detection of diabetic retinopathy in digital retinal images: a tool for diabetic retinopathy screening”. Em: Diabetic Medicine 21.1 (2004), pp. 84–90.

Enrique Soto-Pedre et al. “Evaluation of automated image analysis software for the detection of diabetic retinopathy to reduce the ophthalmologists’ workload”. Em: Acta ophthalmologica 93.1 (2015), e52–e56.

Ramon Pires et al. “Automated Multi-Lesion Detection for Referable Diabetic Retinopathy in Indigenous Health Care”. Em: PloS one 10.6 (2015), e0127664.

Michael David Abra`moff e Meindert Niemeijer. “Mass Screening of Diabetic Retinopathy Using Automated Methods”. Em: Teleophthalmology in Preventive Medicine. Springer, 2015, pp. 41–50.

Sarni Suhaila Rahim et al. “Automatic detection of microaneurysms in colour fundus images for diabetic retinopathy screening”. Em: Neural Computing and Applications (2015), pp. 1–16.

Malay Kishore Dutta et al. “An efficient image processing based technique for comprehensive detection and grading of nonproliferative diabetic retinopathy from fundus images”. Em: Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization ahead-of-print (2015), pp. 1–13.

RA Welikala et al. “Genetic algorithm based feature selection combined with dual classification for the automated detection of proliferative diabetic retinopathy”. Em: *Computerized Medical Imaging and Graphics* 43 (2015), pp. 64–77.

Muhammad Moazam Fraz et al. “Blood vessel segmentation methodologies in retinal images—a survey”. Em: *Computer methods and programs in biomedicine* 108.1 (2012), pp. 407–433.

Hussain F Jaafar, Asoke K Nandi e Waleed Al-Nuaimy. “Automated detection and grading of hard exudates from retinal fundus images”. Em: *Signal Processing Conference, 2011 19th European*. IEEE. 2011, pp. 66–70.

Navneet Dalal e Bill Triggs. “Histograms of oriented gradients for human detection”. Em: *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005*. IEEE Computer Society Conference on. Vol. 1. IEEE. 2005, pp. 886–893.

David G Lowe. “Object recognition from local scale-invariant features”. Em: *Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on*. Vol. 2. Ieee. 1999, pp. 1150–1157.

Herbert Bay, Tinne Tuytelaars e Luc Van Gool. “Surf: Speeded up robust features”. Em: *Computer vision—ECCV 2006*. Springer, 2006, pp. 404–417.

Ursula Schmidt-Erfurth e Georg Langs. “Predicting Semantic Descriptions from Medical Images with Convolutional Neural Networks”. Em: *Information Processing in Medical Imaging: 24th International Conference, IPMI 2015, Sabhal Mor Ostaig, Isle of Skye, UK, June 28-July 3, 2015, Proceedings*. Vol. 9123. Springer. 2015, p. 437.

Jul. de 2015. url: <https://www.kaggle.com/c/diabetic-retinopathydetection/> (acesso em 29/07/2015).

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CRÍTICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DE UM LEITO CATALÍTICO DO TIPO TRICKLE-BED

Leandro Bezerra Queiroz^{1,4}, Emerentino Quadro^{1,2}, Lilian Lefol Nani Guarieiro^{1,3}

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil

²Braskem, Rua Eteno, 1561, Pólo Petroquímico de Camaçari, 42810-000 BA, Brasil

³INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290 Salvador, BA, Brasil,

⁴Bolsista da Especialização em Petróleo e Gás da Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec

E-mails: lilian.guarieiro@fieb.org.br, emerentino.quadro@braskem.com, leoqueiroz4@hotmail.com

RESUMO

Escoamentos em meios porosos estão presentes em muitos dos problemas com que nos deparamos atualmente. Na modelagem de reatores catalíticos de leito fixo, por exemplo, por onde escoam a mistura reacional em fase líquida, os efeitos de transporte de massa, momento e energia não são adequadamente representados se não forem considerados os efeitos do meio poroso. A faixa de número de Reynolds para a qual se pode aplicar estes modelos é limitada, apesar da existência de correlações para descrever a dinâmica de fluidos em meios porosos (equação de Darcy) e para predição da sua permeabilidade. Além disso, existe a dependência de diversos outros parâmetros (formato da partícula, porosidade, propriedades do fluido etc). Neste contexto, esta investigação teve como objetivo determinar experimentalmente a correlação entre a permeabilidade de um leito catalítico atualmente utilizado num reator trickle-bed para hidrogenação seletiva de Metil Acetileno e Propadieno (MAPD) em uma planta petroquímica e a velocidade superficial do fluido neste meio poroso, além da porosidade deste leito e da sua densidade aparente. O método laboratorial utilizou água desmineralizada percolando por um leito catalítico disposto num tubo de vidro parcialmente imerso em uma cuba com água. A vazão conhecida de água e o gradiente hidráulico (diferença de pressão), associado às características geométricas do leito, permitiram obter as informações necessárias para este estudo. Os resultados sugerem que a permeabilidade não é invariante com o número de Reynolds, evidenciando que o escoamento no meio poroso, na faixa de número de Reynolds investigada, não é darciniano. Para o sistema em análise, foi proposta uma relação quadrática entre a permeabilidade e a velocidade superficial do fluido. Os valores obtidos em laboratório para a porosidade (0,343) e densidade aparente do leito (647,7 kg/m³) estão próximos dos valores esperados pelo fabricante do catalisador.

Palavras-Chaves: Meio poroso; Permeabilidade; Equação de Darcy.

ABSTRACT

Flows in porous media are present in many of the problems we face nowadays. In particular, modeling fixed bed catalytic reactors, mainly when a liquid reactive mixture is fed, it is mandatory to consider the effects of the porous medium in order to account adequately the mass, momentum and energy transport limitation. Despite the existence of correlations to describe the dynamics of fluids in porous media (Darcy's equation) and prediction of its permeability, the Reynolds number range for which you can apply these models is limited, in addition, its application depends on various other parameters (particle shape, porosity, fluid properties etc). In this context, this research aimed to determine experimentally the correlation between the permeability of a catalytic bed currently used in a trickle-bed reactor for selective hydrogenation of Methyl Acetylene and Propadiene (MAPD) and the surface velocity of the fluid in the porous medium, besides the bed porosity and aparente density. The laboratory method used demineralized water flowing by a catalytic bed loaded in a glass tube, partially immersed in a recipient with water. The water flowrate and the hydraulic gradient (pressure drop), associated with the geometric characteristics of the bed, were enough to obtain the necessary information to perform this study. The results suggest that permeability is not invariant with the Reynolds number. It shows the flowing in the porous medium, in the range of Reynolds number investigated, is not darcinian. It was proposed, a quadratic relationship between permeability and surface velocity of the fluid for the system under investigation. The values obtained in the laboratory for porosity (0.343) and aparente density for the bed (647.7 kg/m³) are close to the expected values by the catalyst manufacturer.

Keywords: Media Porous; Permeability; Darcy's equation.

1. INTRODUÇÃO

As bases para o entendimento do escoamento em meios porosos surgiram em 1856, quando o engenheiro francês Henry Darcy (1803-1858), funcionário da companhia de águas e esgotos de Paris, apresentou um trabalho referente ao escoamento de água em leitos fixos e porosos (ele utilizou leitos de areia) [1]. Realizando diversos experimentos com escoamento de água através de leitos de areia de vários diâmetros e comprimentos, ele observou que, para escoamentos laminares, a taxa de fluxo é proporcional à queda de pressão e inversamente proporcional à viscosidade e ao comprimento. Estas relações passaram a se constituir na lei de Darcy, aplicável a uma única fase fluida percolando um meio poroso em escoamento lento (laminar). Esta lei pode ser escrita na forma da Equação 1 [2].

$$Q = \frac{k A \Delta P}{\mu L} \quad (1)$$

Onde **Q** é a vazão do fluido, **A** é a seção reata do leito por onde escoar o fluido, **μ** é a viscosidade do fluido, **L** é o comprimento do trecho de escoamento em que é medido o diferencial de pressão (**ΔP**). O parâmetro **k** é a permeabilidade, característica mais importante

na descrição do meio poroso através do qual escoo um fluido e indica a facilidade com que este fluido escoo através deste meio. A permeabilidade é função da porosidade (fração de vazios do leito), uma vez que no escoamento em um leito fixo apenas parte da área da seção transversal total está disponível para o fluxo do fluido. Este parâmetro é normalmente determinado experimentalmente, como mostrado por Kaur [3].

Além do efeito das forças inerciais, outros parâmetros também influenciam a permeabilidade, tais como, o aumento da temperatura, a elevação da porosidade por consequente o aumento do tamanho das partículas [4], o tipo de organização estrutural entre as partículas e o grau de saturação do fluido no meio poroso [5].

Eventualmente, na impossibilidade de poder ser determinada experimentalmente, a permeabilidade pode ser estimada pela correlação de Kozeny-Cárman (Equação 2), aplicável para baixos valores de Reynolds [6].

$$k = \frac{\varepsilon^3}{\beta (1-\varepsilon)^2 a_p^2} \quad (2)$$

Sendo ε a fração de vazios do leito catalítico e a_p é a superfície da partícula dividida pelo seu volume, que para uma esfera é dada pela Equação 3, onde D_p é o diâmetro da partícula.

$$a_p = \frac{6}{D_p} \quad (3)$$

A constante de Kozeny (β) é determinada experimentalmente e varia com o formato da partícula e porosidade do leito, estando tabelado na Literatura em função destes parâmetros [7]. Em 1956, Ergun definiu o número de Reynolds para leitos porosos conforme a Equação 4 [8], onde ρ é a massa específica do fluido.

$$Re_p = \frac{D_p q \rho}{(1-\varepsilon)\mu} \quad (4)$$

Combinando as equações 1, 2 e 3 e usando os valores determinados experimentalmente para β , temos a equação de Blake-Kozeny (Equação 5) para fluxo laminar, com porosidade menor que 0,5 e número de Reynolds menor que 10 [8,9].

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 q \mu (1-\varepsilon)^2}{D_p^2 \varepsilon^3} \quad (5)$$

Para escoamentos turbulentos, esta equação apresenta significativos desvios dos valores medidos experimentalmente [9]. Muitos anos após o experimento histórico de Darcy, outros pesquisadores descobriram um desvio na proporcionalidade citada acima, na medida em que a velocidade de escoamento aumentava [10]. Com o advento do experimento realizado pelo físico Osborne Reynolds e seus estudos sobre os efeitos não lineares em fluidos, tornou-se claro então, que o parâmetro relevante no experimento de Darcy não era a velocidade de

infiltração, mas sim o número de Reynolds, pois baseado nele era possível observar uma influência dos efeitos inerciais [11].

Em função das incertezas associadas aos modelos de predição da permeabilidade e à influência do número de Reynolds sobre a assertividade destes modelos, em geral é recomendável determinar o valor da permeabilidade experimentalmente.

Neste contexto, a simulação de escoamento por um meio poroso pode ser necessária por diversos motivos. A extração de petróleo frequentemente se depara com este problema quando há necessidade de se retirar petróleo de bacias onde ele está presente juntamente com areia ou pedregulhos. A modelagem de reatores catalíticos, em especial dos leitos que operam em fase líquida ou trickle-bed, necessita considerar os efeitos relacionados com o escoamento no meio poroso, já que a resistência à transferência de massa pode ter impacto na macro cinética do reator. Além disso, a dispersão de determinados poluentes no solo também requer conhecimento do comportamento dos fluidos em meios porosos [1, 12].

Na indústria petroquímica, é possível observar esse fenômeno em reatores trifásicos de leito catalítico fixo, também conhecidos como *Trickle-Bed Reactors* (TBR). Neste equipamento, injeta-se no topo do reator uma fase líquida e uma fase gasosa que escoam por um leito catalítico que é formado por um conjunto de pequenas esferas (*pellets*) dispersas aleatoriamente no interior do TBR [13]. Por isso, um dos principais problemas apresentados pelo TBR está justamente na má distribuição da mistura reacional ao longo do leito catalítico [14].

A necessidade de prever a má distribuição do líquido com precisão é muito importante, pois pequenas variações na uniformidade do escoamento podem provocar uma perda significativa de atividade do TBR [15], este parâmetro está relacionado com a permeabilidade das fases no meio poroso [16] e a dispersão molecular radial e longitudinal [17].

Diante disso, este trabalho teve como objetivo determinar experimentalmente a correlação entre a permeabilidade de um leito catalítico atualmente utilizado num reator trickle-bed para hidrogenação seletiva de Metil Acetileno e Propadieno (MAPD) em uma planta petroquímica e a velocidade superficial do fluido neste meio poroso, além da porosidade deste leito e da sua densidade aparente.

2. METODOLOGIA

Um contaminante do propeno, que é intrínseco ao processo de pirólise, é o Metil Acetileno e o Propadieno (MAPD), que normalmente são eliminados dentro da própria planta de pirólise através de hidrogenação seletiva destes compostos em reatores catalíticos. Na indústria petroquímica há atualmente dois processos de hidrogenação seletiva de MAPD: uma em fase líquida e outra em fase gasosa. O processo em fase líquida (mais recente) é predominante nas plantas construídas a partir da década de 80, onde a tendência é haver teores maiores de

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

MAPD na corrente de propano e propeno, já que praticam maiores severidades de craqueamento [18, 19].

A hidrogenação seletiva de MAPD em fase líquida é o processo mais moderno. Reatores trickle-bed podem dispersar melhor o calor gerado, permitem a construção de reatores de menor volume, podem ser operados a menores temperaturas e o propeno em fase líquida ajuda a lavar os oligômeros formados no reator. Reatores trickle-bed podem lidar com concentrações mais elevadas de MAPD, associado a um reciclo do produto do reator para diluir o MAPD na entrada [20].

Inicialmente foram feitas medições dos diâmetros de diversas amostras de partículas do catalisador, usando-se um paquímetro. As partículas do catalisador (Figura 1) não são perfeitamente esféricas e sua forma é normalmente chamada de *pearl shape* (forma de pérola). Contudo, neste estudo elas foram consideradas esféricas. O material da partícula é predominantemente alumina. Porém, como não são conhecidos os efeitos de eventuais poros intrapartícula, nem se pode calcular o efeito do metal ativo (mesmo com concentração de 0,3% em massa), a fração de vazios do leito foi medida experimentalmente. Por se tratar de um catalisador comercial, não serão medidas nem divulgadas suas propriedades texturais nem o tipo alumina que constitui o seu suporte, mas sim determinada experimentalmente a efetiva fração de vazios do leito.



Figura 1. Amostras de partículas do catalisador que forma o meio poroso comparativamente a uma escala graduada em centímetros. (Fonte: elaborada pelo próprio autor).

Para a obtenção do valor da permeabilidade do meio poroso, foi medida a vazão do fluido, que no estado estacionário proporcione uma altura estável h_1 de coluna de fluido, que é uma medida do diferencial de pressão no leito para uma dada vazão de fluido percolando por ele. Estes ensaios foram repetidos para diversos valores de h_1 . A viscosidade e massa específica utilizadas nos cálculos foram correspondentes à temperatura do fluido durante a realização do experimento. Este aparato experimental está representado de forma simplificada na Figura 2, onde h_2 é a altura do meio poroso e D é o diâmetro deste leito (que neste experimento foi cilíndrico). De posse destes dados, foi calculada a permeabilidade do fluido no leito, utilizando equação de Darcy. Para cada valor de vazão de água, foram feitos ensaios em duplicata, sendo considerados válidos os resultados que apresentaram diferença entre si menor que 3%.

Um dos cuidados que se deve ter é garantir que a razão entre o diâmetro do leito e o diâmetro das partículas seja grande o suficiente para prevenir a ocorrência de efeito de parede no escoamento do fluido, o que poderia comprometer a medida da permeabilidade por escoamento preferencial na região próxima às paredes. Neste experimento, esta razão foi

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

maior que 30. Para prevenir a ocorrência deste fenômeno, em geral considera-se adequado que esta razão seja maior ou igual a 20. Com relação ao fluido empregado no experimento, foi utilizada água desmineralizada, cujas propriedades foram obtidas da literatura [21].

Além disso, é necessário fazer o pré-molhamento do leito através da passagem de um fluido pelo meio poroso por tempo suficiente para garantir que todos os poros e espaços vazios estejam saturados com o fluido. Por esta razão, estabelecida uma vazão de fluido, a altura h_1 , para ser considerada uma informação válida para o cálculo da permeabilidade, foi mantida estável pelo período mínimo de 15 minutos.

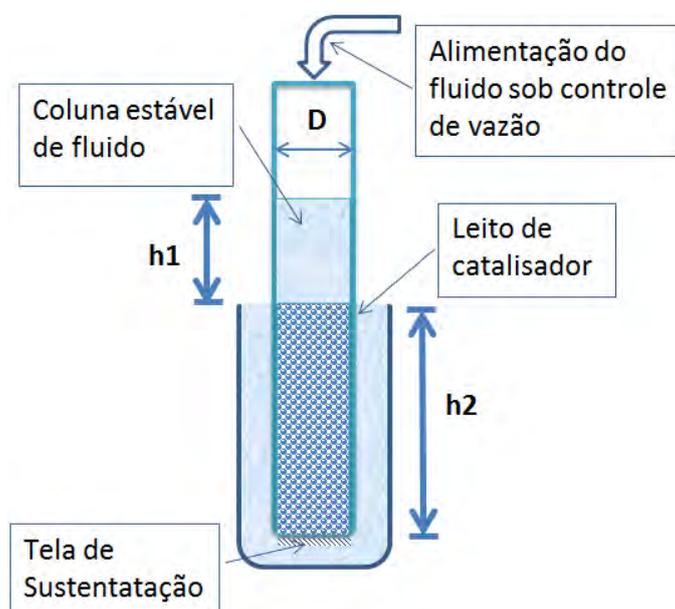


Figura 2. Aparato experimental utilizado para a determinação da permeabilidade do leito poroso. (Fonte: elaborada pelo próprio autor).

A densidade aparente do leito também foi medida em laboratório, em triplicata, através da divisão da massa do leito catalítico (massa de um recipiente contendo um volume conhecido de leito catalítico subtraída da massa do mesmo recipiente sem o leito catalítico) pelo volume do material contido no recipiente.

Uma vez conhecida a densidade do material constituinte da partícula, teoricamente poder-se-ia determinar a fração de vazios do leito catalítico através da divisão da densidade aparente do leito pela densidade do material constituinte das partículas. Porém, dificuldades em se determinar a densidade do material da partícula poderiam levar a erros na determinação da porosidade. Por esta razão, a medida da porosidade do leito foi realizada, em triplicata, através da medição da massa de fluido necessário para saturar completamente um bécquer com um volume conhecido de leito catalítico. Conhecendo-se a densidade do fluido na temperatura do experimento, foi possível calcular a fração de vazios deste leito, através da divisão do volume de água necessário para saturar completamente o leito catalítico pelo volume deste leito. Este ensaio foi repetido para três quantidades de material catalítico para garantir que não havia influência de escala.

Utilizando o software Minitab 14, foram tratados os dados obtidos com a medição dos diâmetros de partículas de catalisador de um determinado conjunto, formado por 25 partículas escolhidas aleatoriamente.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados obtidos com as medições de diâmetros das amostras de partículas apresentaram uma distribuição normal (p-value: 0,216). O valor médio foi 3,13 mm e o desvio padrão obtido foi 0,44 mm. Nesta amostra, os diâmetros variaram de 2,48 mm a 3,83 mm. Na Figura 3 está representada a distribuição de probabilidades e o intervalo de confiança de 95%. O fato de a distribuição ser normal sugere que os diâmetros das partículas variam aleatoriamente em torno de uma média e que há uma probabilidade de 95% de uma determinada medida de diâmetro de partícula ser maior que o valor da média menos duas vezes o valor do desvio padrão e menor que o valor da média mais duas vezes o valor do desvio padrão.

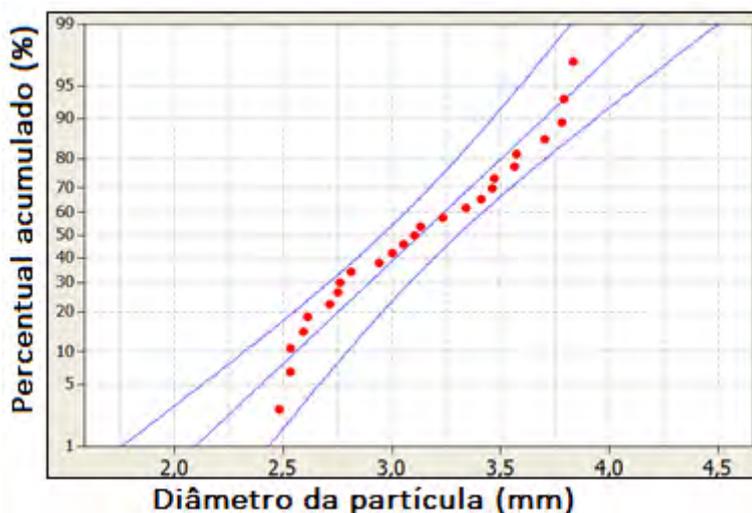


Figura 3. Distribuição de probabilidades do diâmetro das partículas da amostra analisada.

Na Tabela 1 estão registradas as informações referentes às propriedades do fluido empregado no experimento (água desmineralizada) e geometria básica do leito catalítico.

Tabela 1. Valores das variáveis comuns aos ensaios de permeabilidade. (Fonte: Autor).

Variável	Valor
Temperatura da água (°C)	26,0
Massa específica da água (kg/m ³)	999,60
Viscosidade da água (kg·m ⁻¹ ·s ⁻¹)	0,00095
Área da secção reta do leito (m ²)	0,00694
Altura do leito poroso, h ₂ (m)	0,228
Diâmetro do leito poroso, D (m)	0,094

Os resultados obtidos nos ensaios experimentais de permeabilidade estão apresentados na Tabela 2. A velocidade do fluido presente nesta tabela é a velocidade na seção sem catalisador, ou seja, a vazão volumétrica total de fluido dividida pela área da seção transversal do cilindro onde está contido o leito catalítico, também conhecida como velocidade superficial. Outra abordagem seria usar a velocidade intersticial, ou seja, a velocidade pelos interstícios do meio poroso. A velocidade intersticial é obtida dividindo-se a velocidade superficial pela porosidade do meio.

A relação entre os valores da permeabilidade e a velocidade superficial praticada está representada na Figura 4. Observa-se que para as faixas de velocidades e Reynolds praticadas o valor da permeabilidade não permanece constante, que é uma premissa para a validade da equação de Darcy.

Considerando que a velocidade superficial, nos reatores industriais de hidrogenação em fase líquida que utilizam este leito catalítico, varia tipicamente entre 0,015 e 0,025 m/s, percebemos que a equação de Darcy e as correlações de predição para a permeabilidade nestes leitos catalíticos devem ser analisadas criticamente, preferindo-se a avaliação experimental. Outros autores chegaram a conclusões semelhantes, para diferentes tipos de meios porosos e faixas de velocidade superficial [9], reforçando a necessidade de avaliação empírica da permeabilidade do meio poroso nas condições de processo de interesse, sempre que isto for possível.

Tabela 2. Dados experimentais dos ensaios de permeabilidade.

Variável	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6
Altura da coluna d'água (m)	0,027	0,046	0,077	0,115	0,137	0,198
Diferencial de pressão (N/m ²)	264,67	450,93	754,81	1127,31	1342,97	1940,94
Vazão de água (m ³ /s)	3,23E-05	5,43E-05	8,62E-05	1,15E-04	1,28E-04	1,55E-04
Permeabilidade (m ²)	3,80E-09	3,76E-09	3,56E-09	3,19E-09	2,98E-09	2,50E-09
Permeabilidade (Darcy)	3754,2	3712,5	3518,0	3147,9	2940,5	2464,3
Reynolds	18,6	31,4	49,8	66,5	74,0	89,6
Velocidade superficial (m/s)	4,65E-03	7,83E-03	1,24E-02	1,66E-02	1,85E-02	2,24E-02

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

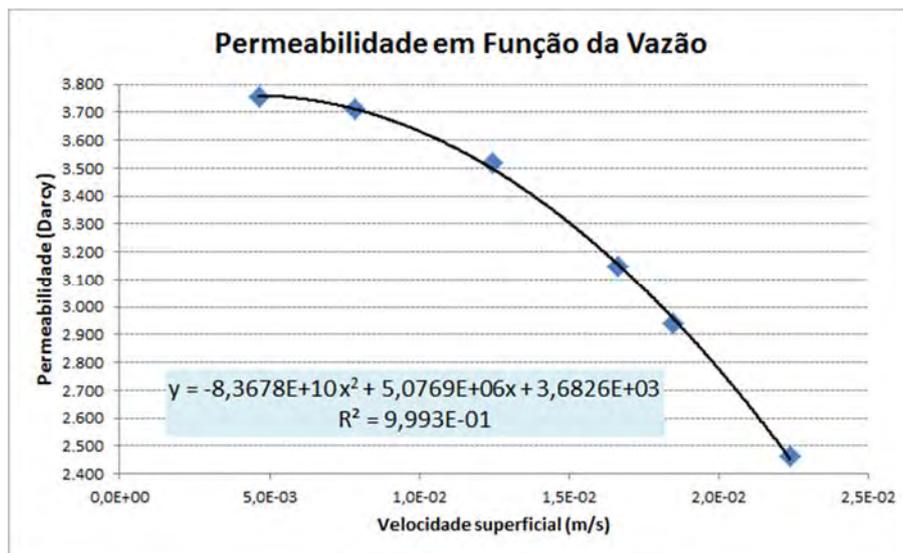


Figura 4. Valores de permeabilidade do leito catalítico obtidos em laboratório em função da velocidade de escoamento.

Baseado nos dados obtidos, este estudo propõe uma relação quadrática entre a permeabilidade e a velocidade superficial do fluido (Equação 6, onde k é a permeabilidade, em Darcy, e v é a velocidade superficial, em m/s), cujo coeficiente de correlação (R^2) foi 0,9993, denotando um bom ajuste do modelo sugerido aos dados experimentais. Deve-se observar que esta correlação é válida para o meio poroso analisado e para a faixa de variação do número de Reynolds praticada nos experimentos.

$$k = -8,3678E+10 v^2 + 5,0769E+6 v + 3682,6 \quad (6)$$

Esta correlação entre a permeabilidade e a velocidade superficial sugerida pelos dados experimentais deverá ser utilizada na simulação do reator industrial de hidrogenação seletiva de MAPD.

Os valores obtidos em laboratório para a porosidade (0,343) e densidade aparente do leito ($647,7 \text{ kg/m}^3$) estão próximos dos valores padrões esperados pelo fabricante do catalisador, considerando leitos onde as partículas são dispostas randomicamente, apresentando uma diferença inferior a 5%.

6. CONCLUSÃO

Esta investigação caracterizou um leito poroso, constituído por partículas de catalisador usado para a hidrogenação seletiva de MAPD em fase líquida, quanto à permeabilidade, porosidade e densidade aparente. Os resultados mostraram que, para a faixa de velocidades superficiais exploradas, a permeabilidade varia com a velocidade superficial, evidenciando que este não é um escoamento darciniano, no qual a permeabilidade não depende da velocidade. Baseado nos dados obtidos, este estudo propõe uma relação quadrática entre a permeabilidade e a velocidade superficial do fluido, cujo coeficiente de correlação (R^2) foi de 0,9993. Os valores

obtidos em laboratório para a porosidade (0,343) e densidade aparente do leito ($647,7 \text{ kg/m}^3$) apresentam uma variação em relação aos valores padrões informados pelo fabricante do catalisador inferior a 5%.

REFERÊNCIAS

¹NETO, Á. B. *Simulação de fluxo e fluidos em meios porosos desordenados. Uma análise de efeito de escala na estimativa da permeabilidade e do coeficiente de arraste*. UFRN, Natal, **2012**.

²CARDENAS, S, M. *Avaliação fluidodinâmica do HDT em regime contracorrente com o uso da fluidodinâmica computacional - CFD*. 2012. UNICAMP, Campinas, **2012**.

³KAUR, N.; SINGH, R.; WANCHOO, R. K. Flow of Newtonian and Non-Newtonian Fluids Through Packed Beds: An Experimental Study. *Transport in Porous Media*, **2011**, v. 90, n. 2, p. 655–671.

⁴NIJEMEISLAND, M. *Influences of catalyst particle geometry on fixed bed reactor near-wall heat transfer using CFD*. Worcester Polytechnic Institute, **2003**.

⁵MUNAGAVALASA, Murthy S.; PILLAI, Krishna M. A Deviation from Darcy's Law due to unsaturated Flow in Dual-Scale Porous Media. *Journal of Porous Media*, **2009**, v. 12, p. 327–344.

⁶MARTÍNEZ, M. *et al*. Numerical simulation of the liquid distribution in a trickle-bed reactor. *Chemical Engineering Science*, **2012**, v. 76, p. 49–57.

⁷BRENNEN, C. E. *Fundamentals of Multiphase Flows*. Cambridge, **2005**.

⁸BAKER, M. J. *CFD simulation of flow through packed beds using the finite volume technique*. 2011. University of Exeter, **2011**.

⁹WANG, Y.; CHEN, J.; LARACHI, F. Modelling and simulation of trickle-bed reactors using computational fluid dynamics: A state-of-the-art review. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **2013**, v. 91, n. 1, p. 136–180.

¹⁰CIVAN, Faruk; PRADA, Alvaro. Modification of Darcy's law for the threshold pressure gradient. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **1999**, v. 22, 237–240.

¹¹FIRDAOUSS, M.; GUERMOND, J.; QUÉRÉ, P. Nonlinear corrections to Darcy's law at low Reynolds numbers. *Journal of Fluid Mechanics*, **1997**, 343, pp 331-350.

¹²FRANKFURT, R. *Simulação de transporte de massa de um soluto em meio poroso com auxílio do cfd (computer fluid dynamics)*. 2008. USP, São Paulo, **2008**.

¹³WU, W. *et al.* Kinetic Studies and Operating Strategies for an Industrial Selective Hydrogenation Process. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **2011**, v. 50, n. 3, p. 1264–1271.

¹⁴BAZMI, M. *et al.* CFD simulation and experimental study of liquid flow mal-distribution through the randomly trickle bed reactors. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, **2012**, v. 39, p. 736–743.

¹⁵ATTA, Arnab; NIGAM, K.D.P.; ROY, Shatanu. Investigation of liquid maldistribution in trickle-bed reactors using porous media concept in CFD, *Chemical Engineering Science*, **2007**, v. 62, p. 7033 – 7044.

¹⁶NEMEC, D.; LEVEC, J. Flow through packed bed reactors: Two-phase concurrent downflow. *Chemical Engineering Research and Design*, **2005** v.60, p. 6958–6970.

¹⁷DELGADO, J. M. P. Q. Longitudinal and transverse dispersion in porous media. *Chemical Engineering Research and Design*, **2007**, v. 85, p. 1245–1252.

¹⁸WANG, B.; FROMENT, G. F. Kinetic Modeling and Simulation of the Selective Hydrogenation of the C 3 -Cut of a Thermal Cracking Unit. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **2005**, v. 44, p. 9860–9867.

¹⁹PERRONE, O. V.; FILHO, A. P. DA S. *Processos Petroquímicos*. 1. ed. Rio de Janeiro: IBP, **2013**.

²⁰SAMIMI, F. *et al.* Application of response surface methodology for optimization of an industrial methylacetylene and propadiene hydrogenation reactor. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **2015**, v. 46, p. 51–64.

²¹PERRY, R. H.; GREEN, D. W.; MALONEY, J. O. *Chemical Engineer Handbook*. 7th Edition, ed. McGraw-Hill, New York, **1997**.

BIG DATA PARA ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS MASSIVOS PROVENIENTES DA INTERNET INDUSTRIAL
Dr. Eduardo Manuel de Freitas Jorge ¹, Msc. Fábio Britto de Carvalho Almeida ¹ e Regina Pereira Silva¹

¹SENAI/CIMATEC, E-mail: eduardo.jorge@fieb.org.br; falmeida@fieb.org.br; reginabiode@gmail.com

RESUMO

As indústrias de manufatura contam hoje com os sistemas de controle e aquisição de dados denominados de MES (Manufacturing Execution System). Soluções deste tipo são softwares que adquirem dados discretos de um processo, a partir de diversas fontes, os armazenam em um banco de dados e os disponibilizam através de relatórios analíticos. Proporcionando uma visão unificada de todo o processo e ajudando assim que as aplicações cliente tenham um controle mais preciso das etapas da produção. O objetivo deste artigo é apresentar uma solução de Big Data para a construção de uma aplicação analítica de MES na Indústria, detalhando softwares que atendam os requisitos não funcionais de Replicação, Sharding e Schema Design. A solução é representada através de uma arquitetura que possui na sua base os softwares MongoDB e Pentaho. O cenário de uso para teste de a arquitetura proposta objetiva unificar informações de Máquinas Injetoras volumosas, distribuídas e variadas do chão de fábrica em um contexto de uma Indústria com inúmeras filiais. A unificação das informações visa proporcionar ao gestor, indicadores de produção por tempo de funcionamento destas máquinas, com o monitoramento de Andon's. As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da solução proposta nesse trabalho conseguiram atender de forma positiva a arquitetura proposta e aos requisitos não funcionais de performance, desempenho e disponibilidade das informações, seja em aplicações da Web das Coisas e Internet das Coisas, como também no contexto da Internet Industrial.

Palavras-chaves: *Tecnologia da Informação, Sistema de Execução da Manufatura, MongoDB*

ABSTRACT

The manufacturing industries today rely on the control systems and data acquisition called MES (Manufacturing Execution System). Such solutions are software that acquire data from a discrete process, from various sources, store them in a database and make them available through analytical reports. Providing a unified view of the entire process and helping so that client applications have more precise control of the stages of production..The objective of this article is to present a solution of Big Data for building an analitic application of MES in Industries, detailing softwares that do not attend to non funcional requirement of Replication,

Sharding e Schema Design. This solution has its architecture based on MongoDB and Pentaho. The scenario for validating this architecture is intended to unify information from large, distributed and different Injector Machines. Those information will be used to generate production indicators by working time of those machines. The technologies used to develop the solution proposed in this work were able to answer positively to proposed architecture and nonfunctional requirements of performance, performance and availability of the information, whether in Web applications of Things and Internet of Things, as well as in the context of Industrial Internet.

Palavras-chaves: Information Technology, Sistema de Execução da Manufatura, MongoDB

1. INTRODUÇÃO

Uma das áreas de pesquisa de destaque na computação nestes últimos anos é a temática Big Data e *Cloud Computing* (armazenamento em nuvem) [1]. As evoluções tecnológicas na capacidade de armazenamento de dados, no poder de processamento computacional e na redução de custos de sensores eletrônicos, somado a alta conectividade têm propiciado surgimento de soluções de Big Data, pode-se citar exemplos de uso no Facebook[2], Google[3], Ebay[4], Amazon[5] e IBM Watson[6]. O contexto deste artigo está em analisar como estes avanços também se refletem no setor industrial, conhecido pelo termo de Internet Industrial.

Ambientes da Internet Industrial são compostos por máquinas inteligentes com inúmeros sensores eletrônicos. Estes sensores estão conectados com a internet por meio de protocolos específicos gerando uma grande quantidade de dados que podem ser analisados em tempo real. A coleta destes dados objetiva o desenvolvimento de soluções analíticas, buscado eficiência nos processos industriais. Por exemplo, com o tratamento dessas informações podem ser realizadas manutenções preditivas antecipando possíveis problemas de operação. Segundo dados de uma pesquisa realizada pelo IDC Brasil e que se encontra no site da IBM [7], apontam que em 2011 foram produzidos 1,7 zettabytes de dados, em 2012 2,7 zettabytes e que em 2015, ano desta pesquisa, pode chegar a 8 zettabytes de dados, sendo que muitos destes dados serão produzidos pela Internet Industrial.

As indústrias de manufatura contam hoje com os sistemas de controle e aquisição de dados denominados de MES (*Manufacturing Execution System*) [8]. Soluções deste tipo são softwares que adquirem dados discretos de um processo, a partir de diversas fontes, os armazenam em um banco de dados e os disponibilizam através de relatórios analíticos. Proporcionando uma visão unificada de todo o processo e ajudando assim que as aplicações cliente tenham um controle mais preciso das etapas da produção. Já existem soluções de manutenção preditiva na Indústria, porém estruturadas com Banco de Dados Relacional

OLTP (*Online Transaction Processing ou Processamento*) ou OLAP (*On-line Analytical Processing*). Entretanto, será que uma estrutura de Big Data não seria a melhor opção para aplicações de Internet Industrial, que demandam dados volumosos e distribuídos. Outro ponto é que soluções deste tipo, não precisam assegurar todas as características dos Bancos de Dados convencionais como as propriedades ACID (*Atomicidade, Consistência, Isolamento, Durabilidade*). Em outro contexto, mas, com a problemática similar, o Facebook opta por uso de Big Data, o vice-presidente da engenharia de infraestrutura da empresa, Jay Parikh [9] ressalta que são mais de 500 terabytes de dados processados por dia, e mais de 2,7 bilhões de likes diários e 300.000.000 uploads de fotos.

O objetivo deste artigo é apresentar uma solução de Big Data para a construção de uma aplicação analítica de MES na Indústria, detalhando os seus componentes de software que atendam aos requisitos não funcionais de Replicação, *Sharding e Schema Design*. A solução é representada através de uma arquitetura que possui na sua base os softwares MongoDB [10] e Pentaho [11]. O cenário de uso para teste de a arquitetura proposta objetiva unificar informações de máquinas Injetoras [12] volumosas, distribuídas e variadas do chão de fábrica em um contexto de uma Indústria com inúmeras filiais. A unificação das informações visa proporcionar ao gestor, indicadores de produção por tempo de funcionamento destas máquinas, com o monitoramento de *Andon's* [13].

Para a construção desta solução a primeira etapa foi à seleção das ferramentas que atendessem os requisitos de Replicação, *Sharding, Schema Design*, consultas OLAP, e BA (*Business Analytics*). Após esta etapa foi realizada a criação de um protótipo ainda fora do contexto MES para testar de forma preliminar a arquitetura. Por fim, para analisar a efetividade da solução de MES, criou-se um protótipo com dados em um ODS (*Operational Data Store*) que agruparam dados das máquinas Injetoras e por fim montou-se a base de dados Big Data e foram desenvolvidas as consultas OLAP.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, abordar-se os conceitos fundamentais de cada tecnologia que compõe esta solução. A Seção 3 apresenta o trabalho desenvolvido. E por fim a seção 4 apresenta a conclusão do presente artigo.

2. BIG DATA, MONGO DB E PENTAHO

À medida que à Internet das Coisas, a Web das coisas e a Internet Industrial avançam e são produzidos dados aceleradamente, buscam-se nas tecnologias de *Big Data Analytics* entender todas, essas informações. Nesta seção detalham-se brevemente os conceitos de Big Data e as duas ferramentas base da arquitetura desta pesquisa: MongoDB e Pentaho.

2.1. BIG DATA

Big Data refere-se às informações que estão além da capacidade das ferramentas de bancos de dados típicos de capturar, armazenar, tratar e analisar [14]. E ainda Big Data refere-se a um grande volume de dados com enorme velocidade [12]. Ou seja, é a transformação de uma enorme quantidade de dados oriundos de diversas localidades, em informações em tempo real. Big Data baseia-se no 5V's, que são volume, variedade, velocidade, veracidade e valor [15].

Volume: crescimento exponencial, 3X mais dados produzidos, que armazenados, dados estes, produzidos por seres humanos e Web das Coisas tudo que visualizamos através dos browsers pela Web (redes sócias, e-commerce), Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*), objetos físicos conectados a internet por meio de RFID's (*Radio-Frequency Identification*) (relógios, carros, Goolge Glass, tênis) e Internet Industrial máquinas equipadas com dispositivos embarcados e sistemas inteligentes, também, conectados à rede (turbinas de gás e petróleo, motores à jato, equipamentos hospitalares, máquinas injetoras);

Variedade: os tipos de dados suportados por uma estrutura de Big Data são variados, mas atualmente têm-se três classificações de estruturas básicas de dados, são elas:

Dados estruturados: dados com comprimento e tipo definido. Ex: números, datas, strings;

Dados não estruturados: dados sem um formato específico. Ex: imagens de satélite, dados científicos, fotos, vídeos, documento, mídia social, web;

Dados semiestruturados: que não são aderentes a um esquema fixo, mas podem ser autodefendidos. Ex: JSON, EDI, XML.

Velocidade: criação e captura de dados brutos a taxas muito rápidas, arquivos em lote, obtidos de bancos de dados, ou dados gerados em tempo real (em *streaming*), sendo preciso agir em tempo real;

Veracidade: nem todos os dados gerados possuem um valor ao negócio, podem ser possíveis dados incompletos e desatualizados, sendo assim é necessário desvincular o que é relevante e rico de conteúdo em meio ao iceberg de informações e dados;

Valor: os dados quando processados e analisados trazem consigo informações valiosas que podem transformar a forma como os dados são vistos, agregando novos valores e insights.

As empresas que agregam uma solução de Big Data ao seu negocio podem ganhar em competitividade com seus concorrentes. Seja conhecendo melhor o seu cliente ou oferecendo melhores serviços aos mesmos e ainda podem melhorar na gestão e manutenção de seus produtos. Um dos bancos de dados que consegue atender positivamente a estrutura de Big Data é o MongoDB, baseado no paradigma não relacional (NoSQL – *Not Only SQL*), este suporta variados tipos de dados, um das cinco características de Big Data, por exemplo.

2.2. MONGODB

MongoDB é um Banco de Dados Open-Source , NoSQL (não relacional) e orientados a Documentos, que foi desenvolvido na Linguagem C++. Um Documento em MongoDB é uma estrutura de dados composta por Chave e Valor. As principais características deste Banco não relacional são: alta performance, alta disponibilidade, escalabilidade automática e sem modelagem (*Schema Design*), além de recursos como busca textual (*Full Text Search*), Aggregation Framework, Índices Espaciais (geográficos), *Sharding* e *Replica Set* (replicação de dados), No site oficial do mesmo é possível obter uma documentação atualizada que enumera todos os recursos da solução. A seguir detalha-se os componentes do MongoDB relevantes para esta pesquisa. A seguir detalha-se os componentes do MongoDB relevantes para esta pesquisa.

Schema Design em MongoDB são esquemas dinâmicos e implícitos, não existindo a necessidade de criar toda estrutura do banco de dados (chamado de *Schema*), a criação de coleções é realizada dinamicamente, existem documentos de diferentes tipos na mesma

coleção, os campos podem ser alterados em cada documento a qualquer momento sem afetar a estrutura da coleção e estas não precisam ter um conjunto idêntico de campos.

MongoDB, também, proporciona replicação de dados, que é o processo de sincronização das informações entre vários servidores, existindo redundância dos mesmos. Com isso tem-se um aumento da disponibilidade, já que existem várias cópias dos dados em diferentes servidores, assim os mesmos são protegidos em caso de perda de um servidor. Há recuperação de falha de hardware e interrupções de serviço. Com cópias adicionais dos dados, pode-se dedicar um para recuperação de desastres, elaboração de relatórios, ou backup. O MongoDB trabalha com o conceito de mestre/escravo, no qual uma réplica primária recebe todas as operações de escrita e as secundárias replicam essas operações mantendo assim um mesmo conjunto de dados idênticos. Sendo que, o primário (mestre) é quem recebe as operações de escrita e os secundários (escravos) replicam aceitando apenas operações de leitura diretamente, sem a necessidade de passar pelo mestre.



5

Figura 1. Exemplo de Arquitetura do MongoDB para Replicação de Dados¹.

O *Mongo Shell* é um shell interativo que é baseado em comandos da Linguagem *JavaScript* oferecendo flexibilidade no gerenciamento do banco de dados, e possibilitando a execução de operações administrativas.

Os documentos em MongoDB são no formato JSON (ver um exemplo na figura 2), que é um acrônimo para “*JavaScript Object Notation*”, é um formato leve para intercâmbio de dados computacionais. JSON é um subconjunto da notação de objeto de *JavaScript*, mas seu uso não requer o uso da linguagem exclusivamente. Documentos JSON suportam: números, strings e valores booleanos, bem como arrays e hashes e outros JSON’s aninhados, e o MongoDB usa documentos JSON para armazenar registros na sua base de dados com esse formato.

MongoDB representa documentos JSON em formato binário codificado chamado BSON (*Binary JSON*) nos bastidores. BSON estende o modelo de JSON para fornecer os tipos de

⁵ Disponível em: <http://www.engineering.ons.ee/2013/10/onsee-implementa-alta-disponibilidade-em-seu-banco-de-dados/>. Acesso em 15 fevereiro 2015.

dados adicionais e para ser eficiente para codificação e decodificação em diferentes idiomas. BSON é uma versão binária do JSON, guardando os dados através do uso de pares chave/valor.

A escolha pela utilização do MongoDB, dentre outros bancos NoSQL e com capacidade de suportar uma solução de Big Data, e que ele possui características como citadas acima e outras funcionalidades: escalabilidade, performance, não está preso a uma modelagem definitiva, processamento em tempo real, dados com crescimento exponencial, drivers para quase todas as linguagens de programação, é possível utilizar ao mesmo tempo um banco relacional e banco NoSQL como MongoDB. Empresas como FourSquare, Easytaxi, Globo.com e EA Games utilizam este banco em suas aplicações [10].

2.2. PENTAHO

O funcionamento de uma plataforma de BI pode ser exemplificado com o Pentaho. Os conceitos presentes na arquitetura do mesmo tais como: OLAP, Data Mart e Data Warehouse são bem presentes na literatura [1].

Segundo Howard Dresner, BI é um termo genérico, usado para descrever um conjunto de conceitos e métodos para aperfeiçoar a tomada de decisões de negócios utilizando sistemas de suporte baseados em fatos.

O valor real dos sistemas de BI está na sua utilização para apoiar as organizações para tomar decisões bem informadas que levará a uma maior rentabilidade, custos reduzidos, eficiência, crescimento da quota de mercado [16].

O termo OLAP é definido como uma interface com o usuário que proporciona a capacidade de ter ideias sobre os dados, permitindo analisá-los profundamente em diversos ângulos. Suas principais funções são: visualização multidimensional dos dados, exploração, rotação. O *Data Warehouse* armazena as informações de forma eficiente, o OLAP deve recuperá-las com a mesma eficiência, porém com mais rapidez. As duas tecnologias se complementam, ao ponto que um DW para ser bem sucedido, já na sua concepção, deve levar em consideração o que se deseja apresentar na interface OLAP. Ou seja, OLAP é uma interface com o usuário e não uma forma de armazenamento de dados, porém se utiliza do armazenamento (*Data Warehouse*) para poder apresentar as informações. E *Data Marts* são subconjuntos de *Data Warehouse*, ou seja, também são repositórios de dados [1].

Uma das ferramentas mais utilizadas no mercado para a análise de dados é o Pentaho, a versão utilizada para este projeto é a Pentaho Community, que é *Open Source* (código-aberto).

Pentaho é um poderoso *Business Intelligence Suite* oferece recursos como: relatórios, tabelas dinâmicas de OLAP, Dashboards entre outros [16]. Ou seja, o conjunto de ferramentas integradas do Pentaho proporciona um ambiente de desenvolvimento para a criação de soluções BI, com alto desempenho e disponibilidade para seus usuários para a tomada de decisões. Pentaho é desenvolvido em Java e necessita da JVM (*Java Virtual Machine*) para rodar suas aplicações, e é *Open Source*.

Para entender melhor todo o conjunto de ferramentas disponibilizadas pelo Pentaho, será descrito a sua arquitetura para melhor compreender o seu funcionamento. Como foi dito anteriormente, o Pentaho é composto por um conjunto de ferramentas, e algumas delas constam na arquitetura. Agora, iremos descrever sobre cada etapa desta arquitetura:

Camada Fonte de Dados: Pentaho suporta dados provenientes de diversas bases de dados como PostgreSQL, MySQL, Oracle, arquivos de texto e/ou arquivos com extensão .xml, .xlsx e Big Data como Hadoop, MongoDB, Cloudera, entre outros;

Camada Dados e Integração de Aplicações ETL: Para realizar transformações em Pentaho, seja para extrair dados de uma base de dados ou salvar, utilizamos a plataforma do PDI (*Pentaho Data Integration*) que contém a ferramenta de ETL (*Extract Transform Load*) Kettle. ETL é o processo de extração de dados oriundos de fontes externas como as citadas no tópico anterior, e que visa à transformação, a extração ou importação dos dados para ambientes como Data Warehouse;

Camada de Business Intelligence: esta camada tem uma biblioteca principal, o JPivot, que é responsável por customizar tabelas e gráficos OLAP. Tendo opções de *drill down e slice-and-dice* e usa a ferramenta Mondrian, por exemplo, como engine de consultas OLAP;

Camada de Apresentação: na camada de apresentação há um conjunto de ferramentas (o CTools) que o Pentaho disponibiliza para a criação de *dashboards* dinâmicos, e há também a possibilidade de integração com o *Bootstrap*, estilizador de componentes CSS. O principal ambiente de desenvolvimento é o CDE (*Community Dashboard Editor*) no qual pode-se conectar aos *Data Warehouse* e/ ou *Data Marts* para a extração dos dados, como também, extrai-los diretamente das chamadas *Kettles Queries*, que são as transformações feitas no PDI.

A plataforma Pentaho, apesar de toda essa divisão em camadas, consegue integrar desde a base de dados até a interface online com o usuário, dispondo as informações de forma dinâmica e acessível, sendo de fácil entendimento. Existe uma comunidade ativa que utiliza e discute sobre todas as funcionalidades disponibilizadas pela plataforma e que está em constante atualização, mantendo também documentação de como integrar com diversos bancos, sejam eles relacionais ou não, inclusive com o MongoDB.

3. BIG DATA PARA ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS MASSIVOS PROVENIENTES DA INTERNET INDUSTRIAL

Como mencionado na introdução este artigo descreve uma arquitetura para o projeto coletar dados gerados pelas Máquinas Injetoras distribuídas na matriz e filial, através dos protocolos de conexão com a internet. Objetiva-se, armazená-los em coleções no MongoDB, e em sequência dispor essas informações em painéis (*dashboards*), feitos com *Pentaho BI Server*. Com isso, o processo foi dividido em três etapas importantes:

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Análise dos recursos do banco MongoDB, seu funcionamento, aplicabilidade dos seus principais conceitos de NoSQL, a criação de uma base de dados, ou seja, uma coleção ou coleções, realizações de consultas, inserções, e exclusões, replicação de dados;

Análise da ferramenta Pentaho e integração da mesma com o banco, realizando transformações e as disponibilizando nos painéis gráficos para consultas para tomada de decisões pelos seus usuários, disponíveis via internet;

A coleta dos dados das Injetoras, com a criação de um ODS (*Operational Data Store*) feito na linguagem Java capaz de integrar todos os dados e inseri-los para o banco para armazená-los.

Duas das etapas acima foram realizadas como forma de protótipos, a exemplo, foi criada uma base de dados no ManogoDB e deste foram realizadas consultas, (*queries*), para fins de testes, assim como etapa 2, na qual foi realizada a integração dos dados com o Pentaho. Algumas das especificações técnicas sobre a ferramenta já foram descritas na secção 2.3 bem como o seu funcionamento com base na sua arquitetura. O Pentaho já vem com drivers para a integração com diversas bases de dados e entre elas o MongoDB. Foi realizada uma transformação na ferramenta, Kettle, que faz parte do conjunto de ferramentas do Pentaho, que seria a extração de dados. Ou seja, entrada ou saída de diversos formatos dados de uma base transformadas em outros tipos de arquivos de dados como arquivos de texto (csv, txt), planilhas (xml, xls), ou importadas para *Data Marts* e/ou *Data Warehouse*, integrando sistemas de empresas distribuídas. Posteriormente foi feita a criação dos dashboards realizados na interface User Console com CDE (*Community Dashboard Edition*) com base nas informações extraídas na transformação feita no Kettle. Restando agora à etapa C para conclusão desta solução em Big Data com base na aplicabilidade dos conceitos de *Replica Set*, *Sharding* e *Schema Desing*.

3.1. ARQUITETURA

A figura a seguir retrata da arquitetura deste projeto. Sendo uma visão geral de todo o projeto, desde a coleta de dados até a ilustração de painéis gráficos das informações.

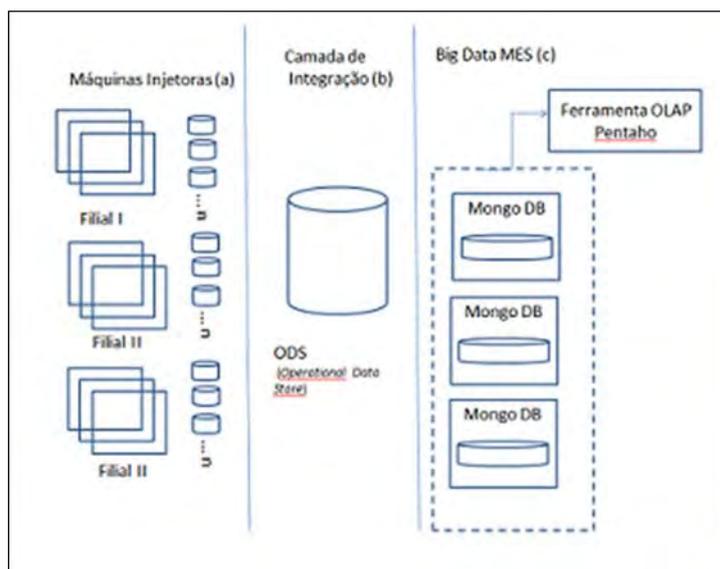


Figura 2. Modelo da Arquitetura do Projeto.

Agora, iremos descrever sobre cada etapa desta arquitetura:

Camada A: esta camada representa a distribuição de máquinas Injetoras por filial e tendo os seus dados armazenados em um conjunto n de banco dados igualmente distribuído;

Camada B: esta representa a integração dos dados em uma única base, centralizando-os, para isso, foi realizada a implementação de um ODS, responsável por integraliza-los;

Camada C: e na última camada a representação de replicação com o MongoDB e a integração deste com o Pentaho, ferramenta pela qual os dados serão apresentados graficamente.

4. CONCLUSÃO

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento desta solução em Big Data conseguem atender de forma positiva a arquitetura proposta e aos requisitos não funcionais de performance, desempenho e disponibilidade das informações, seja em aplicações da Web das Coisas e Internet das Coisas, como também no contexto da Internet Industrial.

Observa-se que apesar desta solução estar no contexto industrial, ela poderá ser reutilizado para outras necessidades similares. Além disso, os elementos de conexão, apresentados na solução MES, entre os software MongoDB e Pentaho podem ser utilizados por outros desenvolvedores interessados na temática Big Data. Já no contexto industrial, a relevância desta pesquisa é apoiar a criação de soluções para a Internet Industrial.

REFERÊNCIAS

¹Kimball, Ross. The Data Warehouse Toolkit: the Complete Guide to Dimensional Modeling. Second Edition, Wiley, 2002.

²Wikipédia. Conceito de Cloud Computing. Disponível em : < http://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_em_nuvem>. Acesso em 15 de fevereiro 2015.

³Facebook. Informações sobre o uso de Big Data Analytics pelo Facebook. Disponível em: <http://siliconangle.com/blog/2012/02/21/facebooks-big-data-story-where-behavior-meets-business/> >. Acesso em 15 de fevereiro 2015.

⁴Google. Plataforma Google Analytics. Disponível em: < <http://www.google.com/analytics/>>. Acesso em 15 de fevereiro 2015.

⁵Ebay. Como grande poderes dados a viagem do cliente eBay. Disponível em: <http://www.computerweekly.com/news/2240219736/Case-Study-How-big-data-powers-the-eBay-customer-journey> . Acesso em 15 de fevereiro 2015.

⁶Site da Datafloq. How Amazon Is Leveraging Big Data. Disponível em: <<https://datafloq.com/read/amazon-leveraging-big-data/517>>. Acesso em 15 de fevereiro 2015.

⁷IBM Watson Foundations. A Big Data and Analytics Platform. Disponível em: <<http://www.ibmbigdatahub.com/ibm-watson-foundations>>. Acesso em 16 fevereiro 2015.

⁸Site da IBM. Pesquisa realizada pelo IDC Barsil. Disponível em: <http://www.ibm.com/midmarket/br/pt/infografico_bigdata.html>. Acesso em 10 novembro 2015.

⁹Da Costa, D. S.; Lima, J. J. L.; Santos, V. L. R. Tecnologias da Informação no Chão de Fábrica. Bahia: Salvador, 2011. 36 p.

¹⁰MongoDB. The MongoDB 2.6 Manual. Disponível em: <<http://docs.mongodb.org/manual/>>. Acesso em: 12 agosto 2014.

¹¹Site do Pentaho. Tutorias, Downloads, Fóruns da Comunidade Pentaho. Disponível em: <<http://www.pentaho.com>> . Acesso em 19 agosto 2014.

¹²Ribeiro, L. dos S. Evolução Tecnológica e Automoção das Máquinas Injetoras. São Paulo: Zona Leste, 2009. 78p.

¹³Termos de Manufaturas. ANDON - Definição. Disponível em: <<http://www.manufacturingterms.com/Andon>>. Acesso em 8 Janeiro 2015.

¹⁴Manyika, J. et al. Big Data: the next frontier for innovation, competition and productivity. McKinsley Global Institute, 2011.

¹⁵Datastorm. 5 Vs: a estrutura do Big Data. Disponível em: <<http://datastorm.com.br/blog/artigos/5-vs-a-estrutura-do-big-data/>>. Acesso em 25 Fevereiro 2015.

¹⁶Bouman, R.; Dongen J. Von (2009). Pentaho Soluções. Business Intelligence e Data Warehousing with Pentaho and MySQL. (Wiley Publishing, Inc.10475 Boulevard Crosspoint Indianapolis, IN 46256).

CONTROLE DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA FUZZY EMBARCADO

Taís Soares¹, Vanderlino da Mata², Emanuel Cajueiro³

¹SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, taissouzandrade@gmail.com

²SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, vander_da_mata@hotmail.com

³SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, emanuelbenicio@gmail.com

RESUMO

Neste artigo foi proposto o processo de desenvolvimento de um sistema de controle de iluminação ambiental que utiliza conceitos de sistemas inteligentes em sua modelagem. Foram demonstradas as vantagens de se projetar sistemas de controle de luminosidade através de abordagens próprias da inteligência computacional, fazendo uso de um software embarcado em um hardware sem que este tenha de ser manuseado pelo usuário. Ainda, mostra-se que a modelagem de um controlador através da aplicação da lógica nebulosa garante o sucesso pretendido de forma eficiente e eficaz. Sua finalidade é fornecer uma solução para o uso sustentável da iluminação artificial em ambientes residenciais. O sistema desenvolvido neste trabalho atendeu mais eficientemente que os controles do tipo ON/OFF no que se refere ao consumo de energia, mostrando-se apto a ser aplicado em projetos mais robustos desde que sejam realizadas as devidas alterações nas tensões a serem utilizadas.

Palavras-Chaves: *Lógica fuzzy; Conjuntos Fuzzy; Controle de Iluminação; Microcontrolador; LDR.*

ABSTRACT

In this paper we propose the process of developing an environmental lighting control system that uses concepts of intelligent systems in their modeling. We aimed to demonstrate the advantages of designing lighting control systems through its own approaches to computational intelligence, using embedded software on hardware without it having to be handled by users and also show that to achieve this purpose of modeling a fuzzy controller ensures the desired success efficiently and effectively. Its purpose is to provide a solution for the sustainable use of artificial lighting in residential environments. The system developed in this work served more efficiently

than controls ON / OFF type with regard to energy consumption, being able to be applied in more robust designs as long as the necessary changes are made in the tensions to be used.

Keywords: Fuzzy logic; Fuzzy Sets; Lighting Control; Microcontroller; LDR;

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle de iluminação constituem a melhor solução para o problema do mau uso da iluminação artificial no ambiente doméstico. Em Canato (2007) descrevem-se algumas formas de implementação comumente encontradas em sistemas de iluminação automatizados. Canato, mostra que o consumo de energia pode ser otimizado com o uso de sistemas adequados, capazes de gerir os gastos de eletricidade através de funções de regulação de intensidade ao considerar critérios como presença/ausência, hábitos e horários.

Esses sistemas geralmente usam sensores que enviam sinais para um núcleo de controle que os interpreta como a confirmação da presença de pessoas num dado local, fazendo com que as luminárias do ambiente sejam acionadas logo em seguida. Tais sistemas podem eliminar a preocupação com o gerenciamento do consumo de energia, impedindo o uso insuficiente ou exagerado do consumidor com o provimento dos recursos energéticos disponibilizados sob seu controle.

Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento de um sistema para controle de iluminação que utiliza um software embarcado escrito a partir de conceitos da lógica *fuzzy* para demonstrar a eficiência energética conseguida através deste tipo de controle no gerenciamento do consumo de eletricidade.

1.1. Lógica *Fuzzy*

Os sistemas *fuzzy* são capazes de lidar com processos com alto grau de complexidade e que são representados por informações linguísticas. Esses sistemas baseiam-se em regras do tipo "se<condição> então <ação>", apoiadas pela teoria dos conjuntos *fuzzy* e pela lógica *fuzzy*, que lhes fornecem a base matemática necessária para lidar com informações de cunho qualitativo (Sousa, 2013).

As regras *fuzzy* fazem parte de um importante componente que constitui o cerne de controle do sistema, a base de regras. A base de regras é composta por regras linguísticas que determinam as políticas de estratégia para a tomada de decisão. A base de regras realiza o mapeamento do domínio da entrada para o domínio da saída, sendo determinante para a geração dos resultados produzidos pelo sistema *fuzzy* (Sousa, 2013).

Com os conjuntos *fuzzy* definidos por suas funções de pertinência para fuzzificação de entradas quantitativas as regras *fuzzy* podem ser utilizadas para tratamento da entrada e realização da inferência *fuzzy*. A inferência *fuzzy* é responsável por avaliar as variáveis de entrada, através da aplicação de regras de produção linguísticas contidas na base de regras, a fim de se obter o valor de saída *fuzzy*. Assim, o valor de saída *fuzzy* é uma função da base de regras especificada (Sousa, 2013).

2. METODOLOGIA

O controle de iluminação é o foco deste projeto que descreve o processo de desenvolvimento de um sistema embarcado baseado na lógica *fuzzy* para controle do consumo de eletricidade e conseqüente redução do desperdício de energia e alinhamento do projeto de natureza sustentável. A lógica *fuzzy* permite dotar uma máquina da capacidade de classificar valores dentro de determinados conjuntos, considerando sempre o grau de pertinência desses mesmos valores a tais conjuntos.

Uma das principais variáveis utilizadas para avaliação de conforto lumínico é a iluminância. A relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a unidade

de área dessa superfície determina a medição ideal da iluminância, que é feita por um fotômetro calibrado em lux, também denominado especificamente de luxímetro. Este conforto lumínico também é baseado em normas.

De acordo com ABNT (1992), as normas referentes à iluminação em ambientes podem ser citadas pela NR 17 (Ergonomia) da Portaria 3214/1978 que direciona para a NBR 5413 e trata da regulamentação que envolve a iluminância de Interiores.

As salas de aula, especificamente, são enquadradas com um campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras. Segundo a norma brasileira NB-57/1991, a iluminação das salas de aulas deve estar no entorno de 300 lux (ABNT, 1992).

Podemos considerar um domínio de iluminação onde seus dois extremos são: mais escuro e mais claro. Sistemas de controle ON/OFF trabalham apenas com os estados de totalmente desligado ou totalmente ligado, coincidindo, esses estados com os extremos da faixa de valores anteriormente citada. Porém, se quiséssemos situar um determinado valor de luminosidade em um grau intermediário, criando uma subdivisão e ainda verificar quanto de escuro ou quanto de claro um determinado valor intermediário tivesse, seria ideal o uso da lógica *fuzzy*. É importante ressaltar que com base na quantidade de escuro, ou na quantidade de claro em um ambiente o sistema tomará as decisões baseadas nos graus de pertinência desses valores. Neste trabalho adotamos a intensidade de iluminação no ambiente como único parâmetro a partir do qual devam ser tomadas todas as decisões do controlador *fuzzy* projetado.

O primeiro momento do processo de desenvolvimento do controlador foi definir quais variáveis atuantes sobre o ambiente para modelagem do sistema. Embora vários critérios possam ser observados, a intensidade luminosa do ambiente é o parâmetro mais direto e intuitivo para esse contexto.

Considerando a entrada e a saída do sistema, foram utilizadas duas variáveis físicas como componentes na modelagem do controlador *fuzzy*. Uma dessas variáveis foi a intensidade luminosa no ambiente em um dado instante, correspondendo ao

parâmetro de entrada para o sistema. Para a saída adotamos a modulação por largura de pulso para controle da alimentação dispensada à lâmpada.

2.1. Procedimento para coleta de dados

. Para que fosse possível realizar o levantamento dos valores referentes aos limites superior e inferior dos contextos nebulosos de luminosidade, utilizou-se uma fotoresistência (LDR – do inglês *light depend resistor*) para a leitura da intensidade luminosa, como mostra a Figura 1. A fim de ter acesso as variações de tensão no LDR, ocasionadas pela variação da resistência do LDR, tornou-se necessário adicionar um resistor em série com o mesmo. O circuito (Figura 1) é alimentado pelo pino da placa Arduino que fornece uma tensão de 5v a circuitos externos. A0 refere-se a um dos pinos analógicos do Arduino e neste projeto ele é responsável por captar os sinais provenientes do sensor de luminosidade.

A leitura da das variações de tensão no LDR foi feita via plataforma Arduino.

O Arduino possui um ambiente de desenvolvimento de aplicações que contém uma ferramenta para leitura e escrita de dados seriais, o *Serial Monitor*. Através dessa ferramenta foi possível visualizar os dados coletados pelo sensor.

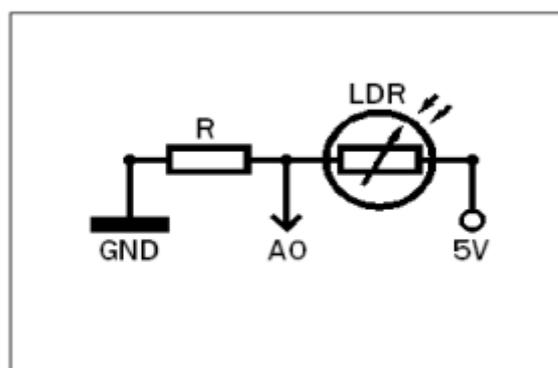


Figura 1. Circuito para leitura da intensidade luminosa

Neste projeto não trabalhou-se com o lux como unidade de medida para a variável de entrada, ao invés disso adotamos apenas os valores resultantes do mapeamento realizado pelo Arduino a partir da tensão detectada no pino utilizado pelo sensor

LDR. Isso não resultou em nenhuma perda ou desvantagem ao sistema, visto que preocupou-se em coletar os valores retornados pelo sensor LDR que correspondessem a uma faixa de luminosidade que vai do mais escuro ao mais claro, sendo que o mais claro foi o valor de luminosidade máximo verificado em um ambiente iluminado tanto com a luz proveniente de raios solares como de uma lâmpada. Feito isso, os valores de luminosidade alcançados pelas cargas controladas pelo sistema *fuzzy*, no caso da lâmpada, deve variar dentro desta faixa, sendo compensada pela luminosidade dos raios solares quando for justificado que tal luminária seja acesa, o que conservará a capacidade de utilização do ambiente iluminado. A Figura 1 representa o esquema do circuito para leitura da intensidade luminosa por meio do LDR.

Durante a coleta dos dados, o circuito sensor foi deixado funcionando e registrando os dados referentes aos níveis de luminosidade por 24 horas. Após o processo de captura desses níveis verificou-se quais deles representavam aos limites superior e inferior da iluminação natural. Tomou-se cuidado para que esse procedimento fosse realizado num dia ensolarado e com baixa nebulosidade, para garantia de que o limite superior encontrado estivesse o mais próximo possível do maior valor de luminosidade real captável no ambiente, em termos de luz natural.

Após coletar os níveis de iluminação no ambiente e seu devido registro, passou-se à modelagem dos conjuntos nebulosos referentes à luminosidade. Definiram-se as seguintes variáveis: ME, ES, NM, CL e MC com seus dados de coleta.

A Figura 2 mostra como os dados amostrados foram representados. No caso, decidiu-se escolher conjuntos triangulares, pois o projeto trabalha com valores aproximados.

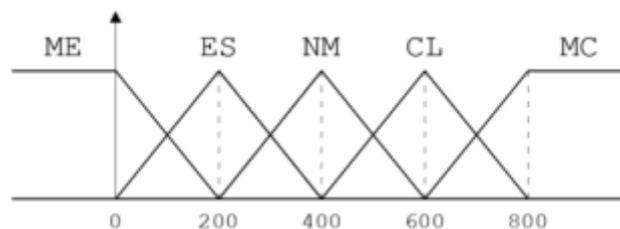


Figura 2. Variáveis de luminosidade

Em seguida passou-se à definição dos conjuntos nebulosos do contexto de saída do controlador, levando-se em consideração que a carga de saída a ser controlada é a potência elétrica. Para definição dos limites superior e inferior referente à potência

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

elétrica levaram-se em consideração os valores aceitáveis para regulação da largura de pulso no Arduino. Para a modulação da largura de pulso, PWM, ou seja, do tempo em que o sinal deve se manter em 5v, durante um ciclo do período regular, a placa Arduino aceita valores entre 0 e 255 (Em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015).

O Arduino possui uma função chamada `analogWrite()` para geração de sinais por PWM e simulação de sinais analógicos em circuitos externos. A figura 3 mostra a faixa de valores aceita como parâmetro da função `analogWrite()` do Arduino e a porcentagem do clique corresponde ao tempo em que o sinal se encontra em nível alto (Em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015) representada na Figura 3.

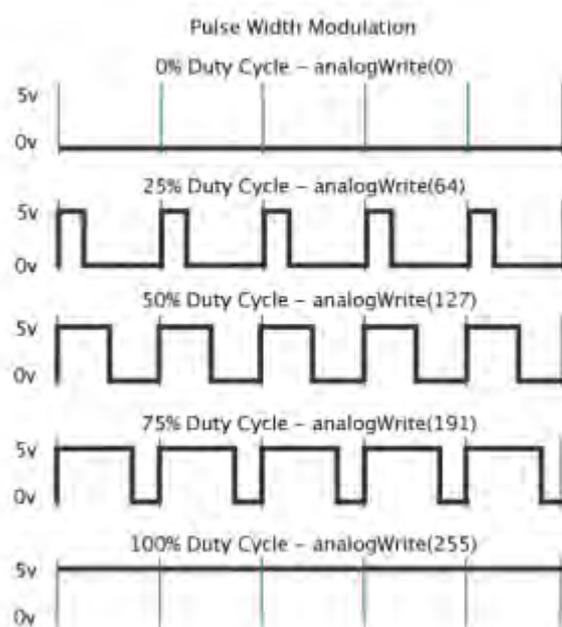


Figura 3. Modulação por largura de pulso, PWM, da placa Arduino. Fonte: www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM.

As variáveis de potência definidas foram: MN, BX, NM, AL e MX. A Figura 4 mostra graficamente tais dados de coleta.

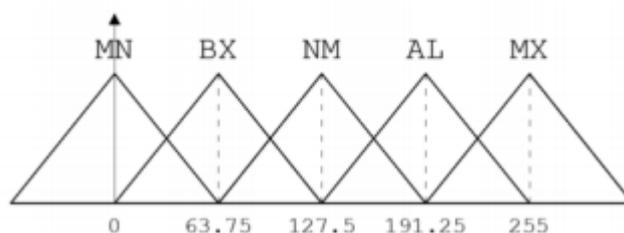


Figura 4. Variáveis de potência

Os controladores nebulosos SISO caracterizam-se por possuírem apenas uma variável de entrada, e no projeto em questão definimos a variável Iluminação como a variável nebulosa correspondente à entrada e a variável potência referente à saída.

O projeto desenvolvido é do tipo SISO e por isso, as regras *fuzzy* definidas para seu conjunto de regras utilizam apenas uma variável de entrada e uma variável de saída. No Quadro 1 descrevemos as regras da base de conhecimento do controlador.

Quadro 1: Definição das regras *fuzzy*

X				
ME	ES	NM	CL	MC
MX	AL	NM	BX	MN

3. PROTÓTIPO DO PROJETO

Para realização dos testes do controlador, foi construído um protótipo em escala reduzida, onde foram acopladas duas lâmpadas, cujo esquema do circuito pode ser observado na Figura 5. Cada uma dessas lâmpadas, L1 e L2, foram alimentadas por conjuntos de pilhas distintos, B1 e B2, de 6v, cada um. Além desses componentes, percebem-se na Figura 5 dois transistores, Q1 e Q2, utilizados no controle das lâmpadas, alguns resistores para adequação da corrente e divisão de tensão, R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7 e um sensor LDR, conectado a um dos pinos analógicos da placa, A0. Pode-se notar, também, na Figura 5, a utilização de alguns pinos digitais do Arduino, rotulados por D8 e D9, para mensuração dos níveis de tensão dos

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

conjuntos de pilhas e, D10 e D11, para controle das tensões de base dos transistores Q1 e Q2. Cada uma das lâmpadas são controladas por controladores embutidos no Arduino, sendo um do tipo ON/OFF e o outro do tipo *fuzzy*.

O controlador ON/OFF foi projetado para acionar a primeira lâmpada, L1, assim que a placa recebesse o valor 300, através de uma função de leitura sobre o pino A0 do Arduino (Sensor). Já, o controlador *fuzzy* foi projetado para controlar a tensão aplicada à base do transistor Q2, controlando a intensidade da lâmpada L2, através de um sinal regulado de acordo com o seu conjunto de regras. O sinal aplicado à base do transistor Q2 varia de acordo com a saída *fuzzy*, criando um efeito de enfraquecimento gradual do brilho da lâmpada à medida que o sensor detecta um maior nível de luz no ambiente e aumentando o seu brilho quando ocorre o contrário. A Figura 5 mostra o circuito projetado.

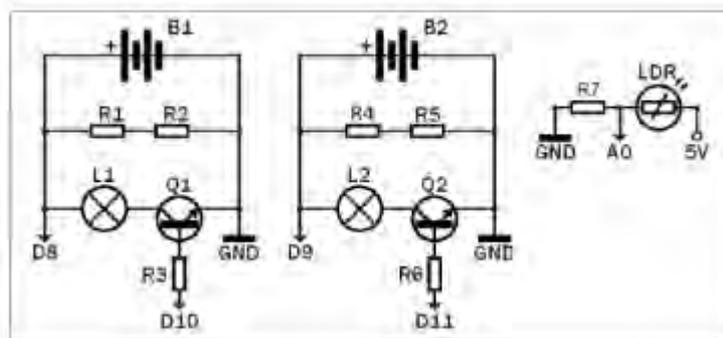


Figura 5. Circuito do protótipo construído.

Este projeto possui uma vulnerabilidade referente à falta de energia, pois, caso ocorra à ausência desta energização tanto para o microcontrolador como para as lâmpadas (com o término de carga da bateria), não foi projetado um segundo plano, comprometendo a atividade do sistema e só retornando a normalização das atividades após retorno da energia ou a substituição das pilhas.

4. RESULTADOS

Para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado seria necessário demonstrar a eficiência do controlador nebuloso visando proporcionar a redução do desperdício de energia elétrica. Isso significa que tal controle seja capaz de causar um consumo racionado de eletricidade sem onerar o usuário final quanto ao atendimento de suas necessidades. Assim, o sucesso do trabalho realizado se traduziria no alcance de características sustentáveis para o sistema desenvolvido.

Foram realizados dois testes. O primeiro com total ausência de luz solar, e o segundo realizado a partir das primeiras horas do amanhecer do dia. Como pode ser visto na Tabela 01, os testes realizados retornaram os resultados esperados. No caso, a lâmpada alimentada pelo grupo de pilhas B1 e com consumo controlado pelo controlador ON/OFF fez uso de um nível maior de energia, do que o com o controlador *Fuzzy* (ver Tabela 1). Este resultado já era esperado, uma vez que controladores ON/OFF só possuem dois estados, o de ligado e o de desligado, e quando os atuadores controlados por esse tipo de controle se encontram acionados, ou em estado de condução, a sua potência é utilizada em seu máximo valor.

Assim, tem-se um sistema capaz de economizar energia elétrica e que, se adaptado para uso em sistemas de automação residencial, contribui para a maior durabilidade das luminárias envolvidas no processo, o que por sua vez atinge alguns dos objetivos relacionados com a sustentabilidade.

A Tabela 1 mostra o tempo que os conjuntos de pilha, B1 e B2, passaram até se descarregarem, usando os dois sistemas.

Tabela 1. Consumo de energia

Teste	Duração do conjunto pilhas com o controlador ON/OFF	Duração do conjunto pilhas com o controlador <i>fuzzy</i>
1	8100s	12900s
2	8160s	21120s

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo testado atingiu com sucesso o objetivo ante os experimentos realizados. O sistema desenvolvido neste trabalho respondeu mais eficientemente que os controles do tipo ON/OFF, no que diz respeito ao consumo de energia, mostrando-se mais adequado que estes para aplicações de otimização do uso da eletricidade.

Como o projeto consiste em um software embarcado sem que tenha de ser manuseado por usuários humanos, o sistema torna-se apto a ser aplicado em projetos de hardware mais robustos buscando controle de iluminação em sistemas de automação residencial, porém, para operação em ambientes de maior escala, para controle de luminárias sob tensões usuais em contextos domésticos como 110v, o hardware e o software precisam ser adaptados para uso em sistemas de automação residencial, o que pode ser seguramente realizado a partir dos resultados alcançados com este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

¹ABNT. NBR 5413, 1992.

²Canato, Décio Albino, Utilização de Conceitos de Integração de Sistemas Direcionados à Domótica – Estudo de Caso para Automação Residencial, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

³Sítio Oficial do Arduino. Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015.

⁴Sousa, Aldir Silva, A Proposal for Route Classification in Wireless Sensor Networks Based on Fuzzy Inference System and Ant Colony Optimization, SAC' 13, March, 2013, Coimbra, Portugal.

CORRELAÇÃO ENTRE BIOMA E DENGUE NO ESTADO DA BAHIA.

Stela Azevedo¹, Aloísio Nascimento¹, Hugo Saba³, Marcelo A. Moret^{1,2}

¹Universidade Estadual de Feira de Santana E-mail: stelamariaa@gmail.com;

¹ Faculdade Senai Cimatec aloisio.nascimento@gmail.com

²Universidade do Estado da Bahia, : hcardoso@uneb.br;

¹ Faculdade Senai Cimatec E-mail mamoret@gmail.com

RESUMO

*A dengue é uma infecção viral transmitida por mosquito *Aedes aegypti* (*A. aegypti*) que predomina as regiões tropicais e subtropicais, com uma ocorrência que têm aumentado substancialmente nas últimas três décadas. Este artigo propõe a aplicação do método de análise de flutuações sem tendências (Detrended Fluctuations Analysis - DFA), para analisar o comportamento de escala nas séries temporais obtidas por meio do número de ocorrência de casos de dengue nos biomas do Estado da Bahia, Brasil. Os resultados mostram que quando a análise é feita nos biomas o comportamento é semelhante para flutuação, ou seja, dentro de um mês a série temporal é persistente. Para períodos maiores (de um mês a um ano), a série temporal pode ser persistente ou subdifusiva.*

Palavras-Chaves: *Dengue; Aedes aegypti; Bioma; Detrended Fluctuation Analysis (DFA).*

ABSTRACT

Dengue is a viral infection transmitted by *Aedes aegypti* (*A. aegypti*), mosquitoes that predominates the tropical and subtropical regions. Its occurrence has increased substantially over the past three decades. This article proposes to apply the method of fluctuations analysis without trends (Detrended Fluctuation Analysis - DFA), to analyze the behavior scale in time series obtained by the occurrence numbers of dengue cases in the biomes of the Bahia State, Brazil. The results show that, when the analysis is made in the biomas, the behavior is similar to the fluctuation, so, In a month the time series is persistent. For longer periods (from one month to one year), the time series can be persistent or subdiffusive.

Keywords: *Dengue; Aedes aegypti; Biome; Detrended Fluctuation Analysis (DFA).*

1. INTRODUÇÃO

A dengue é uma infecção viral transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* (*A. aegypti*), uma espécie de hematófago originária da África que se adaptou bem às condições climáticas brasileiras e se encontra distribuído em todo território. O vírus da dengue

tornou-se um relevante problema de saúde pública internacional, pois metade da população mundial está atualmente em risco de ter a infecção por dengue.

No estado da Bahia, entre os anos de 2000 a 2009 foram registrados mais de 350 mil casos de dengue e o primeiro balanço do Ministério da Saúde de 2015 registrou um aumento de 57,2% dos casos notificados no mês de janeiro, comparado ao mesmo período de 2014. Foram 40.916 notificações no primeiro mês de 2015, contra os 26.017 em janeiro de 2014 [1]. Como consequência desse expressivo aumento de casos, intensificam-se os esforços no combate à redução da fonte em ambiente doméstico que, segundo o comitê do município de saúde pública de endemias em cidades, é a forma mais efetiva de combate ao mosquito *Aedes aegypti*. Porém, uma das maiores dificuldade do controle ao mosquito transmissor é a dimensão territorial do estado da Bahia, que ocupa uma área de 564.733,081km² dividida em 417 municípios com diferentes faixas de densidade demográficas e possuindo diferentes biomas [IBGE e SEI].

O termo bioma deriva de Bio=vida + Oma=grupo ou massa. O conceito de bioma desde a sua origem veio evoluindo ao longo do tempo chegando ao mais atual, que considera como bioma uma área do espaço geográfico, com dimensões até superiores a um milhão de quilômetros quadrados, representada por um tipo uniforme de ambiente, identificado e classificado de acordo com o macroclima, a fitofisionomia (formação), o solo e a altitude, os principais elementos que caracterizam os diversos ambientes continentais [2]. No Brasil, em sua extensão continental existem os biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa [3], [4]. A classificação da Bahia em biomas é dada por Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica [SEI]. Recentemente alguns trabalhos foram publicados analisando as redes de correlações no estado da Bahia [5], [6], [7].

Este trabalho tem como objetivo principal, analisar a dinâmica da propagação de ocorrência da dengue nos biomas do estado da Bahia, entre os anos de 2000 e 2009, utilizando o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) que nos últimos anos vem se tornando uma técnica muito usada para determinação de detecção de correlações de longo-alcance em ruídos de séries temporais não-estacionárias.

O presente trabalho está estruturado em quatro seções: essa primeira, que apresenta uma introdução, na segunda se descreve o método de análise de séries temporais DFA; a terceira seção apresenta os resultados e discussão dos achados; e finalmente, na quarta seção tem-se a conclusão desse trabalho.

2. METODOLOGIA

Neste artigo analisaremos a ocorrência dos casos de dengue no estado da Bahia, no período de 2000 a 2009, tendo como base os dados obtidos através do Sistema de Notificação de Agravos (SINAN), da ocorrência diária nas cidades do estado. A análise será feita nos três biomas do estado, a saber, Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado. Abordando, assim, as relações existentes entre os biomas e os

expoentes de correlação aplicados a duas janelas de tempo, que representariam trinta dias e um ano.

2.1. Método DFA

As séries temporais consistem numa sequência única de dados obtidos ao longo de um determinado período de tempo. É importante em uma investigação identificar a existência de correlação na série, isto é, se há um efeito de memória de longa duração no decorrer do tempo. A análise de correlação pode ser estimada de vários métodos [8].

Aqui a análise é feita através do método *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA [9], que subtrai possíveis tendências determinísticas da série temporal original analisando seus dados destendenciados, e assim verificando a existência de correlação da série. O método tem sido aplicado com sucesso em várias áreas do conhecimento, tais como: nos movimentos em séries temporais de mercados financeiros [10], geologia [11], flutuações sistemas astrofísicos [12], [13], transição de fase [14], manchas solares [15], taxa de batimentos cardíacos [16], movimentação de íons [17], proteína e energia [18] condições climáticas [19] e flutuações do mercado financeiro [20], [21] e flutuações na demanda de veículos do sistema ferry-boat [22].

A utilização do método DFA requer algumas etapas:

Considere uma série temporal $\{r\}$, cujos valores são r_i , com i variando de 1 à N (comprimento total da série), que podem ser por exemplo o número de casos de dengue em um município baiano coletada diariamente.

Para obtemos uma série com menor número de oscilações e apropriada para aplicar o método, calcula-se o somatório do desvio padrão de cada registro em relação à ocorrência média na série completa e obtendo assim a série integrada $Y(k)$ dado por:

$$Y(k) = \sum_{i=1}^k r_i - \langle r \rangle,$$

Onde $\langle r \rangle$ é o valor médio de r_i .

Em seguida divide-se a série integrada $Y(k)$ em intervalos (janelas) de tempos iguais de amplitude n não sobrepostos

Ajusta-se os dados por um polinômio de tendência local de grau ≥ 1 a $Y(k)$, denominado $Y_n(k)$ para cada janela de tamanho n .

A série integrada $Y(k)$ é subtraída da série ajustada $Y_n(k)$ em cada janela com tamanho n . Assim, é calculada a raiz quadrática média $F(n)$ para cada janela de tamanho n , isto é,

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [Y(k) - Y_n(k)]^2}$$

Deve-se repetir o cálculo apresentado anteriormente para diferentes janelas de tamanho n .

Finalmente, verifica-se se a função $F(n)$ comporta-se como uma lei de potência, ou seja, se é do tipo $F(n) \sim n^\alpha$. Em caso afirmativo, indica que a série possui fractalidade ou auto-similaridade e α será o coeficiente de correlação de longo alcance.

O expoente de correlação α é classificado de acordo com uma faixa dinâmica de valores [23], [24], [25], [26]:

Se $0 < \alpha < 0,50$, a série tem um comportamento anti-correlacionado, sinal anti-persistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por pequenos (grandes) valores;

$\alpha \cong 0,50$, a série será aleatória, não correlacionada, como um ruído branco e sem memória;

$0,50 < \alpha < 1$ a série tem um comportamento correlacionado, i.e. sinal persistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por grandes (pequenos) valores;

$\alpha \cong 1$ a série apresenta-se como um sinal do tipo $1/f$;

$1 < \alpha < 1,5$, O sinal é não estacionário, como um processo difusivo [26];

$\alpha \cong 1,5$ indica um ruído marrom, que é a integração do ruído branco, ruído tipo browniano [26];

$\alpha > 1,5$ corresponde a um processo superdifusivo [26].

O expoente de correlação α também pode ser interpretado como indicador da suavidade da série original, quanto maior seu valor, maior a suavidade da série.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em dados do Sistema de Notificação de Agravos (SINAN), obtivemos a ocorrência diária das cidades do estado da Bahia. Classificamos as cidades em bioma, aplicamos o método DFA para cada cidade e obtendo os coeficientes de correlação, referente a cada bioma como a média de todas as cidades que os representa.

No trabalho anterior (PTI-2013), observou-se que existem dois comportamentos distintos nas vinte e cinco cidades analisadas, a saber, até o trigésimo dia a série tem um comportamento persistente com coeficiente de correlação de longo alcance variando entre $0,50 < \alpha < 1,00$ com valor médio igual a $\alpha = 0,69 \pm 0,14$, e para o período compreendido entre um mês e um ano a série tem um comportamento subdifusivos onde α varia entre 1,00 e 1,50 com valor médio $\alpha = 1,21 \pm 0,12$.

Após aplicarmos o método DFA nas cidades que compreende cada um dos três Biomas, obtivemos os seguintes coeficientes de correlação de longo alcance, a saber, na Caatinga α varia até o trigésimo dia entre $0,38 < \alpha < 0,99$ e para o período compreendido entre um mês e um ano $0,43 < \alpha < 1,33$, na Mata Atlântica $0,38 < \alpha < 1,03$ e $0,38 < \alpha < 1,49$, e no Cerrado $0,45 < \alpha < 0,83$ e $0,51 < \alpha < 1,22$, respectivamente.

A partir da Tabela 1 podemos observar que na Caatinga o valor médio do expoente é $\alpha = 0,59 \pm 0,09$, para períodos inferiores há um mês e $\alpha = 0,97 \pm 0,18$, para períodos compreendidos entre um mês e um ano na Mata Atlântica $\alpha = 0,60 \pm 0,11$ e $\alpha = 0,98 \pm 0,21$, respectivamente, e no Cerrado o valor médio do expoente é $\alpha = 0,62 \pm 0,09$, $\alpha = 0,86 \pm 0,19$ respectivamente.

COEFICIENTE MÉDIO DE CORRELAÇÃO DOS BIOMAS DO ESTADO DA BAHIA

	CERRADO		CAATINGA		MATA ATLÂNTICA	
	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO
COEFICIENTE (α)	0,63	0,88	0,59	0,97	0,60	0,98
DESVIO PADRÃO (σ)	0,09	0,18	0,09	0,18	0,11	0,21

Tabela 1 - Média dos expoentes de correlação de longo alcance, α e o desvio padrão, σ , dos Biomas, a saber, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, o erro e o coeficiente de variação referente ao mês e ao ano. Dados de 2000 a 2010.

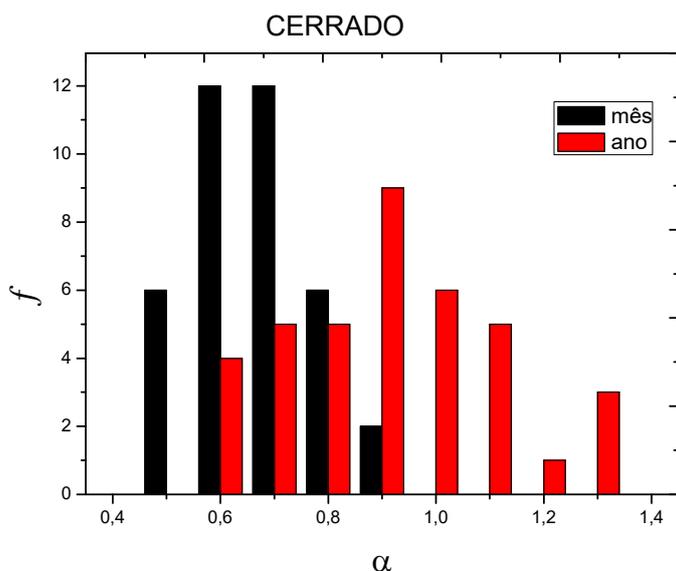


Figura 1 – Histograma representa a média do coeficiente α a partir do DFA da ocorrência da dengue no bioma Cerrado, de 2000 a 2010, $\alpha = 0,62 \pm 0,09$ para períodos inferiores há um mês e $\alpha = 0,86 \pm 0,19$ para períodos compreendidos entre um mês e um ano.

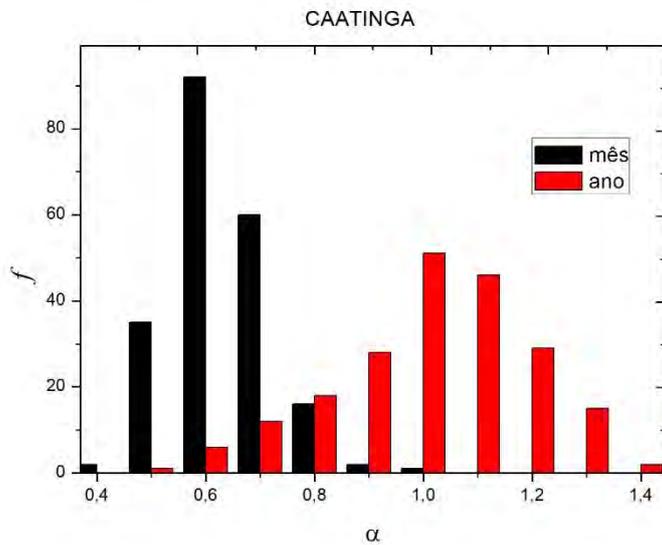


Figura 2 – Histograma representa a média do coeficiente α a partir do DFA da ocorrência da dengue no bioma Caatinga, de 2000 a 2010, $\alpha = 0,59 \pm 0,09$ para períodos inferiores há um mês $\alpha = 0,97 \pm 0,18$ para períodos compreendidos entre um mês e um ano.

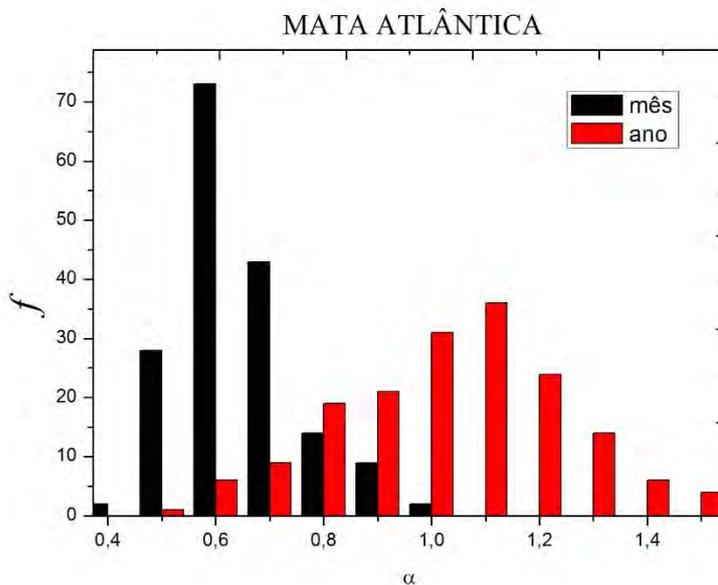


Figura 3 – Histograma representa a média do coeficiente α a partir do DFA da ocorrência da dengue no bioma mata Atlântica, de 2000 a 2010, $\alpha = 0,60 \pm 0,11$ para períodos inferiores há um mês $\alpha = 0,98 \pm 0,21$ para períodos compreendidos entre um mês e um ano.

Quando aplicarmos o método DFA, nas séries temporais dos três Biomas, obtivemos as curvas da Figura 4 e os dados da Tabela 2. Analisando os resultados podemos observar que existem dois comportamentos distintos para os Biomas, a saber, até o

trigésimo dia o coeficiente de correlação de longo alcance varia entre $0,50 < \alpha < 1,00$ e para o período compreendidos entre um mês e um ano o α varia entre 1,00 e 1,50.

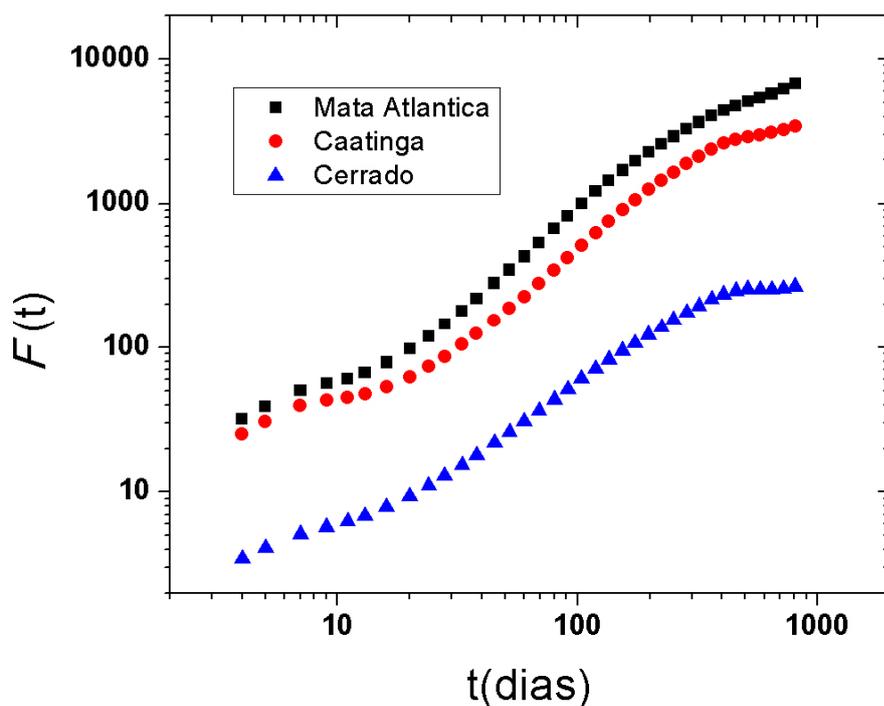


Figura 4 - Série da incidência diária de casos da dengue em cada Bioma no estado da Bahia, de 2000 a 2010.

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DOS BIOMAS DO ESTADO DA BAHIA

	CERRADO		CAATINGA		MATA ATLÂNTICA	
	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO
COEFICIENTE (α)	0,67	1,14	0,60	1,37	0,77	1,36
DESVIO PADRÃO (σ)	0,03	0,01	0,04	0,01	0,04	0,03

Tabela 2 – Expoentes de correlação de longo alcance, α e o desvio padrão, σ , dos Biomas, a saber, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, o erro e o coeficiente de variação referente ao mês e ao ano. Dados de 2000 a 2010.

4.CONCLUSÃO

A aplicação do método *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA nos dados obtidos a partir das cidades de cada Bioma, listadas na Tabela 1, nos permite obter o coeficiente médio, o qual nos informa o comportamento da função de correlação de longo alcance para cada um dos biomas existentes no Estado da Bahia.

Após análise dos coeficientes médios de cada Bioma referente ao período de um mês, percebe-se que o resultado obtido independe da classificação por Bioma, e tende a ser persistente, isto é, valores grandes (pequenos) têm probabilidade de serem seguidos por valores grandes (pequenos), indicando auto-correlação. Por outro lado, o comportamento do expoente α em períodos maiores (de um mês a um ano) apresenta suaves diferenças em relação aos biomas, mas ainda não alcançando um comportamento característico de série não estacionária.

No caso da Mata Atlântica e da Caatinga, percebe-se a partir dos histogramas das Figuras 2 e 3 perfis semelhantes, apesar de seus valores serem indistinguíveis estatisticamente. Entretanto, o histograma do Cerrado, Figura 1, apresenta um perfil distinto dos outros, a saber, da Mata Atlântica e Caatinga, apesar da média dos coeficientes de correlação estar na mesma faixa, entre 0,50 e 1,00.

Em aproximadamente 83,5% das cidades do Cerrado o valor do expoente de correlação médio de longo alcance (α) obtido pelo método DFA varia entre 0,50 e 1,00, o que indica um comportamento persistente, de auto-correlação, enquanto na Caatinga e Mata Atlântica, aproximadamente 50% dos casos apresentam um comportamento persistente, enquanto os outros 50% um comportamento subdifusivo.

Quando analisamos a série dos três Biomas, listada na Tabela 2, percebe-se que até o trigésimo dia o valor do expoente α obtido pelo método DFA varia entre 0,50 e 1,00, o que indica um parâmetro de auto-similaridade e que a série original apresenta auto-correlações de longo alcance persistentes. Para o período anual α varia entre 1,00 e 1,50, que caracteriza uma série não estacionária, similar ao comportamento de caminhos aleatórios não estacionários em um processo subdifusivo.

Assim, o método *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA, quando utilizado num estudo por Biomas, também pode ser utilizado com ferramenta na previsão da incidência da dengue em períodos futuros, confirmando os resultados de uma análise estatística, através do expoente de correlação de longo alcance (α), podendo levar a um prognóstico que possibilite o governo a tomar medidas necessárias à prevenção da doença visto que, a Dengue apresenta maior previsibilidade em períodos curtos e como isso reduzindo os casos de dengue e a alta demanda hospitalar acarretada.

5. REFERÊNCIAS

¹<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/oministerio/principal/secretarias/svs/noticias-svs/16500-dengue-saude-registra-aumento-de-casos>. Acesso em julho de 2015.

- ²Coutinho, Leopoldo Magno. "O conceito de bioma." *Acta Botanica Brasilica* 20.1 (2006): 13-23.
- ³Ricklefs, R.E. *A economia da Natureza*. Guanabara Koogan, Pennsylvania, 2003, 503.
- ⁴Odum, E.P. *Fundamentos de ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulberkian. 5^a ed. 1997. 927.
- ⁵Saba, Hugo; Miranda, José Garcia Vivas ; Moret, M.A. . Self-organized critical phenomenon as a q-exponential decay Avalanche epidemiology of dengue. *Physica A* , v. 413, p. 205-211, 2014.
- ⁶Saba, Hugo; Vale, Vera C., Moret, Marcelo A.; Miranda, José Garcia . Spatio-temporal correlation networks of dengue in the state of Bahia. *BMC Public Health* (Online), v. 14, p. 1085, 2014.
- ⁷Saba, H. 2014 Saba, H. ; Miranda, José Garcia Vivas ; Jorge, E. M. F. ; Moret, M.A. . Correlation between Transport and Occurrence of Dengue Cases in Bahia. *Journal of Communication and Computer*, v. 11, p. 217-221, 2014.
- ⁸M.S. Taqqu, V. Teverovsky and W. Willinger, Estimators for long-range dependence: An empirical study, *Ftactab* 3 (4), 785-798, (1995).
- ⁹Peng, C.-K., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H. E., Goldberger, A. L. Mosaic organization of DNA sequences. *Phys. Rev. E.* **49**(2), 1685-1689 (1994).
- ¹⁰Mantegna, R.N.; STANLEY, H.E. *An Introduction to Econophysics: correlations and complexity in finance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- ¹¹Malamud, B. D. & Turcotte, D. L., Self-affine time series: measures of weak and strong persistence, *J. Stat. Plan. Infer.* 80 (1-2), 173, 1999.
- ¹²Moret, M. A., Zebende, G. F., Nogueira, E. Jr., and Pereira, M. G. Fluctuations Analysis of Stellar X-Ray Binary Systems. *Physical Review E*, n. 68, p. 41104, 2003.
- ¹³Zebende, G. F., Pereira, M. G., Nogueira, E., Moret M. A. Universal persistence in astrophysical sources. *PHYSICA A Stat Mech Appl*, 2005: 349(3-4) 452-458.
- ¹⁴Zebende, GF, da Silva, MVS, Rosa, ACP, Alves, AS, de Jesus, JCO, Moret M. A. Studying long-range correlations in a liquid-vapor-phase transition. *Physica A Stat Mech Appl*, 2004: 342(1-2) 322-328

- ¹⁵Moret, M. A. Self-affinity and nonextensivity of sunspots. *Phys. Lett. A*, 2014: 378 (5-6) 494-496.
- ¹⁶Ivanov, P. Ch., Rosenblum, M. G., Peng, C.-K., Mietus, J., Havlin, S., Stanley, H. E. & Goldberger, A. L. Scaling behaviors of Heartbeat Intervals obtained by Wavelet-Based Time-Series Analysis. *Nature*. 383(6598), 323-327, 1996.
- ¹⁷Siwy, Z., Ausloos, M. & Ivanova, K. Correlation studies of open and closed state fluctuations in an ion channel: Analysis of ion current through a large conductance locust potassium channel. *Phys. Rev. E*, 65(1), 031907, 2002.
- ¹⁸Figueiredo, P. H., Moret, M. A., Pascutti, P. G., Nogueira, E., Jr., Coutinho, S. Self-affine analysis of protein energy. *Physica A Stat Mech Appl*, 2010: 389(13) 2682-2686
- ¹⁹Ivanova K.; Ausloos, M. Application of the detrended fluctuation analysis (DFA) method for describing cloud breaking. *Physica A*. 274(1), 349-354, 1999.
- ²⁰Liu, Y., Cizeau, P., Meyer, M., Peng, C.-K. & Stanley, H. E. Correlations in economic time series. *Physica A*. 245(3-4), 437-440, 1997.
- ²¹Costa, R. L. & Vasconcelos, G. L. Long-range correlations and nonstationarity in Brazilian stock market. *Physica A*. 329(1-2), 231-248, 2003.
- ²²Filho, A. N. S., Zebende G. F., Moret M. A. Self-affinity of vehicle demand on the ferry-boa t system. *International Journal of Modern Physics C*. Vol. 19, No. 4 665-669, 2008.
- ²³Bashan, A., Bartsch, R., Kantelhardt, J. W. & Havlin, S. Comparison of detrending methods for fluctuation analysis, *Physica A*. 387(21), 5080-5090, 2008.
- ²⁴Kantelhardt, J. W., Koscielny-Bunde, E., Rego, H. H. A., Havlin, S. & Bunde, A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. *Physica A*. 295(3-4), 441-454, 2001.
- ²⁵Zheng, H., Song, W. & Wang, J. Detrended fluctuation analysis of forest fires and related weather parameters, *Physica A*. 387(9), 2091-2099, 2008.
- ²⁶Galhardo, C. E. C., Penna, T. J. P. ; Argollo de Menezes, M. & Soares, P. P. S. Detrended fluctuation analysis of a systolic blood pressure control loop. *New Journal of Physics*, 11, 103005, 2009.

DESENVOLVIMENTO, MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMA ELETROMECHANICO APLICADO A LIMPEZA DE VISEIRA DE CAPACETE

Felipe Ferreira¹, Flavio Bispo², Luciano Silva³, Claudio Oliveira⁴

¹ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: felipe.raniereeng@hotmail.com;

² Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: flavio.santiago.bispo@hotmail.com;

³ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: trixluc@hotmail.com;

⁴ Universidade Tiradentes / Grupo de Pesquisa em Robótica de Sergipe SERGROB, E-mail: clalulana@hotmail.com;

RESUMO

Veículos seguros estão se tornando cada vez mais comuns em todo o mundo. Isso se deve ao fato da constante evolução da tecnologia, principalmente a dos sistemas embarcados. Esta tecnologia não se limita aos veículos de quatro rodas ou mais. As motocicletas também estão cada vez mais tecnológicas. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo desenvolver, modelar e conduzir testes para um sistema de limpeza de viseira para capacetes, a fim de ajudar os motociclistas em dias chuvosos. Os resultados obtidos em simulação mostram que a abordagem proposta funciona bem tanto nas situações sem perturbações quanto na influência das perturbações aerodinâmicas.

Palavras-Chaves: *Veículos seguros; Evolução Tecnológica; Sistema de Limpeza de Viseira; Capacetes.*

ABSTRACT

Safe vehicles are becoming increasingly common worldwide. That is because of the increasing technological evolution, especially of the embedded systems. This technology is not limited to four or more wheeled vehicles. Also the motorcycles are increasingly technologies. In this sense, this work has aim to develop, model and conduct tests for a visor cleaning system in helmets in order to help motorcycle riders on rainy days. The results on simulation show that the proposed approach work well as in the situations without disturbances as in the influence of aerodynamic disturbances.

Keywords: Safer Vehicles; Technological Evolution; Visor Cleaning System; helmets.

1. INTRODUÇÃO

Os automóveis têm sido usados para mover os seres humanos ou objetos desde que foi inventado [1]. Em adição a estes, os veículos ciclomotores possuem algumas vantagens, tais como: relação custo de operação e manutenção menor, locomoção em lugares estreitos, alto arranque e entre outros. Em contrapartida, esse tipo de veículo possui uma perigosa desvantagem: a vulnerabilidade do condutor e passageiro em situações de acidentes.

No Brasil, a produção de veículos ciclomotores está em constante crescimento nas últimas duas décadas [2]. Aliado a essa evolução na produção e no consumo estão às estatísticas de acidentes e mortes. Segundo dados encontrados em [3], os acidentes envolvendo os motociclistas aumentaram mais de 679% entre os anos de 1996 a 2010 e está em rápido e contínuo crescimento. Em São Paulo, maior cidade brasileira, cerca de 45% dos acidentados em 2011 foram usuários de veículos como motos [4].

Um fatores que interfere na pilotagem de uma motocicleta é o clima [5]. Em dias de chuva, a pista fica escorregadia, as distâncias de frenagem aumentam, a estabilidade e a visibilidade do piloto diminuem deixando-o confuso devido à quantidade de gotas de água que colidem com a viseira e etc. Dessa forma, o acúmulo de água na viseira de capacetes pode provocar, além da diminuição de visão, o risco de acidentes.

Ainda no Brasil, cerca de 76% das indenizações pagas no ano de 2014 pela Seguradora Líder, que administra o DPVAT, foram para acidentes envolvendo motocicletas, embora a frota nacional represente apenas 27% do valor absoluto [6].

Com o objetivo de reduzir esses números de acidentes e, conseqüentemente, aumentar as chances de vida de passageiros e condutores de veículos, a tecnologia de embarcados este em constante evolução [7]. Os carros e caminhões atualmente têm alta gama de acessórios de segurança embarcado com a finalidade de proteger seus usuários [8]. Em [8] um sistema embarcado para segurança e proteção de cabine de veículo foi proposto visando a integração de módulos, tais como: sensores para detecção de gás e barreira, com suporte a tecnologia GSM.

No trabalho de [9] é proposto um sistema de localização e rastreamento de veículos utilizando o aplicativo Google Earth. Neste as coordenadas GPS são recebidas e, após o processamento de dados, o aplicativo é usado para exibir a localização atual do veículo. Em [10] foi proposto, também, um método para rastreamento de veículos e sistema de bloqueio usado para rastrear o veículos roubados utilizando tecnologia GPS e GSM através de mensagens. [1] propuseram um sistema embarcado para frenagem suave ou parcial de veículos com a finalidade de reduzir acidentes.

Neste sentido, o presente trabalho propõe desenvolver um sistema embarcado automático para limpeza de viseiras de capacetes para usuários de motocicletas com a finalidade de reduzir os riscos de acidentes em dias chuvosos.

A obra está organizada como segue: estabelecimento do problema, modelagem matemática do sistema eletromecânico, modelagem das perturbações causadas pelo efeito do vento estão incluídos na seção III. Os resultados das simulações e as discussões sobre estes são apresentados na seção IV e, por fim, na seção V são feitas as conclusões e apresentadas propostas de trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Nesta seção é descrito o desenvolvimento do projeto e o modelo matemático analítico da estrutura que é composta por um servomotor acoplado a uma haste, a qual contém um rodo para limpeza da viseira do capacete como mostra a Figura 1.

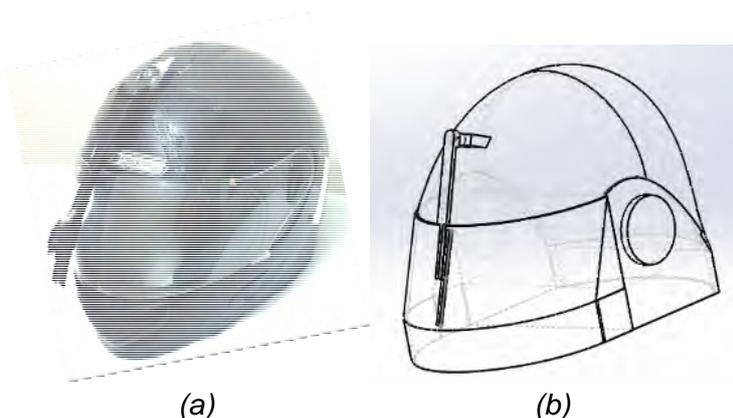


Figura 1 – Capacete com haste de limpeza. (a) Representação real. (b) Representação em CAD. Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1. Projeto

A inspiração para este trabalho decorre dos limpadores de para-brisas instalados em veículos automóveis. A estrutura de limpeza do protótipo consiste de materiais reciclados de automóveis do tipo Fusca 69 da empresa Volkswagen. Assim, a haste e o rodo são adaptados de forma a estarem sempre em contato com a viseira. O sistema eletromecânico acoplado a haste é composto por um servomotor de torque nominal de $1,6 \text{ Kg/cm}$ e alimentado a 6 volts. Este servomecanismo é instalado no eixo de simetria do capacete e acima da viseira, como se vê na Figura 1. Por fim, a placa Arduino UNO da Arduino® é responsável por aplicar as ações de controle, via código, para os ângulos desejados.

2.2. Influência de Fatores Externos

Os sistemas com realimentação possuem uma vantagem com relação aos sistemas em malha aberta no tocante a capacidade de reduzir os efeitos causados por

distorções, ruídos e perturbações indesejadas [11]. Nesse sentido, o vento é uma variável responsável por influenciar trajetórias de corpos que se deslocam pelo ar. Segundo [12], a velocidade do vento toma valores positivos quando está a favor do deslocamento do objeto e, em oposição, a velocidade toma valores negativos quando está contra o vento.

Dessa forma, uma influência direta da ação do vento em um corpo é a força de arrasto, F_a , expressa pela equação (1).

$$F_a = C_a q(v) A \quad (1)$$

em que C_a é o coeficiente de arrasto, $q(v) = 0,613v^2$ é a pressão dinâmica do vento, sendo, v , a velocidade característica do vento e, A , é a área frontal de efeito do corpo.

O coeficiente de arrasto é um parâmetro adimensional, mas toma todos os aspectos de configuração aerodinâmica do corpo [13]. Para este trabalho será adotado o coeficiente para uma placa retangular conforme [13].

O módulo do torque aerodinâmico causado na superfície da palheta de limpeza é dada então por

$$T_D = F_a \cdot \frac{r}{2} \quad (2)$$

em que r é o comprimento do suporte desde o acoplamento com o eixo do servomotor até a extremidade da palheta de limpeza.

2.3. Modelo Matemático do Servomotor

Esta subseção estabelece uma sequência ordenada de blocos que compõe o modelo do sistema com a finalidade de investigar todos os comportamentos do servomecanismo e os efeitos causados pelas perturbações. Para tal, o primeiro elemento do sistema a ser modelado é o motor elétrico.

Os motores elétricos podem ser classificados por suas funções, tais como: servomotores, motores de engrenagens, e entre outros, e por suas configurações elétricas, como: CC, corrente contínua, e CA, corrente alternada [14]. Os motores CC são caracterizados por serem capazes de desenvolver torque constante e frenagem controlada de forma mais simples quando comparado ao motor de corrente alternada [15].

Neste contexto, o servomecanismo analisado consiste em um arranjo formado por um motor de CC, um conjunto de engrenagens e por um sistema de controle responsável controlar posição angular e velocidade angular em malha fechada. Logo, a função de transferência do servo controlado pela corrente de armadura é

obtida via [14] e esquematizado na Figura 2.

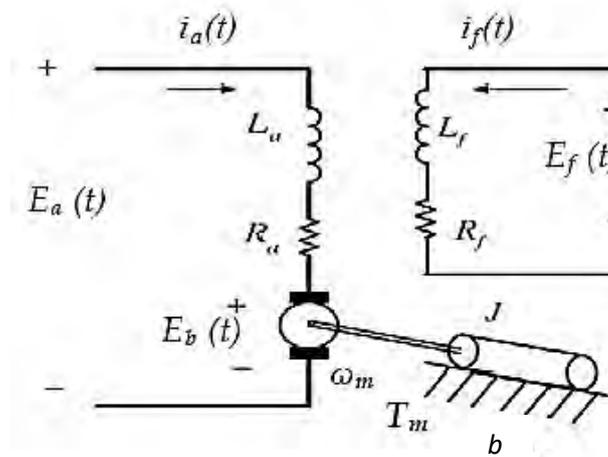


Figura 2 – Esquema de motor CC controlado pela armadura. Fonte: Adaptado de [14].

Sejam,

- | | |
|--|--|
| $E_a(t)$: Tensão de Entrada; | $T_m(t)$: Torque do Motor; |
| $I_a(t)$: Corrente de Armadura; | $w_m(t)$: Velocidade Angular do Motor; |
| R_a : Resistencia de Armadura; | J : Momento de Inercia do Motor; |
| L_a : Indutância de Armadura; | k_b : Constante da <i>fcem</i> ; |
| $E_b(t)$: Força Contra Eletromotriz <i>fcem</i> ; | b : Coeficiente de Fricção de Viscosidade; |

Aplicando Laplace em todas as variáveis supracitadas e considerando a corrente de campo constante, o torque do motor é dado por (3)

$$T_m(s) = k_m I_a(s) \quad (3)$$

em que K_m é a constante de torque. A tensão na armadura é dada como (4)

$$E_a(s) = (R_a + L_a s) I_a(s) + E_b(s) \quad (4)$$

A *fcem* é diretamente proporcional a velocidade de rotação do eixo do motor CC. Logo, $E_b(s) = k_b w_m(s)$, em que w_m é a velocidade angular do motor.

A fim de obter o torque motor, T_m , do sistema eletromecânico que atuará no eixo do motor, deve-se substituir a corrente de armadura, encontrada na expressão (4), em (3). O torque T_D é decorrente de perturbações oriundas da ação do vento e seu valor pode ser positivo quando a favor do desenvolvimento de T_m ou negativo, caso contrario. Assim, o torque de carga T_L é obtido como:

$$T_L(s) = bs\theta_m(s) + Js^2\theta_m(s) = T_M(s) \pm T_D(s) \quad (5)$$

Como o motor possui caixa de redução e este é assumido ter deslocamento é lento, considera-se a dinâmica é desprezível. Logo, a posição angular de saída é dada por: $\theta_f = \eta\theta_m$, em que η é a relação de engrenagens do motor.

A função de transferência do sistema eletromecânico em malha fechada é dada em (6), fazendo $T_D = 0$.

$$\frac{\theta_f(s)}{V_a(s)} = \frac{K_1 t_1}{s^2 + (K_2 t_1)s + K_3 t_1} \quad (6)$$

em que $t_1 = \frac{1}{RaJ}$, $k_1 = k_{amp}k_m\eta$, $k_2 = Ra b + k_b k_m$ e $k_3 = k_{amp}k_m k_{pot}\eta$. Em (7) é dada a função de transferência do sistema eletromecânico em malha fechada considerado apenas T_D como entrada, isto é, faz-se $V_a = 0$.

$$\frac{\theta_f(s)}{T_D(s)} = \frac{K_4}{s^2 + K_5 s} \quad (7)$$

em que $k_4 = -\frac{\eta}{J}$ e $k_5 = b + \frac{k_m}{Ra}(k_{amp}k_{pot} + k_b)$.

O sistema eletromecânico completo pode ser esquematizado pelo diagrama de blocos na Figura 3.

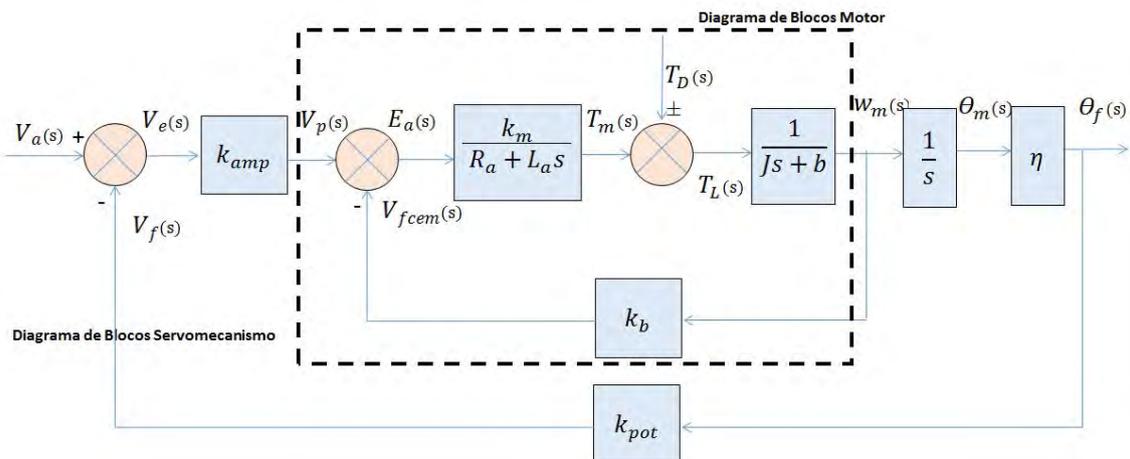


Figura 3 – Diagrama de blocos. Fonte: Adaptado de [11].

V_a : Tensão desejada;

V_e : Tensão de erro entre V_a e V_f ;

K_{pot} : Constante de proporcionalidade; V_p : Tensão pré-amplificada;
 K_{amp} : Ganho do amplificador; E_a : Tensão amplificada;
 w_m : Velocidade Angular; T_m : Torque do Motor;
 V_f : Tensão de realimentação; T_D : Vento;
 T_L : Torque aplicada; θ_m : Deslocamento angular real;
 θ_f : Deslocamento angular;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são realizados os experimentos para o sistema proposto. Os resultados para análise do modelo e do comportamento da estrutura sob ação do vento foram obtidos via simulação computacional usando o software Matlab® e SolidWorks®, respectivamente. Foram realizados experimentos no sentido de se analisar o sistema para as equações (6) e (7), respectivamente. Os valores para vários parâmetros estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros do sistema.

Parâmetros	Valor	Parâmetros	Valor
R_a	0,1 Ω	k_m	10
J	1 $kg.m^2$	k_{amp}	1
b	0,1 Nms/rad	k_{pot}	1
k_b	0.1	η	15

As entradas foram analisadas de forma separadas respeitando o princípio da superposição. Assim, para investigar o comportamento do sistema a uma entrada de referência, faz-se $T_D = 0$ e é considerada apenas o sinal para V_a . Assim, a entrada desejada de tensão equivalente a um ângulo desejado de $\frac{\pi}{3}$ é aplicado durante 1,5 segundos. A Figura 4 mostra a resposta obtida.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

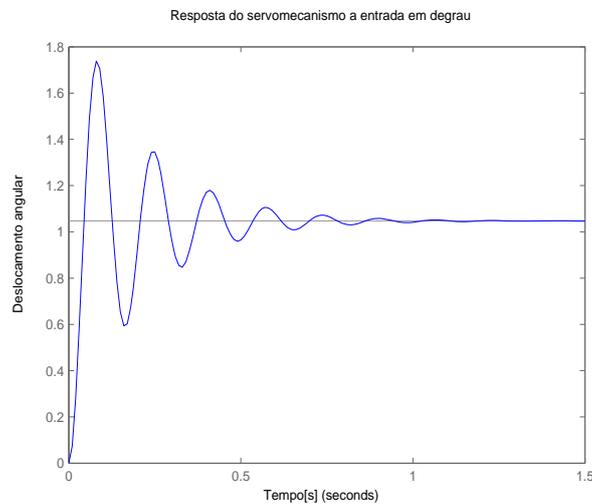


Figura 4 – Resposta em malha fechada a partir de entrada de referência.

É mostrado na Figura 4 que o servomecanismo descreveu uma resposta subamortecida com *overshoot* de 70% e com tempo de estabilização de 0,6 segundos, aproximadamente. Ainda neste experimento, é possível analisar que o erro de estado estacionário é zero, o que significa que o servo converge para o ângulo desejado, ao custo de um transitório oscilante. Inversamente, para investigar o comportamento do sistema com os efeitos de perturbações, faz-se $V_a = 0$ e é considerado somente a perturbação T_D .

Nesta etapa são realizados dois experimentos considerando o evento perturbador durante 1 segundo. Os experimentos analisam tanto as respostas em malha aberta quanto em malha fechada, levando em consideração o torque $T_D = 0,2124 Nm$, a uma velocidade constante de $20 m/s$. A indutância, L_a , possui um valor desprezível e não será levado em consideração neste trabalho. O coeficiente aerodinâmico aplicado é de $C_a = 1,1$, a área de efeito é $A = 0,0052m^2$ e o comprimento da haste de limpeza com o valor de $r = 0,35 m$.

No primeiro o gráfico de resposta, Figura 5, é mostrado que ambas velocidades angulares desenvolvidas possuem valores negativos. Este evento é oriundo da perturbação, uma vez que, se opõe ao sentido de operação. É observado também que em malha aberta a velocidade de resposta é maior e se estabiliza em $-0.315 rad/s$ a partir do instante 0.6 segundo.

Já em malha fechada, a velocidade angular se estabilizou em $-0,0289 rad/s$ a partir do instante 0,6 segundos. Estes valores retratam que em malha fechada, ou seja, analisando o comportamento do servomecanismo, a velocidade angular desenvolvida pela haste sob efeito de perturbação constante é muito pequena, embora ela exista ao longo do tempo.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

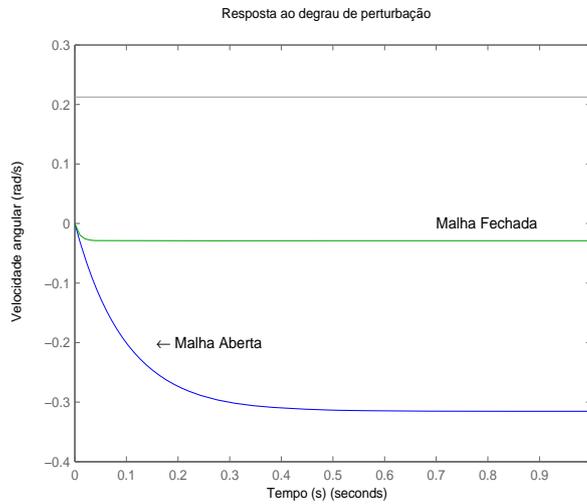


Figura 5 – Resposta de velocidade angular a uma entrada perturbadora.

Na Figura 6 é obtida a resposta da posição angular para a mesma entrada perturbadora da Figura 5. Nesta foi observado que tanto para resposta em malha aberta quanto em malha fechada a haste se deslocou de forma linear no sentido negativo. Nesta figura, ainda, o deslocamento mais expressivo ocorre em malha aberta, já em malha fechada, ocorre de forma mais suave, embora esta cresça ao longo do tempo.

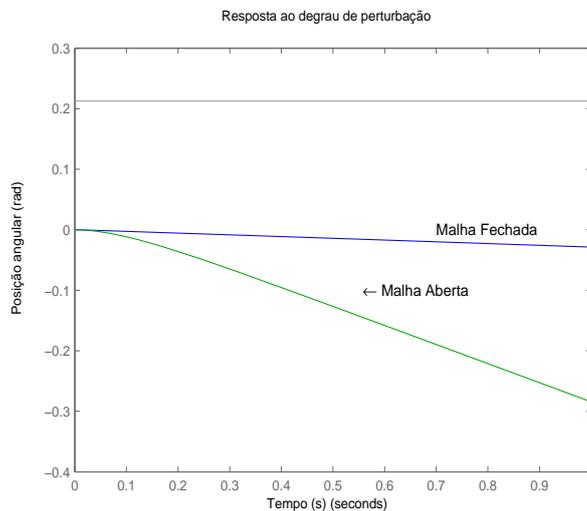
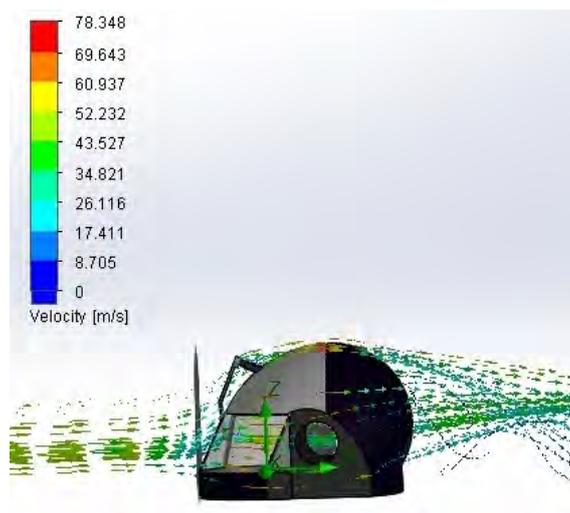


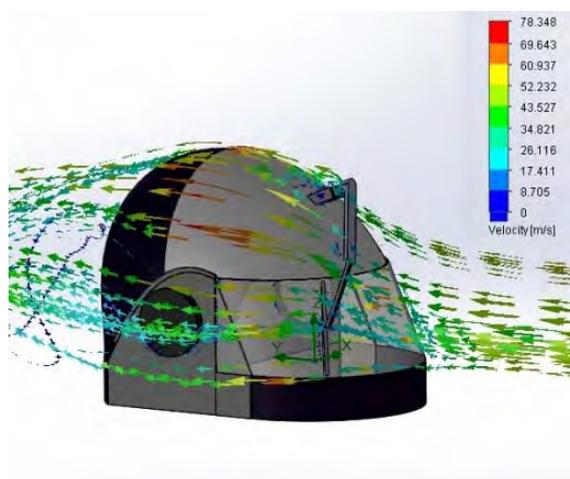
Figura 6 – Resposta de posição angular a uma entrada perturbadora.

As Figuras 7 mostram experimentos realizados via simulação, nas quais um capacete, como medidas reais, é submetido a um tubo de vento laminar com velocidade de 50 m/s. Os vetores de vento ao se chocarem com a estrutura do

capacete perdem velocidade e colidem com a área de efeito com valor de 20 m/s , aproximadamente. As Figuras 7(a) e 7(b) mostram, em vista lateral e isométrica, respectivamente, o capacete. Nota-se que não há ocorrências de vetores de vento turbulentos após colisão com a estrutura.



Vista lateral do capacete.



Vista isométrica do capacete.

Figura 7 – Resposta quando submetido ao tubo de vento laminar.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolveu, modelou e realizou testes em simulação para um sistema de limpeza de viseira em capacetes com a finalidade de facilitar a dirigibilidade de condutores de motocicletas em dias de chuva. Os resultados obtidos através de experimentos mostram que a abordagem proposta funcionou com

sucesso em situações sem perturbações, o que significa que a haste converge ao valor desejado de posição angular com oscilações amortecidas ao longo do tempo.

No entanto, quando submetido à influência de perturbações aerodinâmicas constantes, conclui-se que o erro de posição angular do sistema eletromecânico aumenta linearmente ao longo do tempo para ambas as malhas. O aumento do erro em malha fechada, mesmo que modesto, indica que o elemento eletromecânico não se adequa aos níveis de perturbações sofridos na haste.

Uma vez que os experimentos realizados se limitam a valores constantes e pequenos de influência do vento sobre a estrutura, propõe-se como trabalho futuro o estudo sobre o impacto aerodinâmico causado na haste em altas velocidades e variantes no tempo com a finalidade de analisar fadigas e tensões no pescoço de pilotos, bem como validação dos resultados em experimentos reais.

5. REFERÊNCIAS

¹POONGODI, P.; DINESHKUMAR, P. Automatic Safety System for Automobiles. **International Journal of Advanced Information Science and Technology (IJAIST)**. 2012. ISSN: 2319:2682. vol.6, No.6.

²VASCONCELOS, E. A.; **Risco no Trânsito, Omissão e Calamidade: Impactos do Incentivo à Motocicleta no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Instituto Movimento, 2013.

³MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. **DATASUS**. 2008. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060701/>>. Acesso em: 01/06/2015

⁴COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO. **Fatos e Estatísticas de Acidentes de Trânsito em São Paulo–2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.cetesp.com.br/media/186829/fat%20e%20est%202011.pdf>>. Acesso em: 01/06/2015

⁵VIAS SEGURAS. **Motociclista: dirigindo na chuva**: Pista escorregadia, menor visibilidade, maior distância de frenagem, menor estabilidade.... 2012. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/layout/set/print/educacao/educacao_e_formacao_dos_motociclistas/manual_de_direcao_defensiva_para_motociclista/capitulo_5_pilotando_a_moto_com_seguranca/motociclista_dirigindo_na_chuva/>. Acesso em: 01/06/2015

⁶SEGURO DE TRANSITO DPVAT. Disponível em: <<http://www.dpvatsegurodotransito.com.br/>>. Acesso em: 01 junho 2015.

⁷KOOPMAN, P. Embedded System Security. **IEEE Computer Society**. vol. 37, no. 7, p. 95–97. 2004.

⁸RAMYA, V.; PALANIAPPAN, B.; KARTHICK, K. Embedded Controller for Vehicle In-Front Obstacle Detection and Cabin Safety Alert System. **International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)**. 2012. vol 4, No 2.

⁹AL-KHEDHER, M. A. Hybrid GPS-GSM Localization of Automobile Tracking System. **International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)**. 2011. vol 3, No 6.

¹⁰ABINAYA, M.; UTHIRA D. R. Intelligent Vehicle Control Using Wireless Embedded System in Transportation System Based On GSM and GPS Technology. **International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC)**. 2014. vol. 3, Issue 9, p. 244–258.

¹¹DORF, R. C.; BISHOP, R. H.; **Modern Control Systems**. 12. ed., Prentice Hall. 2010.

¹² CONGRESSO SUDESTE DE CIÊNCIAS DO ESPORTE; 3., Niterói. **Influência do Vento no Desempenho dos Atletas na Prova de 100 Metros Rasos**. [S.I.], 2010. p. 6.

¹³ SADRAEY, M. Drag Classification. In: M., SADRAEY,. **Aircraft Performance Analysis**. Recurso Da Internet: VDM Verlag Dr. Müller, 2009. Cap. Drag Force and Drag Coefficient. Disponível em: <<http://faculty.dwc.edu/sadraey/Chapter%203.%20Drag%20Force%20and%20its%20Coefficient.pdf>>. Acesso em: 02/06/2015

¹⁴DIPRAJ, K. P. Speed Control of D. C. Servo Motor By Fuzzy Controller. **International Journal of Scientific & Technology Research (IJSTR)**. 2012. vol 1, Issue 8.

¹⁵KASSEM, M.; YOUSEF, A. M. Experimental Setup and Robust Servo DC Motor Position Control Based on Gain Schedule Sliding Mode Controller. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**. 2012. 4.(10): 1320-1327.

CORRELAÇÕES DE LONGO ALCANCE EM MODELAGENS DE FLUTUAÇÕES DE SÉRIES TEMPORAIS DA VELOCIDADE DO VENTO EM SALVADOR-BA: RESULTADOS PRELIMINARES PARA MAXIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

José Vicente Cardoso Santos¹, Davidson Martins Moreira², Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves³

¹ Faculdade SENAI / CIMATEC BA, E-mail: prof.vicentecardoso@gmail.com

² Faculdade SENAI / CIMATEC BA, E-mail: davidson.moreira@fieb.org.br

³ Faculdade SENAI / CIMATEC BA, E-mail: mamoret@gmail.com

RESUMO

O uso da energia eólica tem sido adotado de forma crescente em todo o mundo. No Brasil, o nordeste tem sido uma forte opção de investimento no setor, pois recentes mapas eólicos têm sido feitos e mostram altas taxas de frequência de ventos em todo o seu litoral e, em alguns casos, no interior. Não obstante a este cenário de grande potencial eólico, o Brasil tem esta fonte alternativa de energia com uma baixa representação na sua matriz energética. Desta forma, com o objetivo de justificar um aumento de interesse e confiabilidade nesta fonte alternativa de energia, apresenta-se neste trabalho uma análise preliminar das séries temporais que representam os registros de intensidade e direção do vento em unidade fixa de coleta de dados na unidade do SENAI / CIMATEC, em Salvador-Ba. Esta análise é feita através do método Destrended Fluctuation Analysis (DFA). A utilização deste método consubstancia a viabilidade das instalações de parques eólicos nas regiões de coleta, pois, o mesmo indica a possibilidade de existência de correlação de longo alcance na distribuição das grandezas analisadas o que pode comprovar a função da constância do fluxo eólico, e, com isto, viabilizar as instalações dos aerogeradores de forma mais eficiente e eficaz. Resultados preliminares indicam que a série de dados locais é persistente em direção, velocidade e grandezas termodinâmicas afins, o que corrobora com a viabilidade da participação eólica na matriz energética local.

Palavras-Chaves: Fontes Renováveis; DFA; Complexidade; Energia Eólica;

ABSTRACT

Abstract.

The use of wind energy has been increasingly adopted worldwide. In Brazil, the Northeast has been a strong investment option in the industry because recent wind maps have been made and show high attendance rates winds around its coastline and in some cases inside. Notwithstanding this great wind potential scenario, Brazil has this alternative source of energy with a low representation in its energy mix. Thus, in order to justify an increase in interest and reliability in this alternative source of energy, is presented in this paper a preliminary analysis of time series representing the intensity records and wind direction in fixed unit of data collection on the drive SENAI / CIMATEC in Salvador, Bahia. This analysis is done by Destrended Fluctuation Analysis method (DFA). Using this method substantiates the viability of wind farms installations in the areas of collection, because it indicates the possibility of long-range correlation in the distribution of magnitudes analyzed what may prove the function of the constancy of the wind flow, and, with this, enable the facilities of wind turbines more efficiently and effectively. Preliminary results indicate that the number of local data is persistent in direction, speed and related thermodynamic quantities, which corroborates the feasibility of wind participation in local energy matrix.

Keywords: Renewable Sources; DFA; Complexity; Wind Energy;

1. INTRODUÇÃO

Considera-se que o Brasil tem um alto potencial de geração de energia eólica e o mesmo ainda está em fase embrionária de exploração, pois, de acordo com o preconizado no Balanço Energético Nacional de 2014, onde, menos de 2% da energia gerada no país tem origem da energia eólica, e parte da potência gerada ainda precisa ser devidamente distribuída e comercializada [1], e, não obstante a isto, verifica-se também que o potencial eólico brasileiro, segundo as mesmas fontes, chega a 144 GW, o que representa mais de 15% do total da potencia atual instalada, com fortes tendências ao crescimento devido a crise energética que se avizinha. [1].

Este cenário representa um grande setor na sua matriz inicial de crescimento e um potencial promissor de expansão e desdobramentos na geração de empregos e renda, consolidando assim um setor em franca expansão, conforme verifica-se na figura 1.

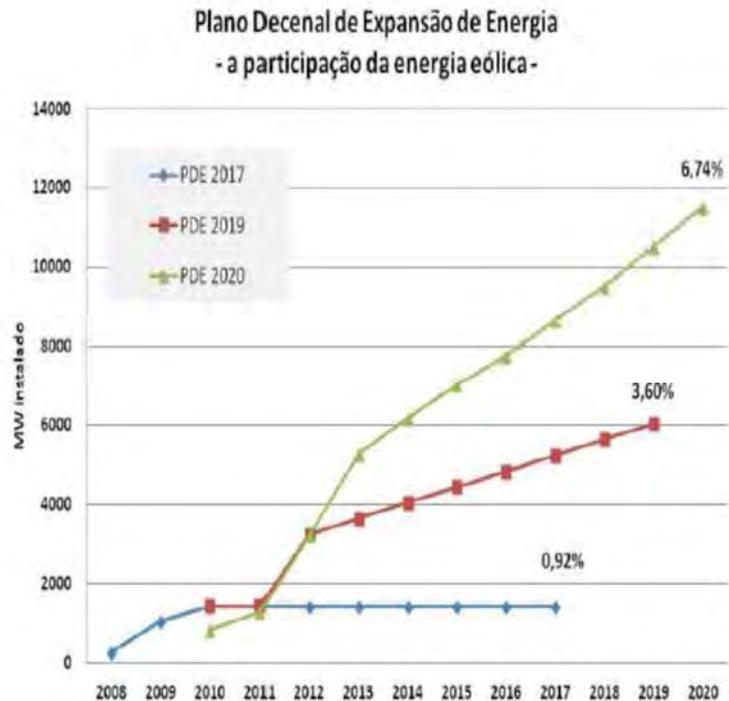
Para consolidar-se a viabilidade do setor e da sua expansão é fundamental que as unidades de geração de energia tenham o seu funcionamento viabilizado economicamente e para tal o seu funcionamento deve ser contínuo, eficaz e eficiente.

Esta continuidade é fundamental, pois, quando refere-se a geração de energia, não deve haver processo interrompido, visto que a demanda é contínua e não há como armazenar de forma eficiente. Estas condições demandam de pertinência das correntes da direção do vento [2], bem como de valores modulares da velocidade patamares que proporcionem os movimentos das pás geradoras e que não provoquem o seu desgaste de forma rápida, ou seja, torna-se

fundamental um vento contínuo e não necessariamente em

alta velocidade. Desta maneira as características do processo de geração de energia eólica estão diretamente relacionadas com as características do regime intermitente do vento local [3].

Modelos baseados nos processos estocásticos [3], têm sido propostos para explicar a distribuição da velocidade do vento, a exemplo os modelos de distribuição de Burr, Gamma, Rayleigh, Weibull, Lognormal e distribuição de Gauss etc, entretanto estas propostas de modelagem apresentam limitações devido ao fato de que estes modelos são susceptíveis aos efeitos de não-estacionaridade, a exemplo das tendências, que são um conjunto de componentes cuja frequência tenha período maior do que o comprimento total da própria série [4], de forma que, a existência de uma tendência em uma série temporal desdobra-se no fato dos respectivos dados tornarem-se não estacionários bem como a incompletude destes métodos em detectar o processo de multifractalidade, ou seja, a incompletude no registro das mudanças no regime dos ventos.



Fonte: (BRASIL, 2013).

Figura 1 - Plano decenal de demanda da expansão de energia eólica

la
e
em

alta

Com este cenário de incompletudes tem-se que a análise de flutuação destendenciada (*Destrended Flutuação Analysis* - DFA), que é um método originário do aperfeiçoamento do método denominado *Fluctuation Analysis* (FA), sendo que o DFA elimina a tendência da série temporal em diferentes escalas, analisando flutuações intrínsecas dos dados [5], de forma que, o DFA tem sido uma proposta de modelagem com razoável sucesso e eficácia na sua aplicação, de forma que o objetivo geral deste artigo é o registro de resultados preliminares das séries temporais que representam os registros de intensidade, direção e incremento da direção do vento em unidade fixa de coleta de dados na unidade do SENAI/CIMATEC em Salvador-Ba, com o uso do método *Destrended Flutuação Analysis* (DFA) com fins de determinação da persistência da série como fator de relevância para a viabilidade da respectiva instalação local dos geradores eólicos; e, como objetivos específicos tem-se a criação de índices de persistência das séries históricas locais (velocidade, pressão, temperatura etc), e, modelar mais um algoritmo de análise de viabilidade na instalação de geradores eólicos.

Para consolidar estes objetivos utiliza-se uma revisão de literatura, de cunho documental, histórico e quali-quantitativo com lastro na pesquisa bibliográfica atualizada sobre o tema e afins e com o uso dos dados coletados na unidade do SENAI/CIMATEC em Salvador-Ba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As séries temporais são definidas como sendo o conjunto de dados que são coletados, geralmente, em intervalos regulares de tempo e que diferenciam-se dos dados coletados aleatoriamente devido ao fato de representarem a evolução temporal da sequência da dinâmica de uma determinada variável específica. No caso em análise trata-se da velocidade do vento, onde tem-se o ordenamento linear desta série de forma cronológica [6]. A análise é feita com vistas a identificar se em uma determina série, ou a sua sequência de dados, existe ou não correlação entre eles [7]. Esta eventual correlação é denominada de efeito de memória de longa duração ao longo da variável independente da série, ou seja, no decorrer do tempo, de forma que as suas propriedades possam ser investigadas utilizando-se de conceitos e métodos da teoria fractal⁶ de maneira que este estudo de flutuações no tempo permite intuir autossimilaridades de maneira que não podem ser investigados utilizando-se de uma única escala de medida absoluta [6].

⁶ Fractal ou Fractais (do latim *fractus*, fração, quebrado) são figuras da geometria não-Euclidiana que podem ser divididas em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original são geralmente autossimilares e independem de escala, tal qual verifica-se nas séries temporais em análise. O termo foi criado em 1975 por Benoît Mandelbrot, matemático francês nascido na Polónia, que descobriu a geometria fractal na década de 70 do século XX. Em 1872, Karl Weierstrass encontrou o exemplo de uma função com a propriedade de ser contínua em todo seu domínio, mas em nenhuma parte diferenciável. O gráfico desta função é chamado atualmente de fractal.

Segundo o que preconiza [8] e [7], vários modelos utilizam-se de técnicas diversas para elucidar a identificação de possíveis correlações de longo alcance em séries temporais, entretanto o método atualmente mais utilizado para esse estudo é o *Detrended Fluctuation Analysis* [9]. Com isto utiliza-se de uma metodologia onde busca-se estimar a média das flutuações na série em escalas de tempo variável no seu tamanho, e, com isto verifica-se como estas flutuações dependem da escala em análise. Espera-se que a função de flutuação apresente um comportamento do tipo lei de potência de forma que a variação temporal para uma dada série passa a indicar a existência de flutuações não estacionárias, representando um processo multifractal [9].

Atualmente, a análise multifractal tem apresentado considerável eficácia em diversas áreas do conhecimento humano, a exemplo das séries temporais para indicadores econômicos [10], ciências da vida [9], meteorologia [11] e [12] dentre outras áreas, a exemplo desta proposta de pesquisa, onde pretende-se proceder análise estatística desta série numérica e utilizar-se do método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) para o tratamento e eventual dados fractalização destes dados.

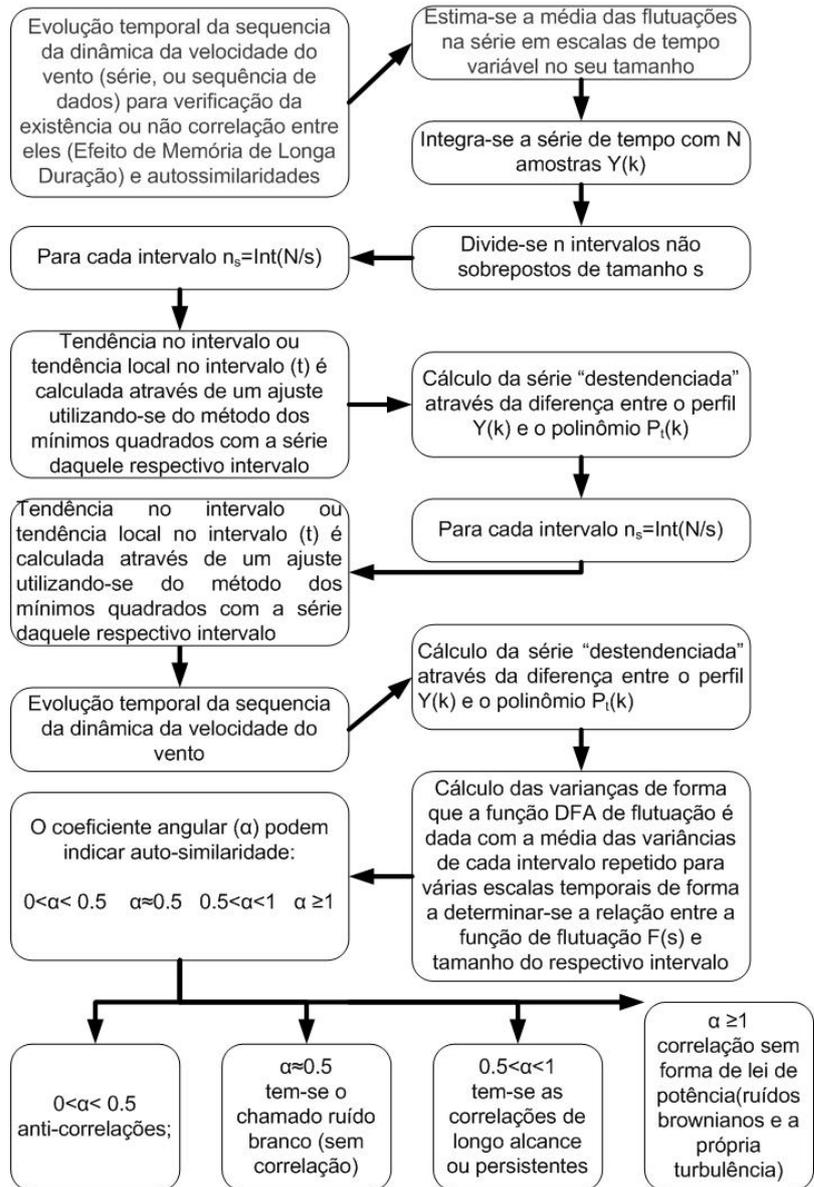


Figura 2 - Algoritmo de execução do tratamento dos

tratamento e eventual dados fractalização destes dados.

Desta maneira o uso do método DFA é indicado, conforme verifica-se na figura 2 ao lado, quando deseja-se mensurar correlações de longo alcance nas séries numéricas [9] e baseia-se na análise de flutuações dos dados após retirar-se a tendência da série temporal integrada, ou seja, obtêm-se uma série integrada que é

dividida em intervalos independente [5]. Uma outra forma de abordagem é a consideração de intervalos não sobrepostos nos seus tamanhos, de forma que, em cada intervalo, é retirada a tendência local através do ajuste polinomial (linear, quadrático ou em outros graus de expoente) repetidas vezes em um processo iterativo em escala através de uma lei de potência com um expoente específico que pode ser calculado através de código fonte disponível em fórum *on-line*⁷ ou deduzível algorítmicamente e implementável em software específico [13].

Assim, o processo algorítmico para o cálculo do DFA consiste em integrar a série de tempo com N amostras, considerar-se a série temporal integrada $Y(k)$ dividindo-a n intervalos não sobrepostos de tamanho s onde para cada intervalo $n_s = \text{Int}(N/s)$ ⁸ e a tendência no intervalo ou tendência local no intervalo (t) é calculada através de um ajuste utilizando-se do método dos mínimos quadrados com a série daquele respectivo intervalo, ou seja, com o cálculo da série “destendenciada” através da diferença entre o perfil $Y(k)$ e o polinômio $P_t(k)$. Deve-se registrar que os ajustes de polinômios de primeira ordem obtem-se o DFA de primeira ordem, e ajustes de polinômios de ordem k, tem-se o DFA de ordem k também determinado. Em todos os casos as variâncias podem ser calculadas de forma que a função DFA de flutuação é determinada com a média das variâncias de cada intervalo de forma que este procedimento pode ser repetido para várias escalas temporais de forma a determinar-se a relação entre a função de flutuação $F(s)$ e tamanho do respectivo intervalo. Posteriormente um análise logarítmica entre a função flutuação $F(s)$ e o próprio s pode ser analisada de maneira a determinar-se uma relação linear neste gráfico onde o seu coeficiente angular (α) podem indicar auto-similaridade, ou seja, para valores de $0 < \alpha < 0.5$ tem-se o que determinado como sendo anti-correlações; $\alpha \approx 0.5$ tem-se o chamado ruído branco, ou seja, um sinal sem nenhuma correlação; para valores $0.5 < \alpha < 1$ tem-se as correlações de longo alcance ou persistentes e que indicam tendências, que, no caso dos ventos, é um forte indicar de eficácia nos elementos geradores de energia, pois, existirá a persistência ou continuidade na geração bem como velocidades mais facilmente previsíveis; e, finalmente, para $\alpha \geq 1$ tem-se uma correlação mas sem ser na forma da lei de potência (a exemplo dos ruídos brownianos e a própria turbulência, que não seria uma solução eficaz para o geradores elóicos, pois aumentam sobremaneira os riscos de aceleração da deteriorização da maquina geradora)[5].

3. DADOS E DISCUSSÃO

Nas pesquisas preliminares com os dados da estação experimental do SENAI / CIMATEC, Salvador, Bahia, tem-se uma análise preliminar com ajuste dos valores extremos locais da velocidade do vento, sem análises de outras grandezas correlacionadas (temperatura, pressão *etc*), e, sem o trato de homogeneidade de dados da própria série e com ajuste de primeira ordem da mesma, ou seja, com um ajuste linear, tal qual proposto pelo método em análise, pode-se verificar a

⁷ A exemplo tem-se o *dfa.c*, em linguagem de programação C, disponível na página da PhysioNet (MIETUS, J.; PENG, C-K.; MOODY, G., 2001), ou em desenvolvimento via biblioteca de software, a exemplo o Matlab V.5.

⁸ $n_s = \text{Int}(N/s)$, ou seja, a parte inteira da razão entre as N amostras e o tamanho s da série.

necessidade de filtragens na própria série para a retirada de valores referentes a eventuais inconformidades na mesma, ou seja, a existência de ventos fortes (rajadas de vento), distúrbios locais *etc*, que, em uma segunda análise, pode ter os seus valores modulares, em patamares definidos localmente. Não obstante a isto, registra-se que já foram consolidados os cálculos da função de flutuação para tamanhos de específicos da série e que os mesmos variavam de 3 a $n/4$, onde n era a quantidade de dados amostrados e o uso de software desenvolvido na linguagem C com implementação do algoritmo anteriormente descrito e com a modelagem em primeira ordem polinomial em ajustes respectivos. A amostra da coleta de dados nos fornece o seguinte layout de dados, a citar:

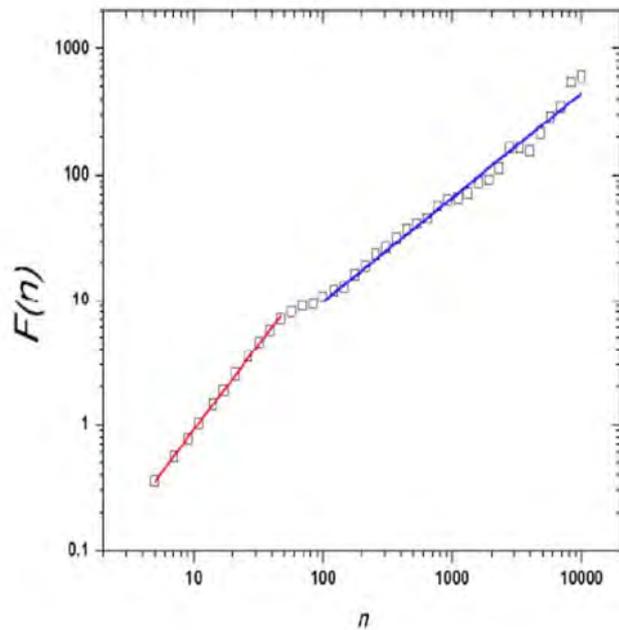
Quadro 1: Amostra de dados em coleta da estação de medição do SENAI/CIMATEC/Salvador-Ba

Amostra	Temp	Hi	Low	Out	Dew	Wind	Wind	Wind	Hi	Hi	Wind	Heat	THW	THSW		Rain	Solar	Solar	HiSolar	UV	UV	Hi	Heat	Cool	In	In	In	In		Wind	Wind	ISS	Arc.		
Date	Time	Out	Temp	Temp	Hum	Pt,	Speed	Dir	Run	Speed	Dir	Chill	Index	Index	Index	Bar	Rain	Rate	Rad,	Energy	Rad,	Index	Dose	UV	D-D	D-D	Temp	Hum	Dew	Heat	ET	Samp	Tx	Recept	Int,
16/08/2010	15:00	26,4	26,6	26,2	70	20,5	2,20	S	4,02	6,3	SSE	26,4	27,8	27,8	35,5	762	0	0	571	24,56	599	3,5	0,75	3,9	0	0,168	24,9	51	14,1	24,9	0,41	383	1	56	30
16/08/2010	15:30	26,2	26,3	26	69	20	2,20	S	4,02	6,7	SE	26,2	27,4	27,4	33,9	762	0	0	408	17,55	617	2,3	0,49	3,2	0	0,163	24,8	55	15,1	24,9	0	701	1	100	30
16/08/2010	16:00	26,1	26,4	25,6	72	20,7	2,70	SSE	4,83	8	S	26,1	27,6	27,6	33,6	762,2	0	0	318	13,68	577	1,4	0,3	2	0	0,162	24,6	50	13,4	24,6	0,28	701	1	100	30
16/08/2010	16:30	24,9	25,6	24,2	81	21,4	3,60	S	6,44	10,7	SSE	24,6	26,6	26,3	26,7	762,5	0	0	118	5,07	269	0,3	0,06	0,7	0	0,137	24,3	60	16	24,7	0	698	1	100	30
16/08/2010	17:00	23,9	24,2	23,7	83	20,8	3,60	S	6,44	9,8	SSE	23,6	25,4	25,2	25,2	762,7	0	0	100	4,3	193	0	0	0,5	0	0,116	25,3	66	18,5	26,2	0,1	701	1	100	30
16/08/2010	17:30	23,4	23,7	22,7	85	20,7	3,60	S	6,44	10,3	SE	23,1	24,7	24,4	23,7	762,9	0	0	35	1,51	62	0	0	0	0	0,105	25,9	70	20	27,1	0	689	1	100	30
16/08/2010	18:00	22,6	22,7	22,5	87	20,3	3,10	S	5,63	8,5	SSE	22,6	23,8	23,8	22,7	763,2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0,089	26	71	20,3	27,3	0,05	680	1	99,4	30
...

Fonte: registros dos próprios autores.

Nesta análise preliminar tem-se o trato da série temporal para que a mesma reflita o seu valor absoluto e direção modularizada de forma que os cálculos dos valores de DFA estão sendo feitos de forma direta conforme o gráfico 1.

Verifica-se, na figura 3 ao lado, que o coeficiente de escala global, em um primeiro momento, ajuste em cor vermelha, ficou no intervalo entre 0,5 e 1, ($\alpha=0,82\pm0,02$), e em outra faixa de análise, ajuste em cor azul, ($\alpha=0,37\pm0,01$), indicando que existe uma correlação de longo alcance persistente com e sem ruído, e, quando se analisa todo o conjunto de dados, ou seja, registra-se um possível ruído browniano, não obstante, os dados quando tratados tem-se o mesmo coeficiente abaixo da unidade e superior a metade da



Fonte: Registro dos próprios autores.

Figura 3 - Ajustes finais para verificação das eventuais leis de potência em duas fases de análise (vermelho, ($\alpha=0,82\pm0,02$), e $\alpha=0,37\pm0,01$, azul).

mesma, ou seja, velocidades altas/baixas de vento são seguidas por velocidades altas/baixas, corroborando os resultados de outros autores e com isto pode-se considerar este cenário como mais um dos fatores determinantes (pois existem outros: geográficos, sociais, econômicos etc), que determinem que a região em análise pode permitir a instalação de parques eólicos bem como a viabilidade do uso dos mesmos.

4. COMENTÁRIOS FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Verificou-se assim que o método DFA confirma a existência de correlação de longo alcance nas séries estudadas, tal qual preconizam diversos autores em localidades litorâneas do Brasil, e, ressalta-se ainda que a literatura recente demonstra que as séries de velocidade de vento apresentam persistência maior do que as séries de direção do vento.

Deve-se também considerar que existem estações de coleta que apresentam-se em diferentes regimes e, para intervalos maiores do que os utilizados neste trabalho, de forma que neste momento não é possível concluir que as séries apresentavam correlações de longo alcance persistentes. Não obstante, no tratamento dos dados, o aumento da ordem de ajustes e o ajuste dos intervalos menores que 30 horas (em média a sazonalidade da maré local), já apresentam uma série de ruídos brownianos.

Portanto, de forma geral, espera-se a existência de uma sequência de dados correlacionados. O método DFA mostra-se como uma ferramenta promissora para ser utilizada na indicação da existência de correlações em uma série temporal da velocidade do vento, no sentido de predizer os seus pontos de maximização e minimização além de funções de flutuação temporais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas da Área de Energia Eólica do SENAI, Unidade CIMATEC, nas pessoas do Prof. Alex Santos e Prof. Turan Dias Oliveira pelo pronto acesso aos laboratórios, aos dados e à disponibilidade no trato dos mesmos.

REFERENCIAS

¹ BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética**. Balanço Energético Nacional 2014 - Ano base 2013: Relatório Síntese. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf >. Acesso em 5 Jun. 2015.

- ² VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2ª Ed. ed. Brasília/DF: INMET, 2001. p. 532. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 1974.
- ³ OLAOFE, Z. O.; FOLLY, K. A. **Wind energy analysis based on turbine and developed site power curves: A case-study of Darling City**. Renewable Energy, v. 53, p. 306-318, maio. 2013.
- ⁴ MAGNAGO, R.; FISCH, G.; MORAES, O. **Análise espectral do vento no centro de lançamento de Alcântara (CLA)**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p. 260-269, 2010.
- ⁵ FREITAS, R. M. DE *et al.*. **Análise de anisotropia de imagens utilizando o método DFA: um estudo de caso na área de exploração de petróleo**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Sensoriamento. Anais. 2009.
- ⁶ MORET, M. A.; SENNA, V. de; ZEBENDE, G. F.; VAVELIUK, P. **X-ray binary systems and nonextensivity**. Physica A. 389: 854-858, 2010.
- ⁷ ADDISON, Paul S. **Fractals and Chaos: An Illustrated Course**. 1ª. Ed. London, CRC Press, 1997.
- ⁸ MANDELBROT, B. **The Fractal Geometry of Nature**. New York: W.H. Freeman and Company. 1983.
- ⁹ PENG, C-K. *et al.* **Mosaic organization of DNA nucleotides**. Physical Review E, v. 49, n. 2, pp. 1685-1989, 1994.
- ¹⁰ KANTELHARDT, J.W. *et al.* **Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series**. Physica A, Amsterdam, v. 316, p. 87-114, 2002.
- ¹¹ SHUKLA, J. **Predictability in the Midst of Chaos: A scientific basis for climate forecasting**. Science, Washington, D.C., 1998.
- ¹² SUTTON, R.T.; ALLEN, M.R. **Decadal predictability of North Atlantic sea surface temperature and climate**. Nature, London, v. 388, p. 563-567, 1997.
- ¹³ KAVASSERI R. G.; NAGARAJAN R. **A multifractal description of wind speed records**. Chaos, Solitons & Fractals, v. 24, p. 165, 2005.

ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS BASEADO NO MÉTODO PBL (PROJECT/PROBLEM-BASED LEARNING), INTEGRADO A FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Paulo. Xavier¹ e Renelson. Sampaio²

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, pahenfax@gmail.com

²Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, renelson.sampaio@fieb.org.br

RESUMO

Considera-se o ensino das equações diferenciais ordinárias (EDOs) como de fundamental importância no aprendizado de conceitos estudados em engenharia, ao tempo em que pesquisas evidenciam também as dificuldades dos alunos no processo de aprendizagem destes mesmos conceitos. Este trabalho tem por objetivo mostrar os resultados de aplicação do método Problem-Based Learning PBL e da modelagem de EDOs em um grupo de estudantes do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Senai CIMATEC. Neste contexto, a hipótese principal da pesquisa é a possibilidade da eficácia do uso do método PBL no ensino de EDOs e, desta forma, o problema proposto para essa pesquisa visa a veracidade ou não do ensino de EDOs, utilizado-se deste método. Para consolidar esta investigação aplica-se a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) na construção de procedimentos para compreensão do ensino das equações diferenciais. A fim de alcançar os objetivos estabelecidos, foram utilizados os conhecimentos prévios adquiridos pelos alunos, para apropriação de novos conhecimentos utilizando exemplos relacionados a partir da vivência do cotidiano favorecendo a aprendizagem significativa. Os resultados após a avaliação quantitativa no final do trimestre mostraram um melhor rendimento dos discentes os quais avaliaram positivamente o método empregado que lhes proporcionou motivação, dinamismo, trabalho em equipe, pesquisa, habilidades interpessoais e melhores atitudes comportamentais referentes as colocações dos colegas.

Palavras-Chaves: *Ensino de Equações Diferenciais; Aprendizagem baseada em problemas; Campos Conceituais.*

ABSTRACT

The teaching of mathematics is fundamental to any course in the exact area. It is considered the teaching of differential equations is of fundamental importance to the learning of engineering at the time that also highlight the difficulties of students in the learning process, the big question on many function in forums of learning difficulties

presented, as well as the high evasion in the first periods of the students enrolled in this course. This study aims to apply the method Problem-Based Learning PBL in a group of undergraduate students of Mechanical Engineering, Faculty Senai CIMATEC. In this context, the main hypothesis of research is the possibility of the effective use of the PBL teaching method in ODE and thus, this problem proposed research aims to truth or not of ODEs effectiveness of teaching, this method is used, .to consolidate this research applies to the Conceptual Fields Theory for the construction procedures for understanding the teaching of differential equations. In order to reach the goal set was used prior knowledge acquired for ownership of new knowledge using examples related from the everyday experience promoting meaningful learning. The results after the quantitative evaluation in the final quarter showed a better performance of students which positively evaluated the method employed that gave them motivation, dynamism, teamwork, research, interpersonal skills and better behavioral attitudes regarding the placement of colleagues.

Keywords: Teaching Differential Equations; Problem-based learning; Conceptual Fields.

1. INTRODUÇÃO

A incorporação da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), associada com o uso igualmente crescente da Matemática, tanto na formalização das teorias quanto das aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, notadamente aquelas que têm como principal objeto processos e fenômenos naturais, tem exigido transformações nas estruturas cognitivas e, por conseguinte, na forma de apresentar os conceitos.

A modelagem computacional resultante da aplicação do uso da TIC como parte da ferramenta na análise daqueles processos e fenômenos naturais se apresenta como uma oportunidade para aprofundar e expandir as pesquisas e as aplicações nas diversas áreas das Engenharias, bem como no ensino de elementos constantes em seus currículos.

Por outro lado, tem sido observado nos últimos anos, uma crescente dificuldade no aprendizado da matemática, desde o ensino secundário ao superior [2]. Vários são os autores que se empenham nos estudos e dificuldades do aprendizado e ensino da Matemática; [3], [4], [5]. O estudo desses autores leva a um único ponto: relacionar a Matemática da sala de aula com a Matemática do cotidiano fará com que os alunos a compreendam de forma menos problemática.

Com a expansão do ensino superior no Brasil, que teve início com a implantação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, novos cursos de engenharia vêm sendo implementados em todo o território nacional, de forma a estimular a formação de profissionais tanto nas áreas das ciências básicas (Química, Física, Matemática, etc), quanto mais especificamente de Engenheiros, a fim de atender a

demanda por profissionais qualificados, necessários no processo de desenvolvimento econômico e social.

Nesse contexto, se destaca o uso das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) como uma poderosa ferramenta na análise de problemas e proposta de solução nas diversas áreas das Engenharias. A incorporação dos recursos da TIC, desta manipulação de grande volume de dados quanto à disponibilidade de poderosos processadores computacionais, vem potencializando significativamente o uso da Matemática.

Pelas razões aqui elencadas, utiliza-se o método de aprendizagem baseado em problemas ABP ou (*Problem based learning*) - PBL, como complemento aos modelos tradicionais, que possuem algumas limitações quando avaliados sob a perspectiva da aplicação prática dos conhecimentos apresentados em sala de aula.

Esta pesquisa contemplou o desenvolvimento de uma metodologia que teve como eixo central a aplicação do método PBL com suporte ao processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de derivada, taxa de variação, integrais e modelagem algébrica de problemas, especificamente no ensino introdutório de EDOs, na disciplina de Cálculo A, no Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

Para tanto, utilizamos uma estratégia de ensino e aprendizagem aliada à teoria neo-cognitivista de Vergnaud [6], em conjunto com um grupo focal de estudo para desenvolver uma metodologia com base na utilização de campos conceituais na área associada, e com o uso de modelagem por meio do "software WINPLOT", corroborando nossa estratégia por meio dos resultados, que nos permitiram verificar a acurácia das estratégias implementadas, uma vez que a correção das atividades demonstrou tornar mais fácil o ensino de integrais por meio da modelagem empregada, como trataremos nos resultados.

A pesquisa buscou responder a uma pergunta muito frequente em salas de aula na disciplina que trata das equações diferenciais: para que estudar essas equações e onde aplicá-las?

2. REFERENCIAS TEÓRICOS: A PBL E TEORIA DE VERGNAUD

2.1. A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

A pesquisa utiliza-se de alguns elementos da teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud como possível referencial para o ensino da disciplina de Cálculo no Curso de Engenharia Mecânica e para pesquisa nesta área. Além de descrição em si, são estabelecidas algumas pontes entre essa teoria e outros referenciais como, por

exemplo, aprendizagem significativa, resolução de problemas e representações mentais.

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um grande período de tempo, a partir de experiência adquirida, maturidade e aprendizagem [6]. Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição [1].

2.2 PBL (PROBLEM BASED LEARNING)

A PBL usa o problema para motivar, focar e iniciar a aprendizagem, além de promover a construção dos conhecimentos e objetiva o desenvolvimento de habilidades e atitudes tidas como importantes para uma prática profissional efetiva, promovendo a construção dos conhecimentos. As diferentes implementações da PBL têm em comum um processo que pode ser resumido no seguinte conjunto de atividades:

Por meio de discussão ou reflexão, os alunos levantam e anotam questões de aprendizagem acerca dos aspectos do problema que não compreendem, de forma a melhor evidenciá-lo;

Apresenta-se um problema aos alunos que, em grupos, ou individualmente, organizam suas ideias, tentam defini-lo, reescrevê-lo e solucioná-lo com o conhecimento que já possuem, ou seja, mesmo sem que tenha adquirido ainda o domínio de uma base teórica;

Os alunos priorizam as questões de aprendizagem levantadas e planejam quando, como, onde e por quem estas questões serão investigadas para serem posteriormente compartilhadas com o grupo ou estabelecem, de forma individual, as etapas para que o mesmo possa atuar na problemática;

Quando os alunos se reencontram, ou quando o aluno individualmente faz auto-reflexão do trabalho, exploram, ou explora, as questões de aprendizagem anteriores, integrando seus novos conhecimentos ao contexto do problema de forma evidenciar avanços ou entraves; e

Concluído o trabalho com o problema, os alunos avaliam: o processo, a si mesmos e seus pares de modo a desenvolverem habilidades de auto-avaliação e avaliação construtiva de colegas, imprescindíveis para uma aprendizagem autônoma eficaz.

O papel do professor e dos alunos na PBL, no seu conjunto de atividades, não só acarreta mudanças no processo de ensino-aprendizagem como também apresenta desafios para seus principais atores, pois, a metodologia PBL implica diferentes papéis tanto aos professores, quanto aos alunos.

2.3 A MODELAGEM DE PROBLEMAS

A partir da equação do pêndulo e da análise de um programa feito em Scilab, os alunos puderam alterar os parâmetros da equação, comparando resultados e discutindo em sala, entre eles e com o professor, os resultados obtidos. Para tanto, foi apresentada a equação e após trabalhar teoricamente em sala alguns resultados, passou-se à etapa de verificação e, por último, a de modelagem. A equação diferencial ordinária que governa o movimento do pêndulo é a chamada "equação de Mathieu":

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$$

onde g é a aceleração da gravidade e l é o comprimento da haste. Pode-se reescrever esta equação na forma usual de sistemas dinâmicos:

$$\begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} \omega \\ -\frac{g}{l} \sin \theta \end{bmatrix}$$

O código utilizado encontra-se no sítio

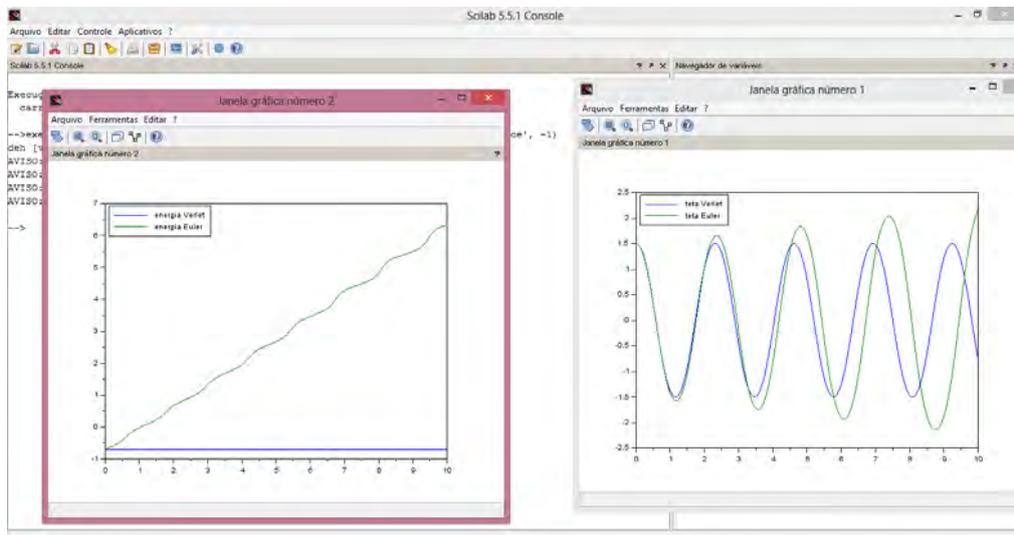


Figura 1: Modelagem de EDO no software Scilab

3. O REFERENCIAL TEÓRICO NO CONTEXTO DAS EDOs

Buscando de início uma melhor compreensão por parte dos alunos no que se refere ao ensino e aprendizagem das EDOs, foi proposto a utilização do método PBL, com *WINPLOT* servindo de ferramenta para implementação dos problemas propostos e, por fim, o uso do software *Scilab* para modelagem de algumas EDOs, bem como discussão dos resultados. A pesquisa foi focada na aplicação da Teoria dos Campos Conceituais, a partir de detecção de invariantes operatórios que não serão tratados aqui pelo pela densidade de informações que tais análises carregam intrinsecamente, mas que serviram a um resgate dos conceitos estudados inicialmente na disciplina de Cálculo A, para embasar os estudos referentes a EDOs e proporcionar a compreensão e interpretação para solução dos problemas propostos, sua representação gráfica e discussão do seu significado.

Neste sentido, a intervenção pedagógica ocorreu a partir do próprio aluno, por meio de relações e convencimento com fins de admissão da proposta de aprendizagem baseada em problemas, ao tempo em que o papel do professor consistiu em elaborar e aplicar um conjunto de atividades que proporcionasse aos alunos experiências, em escalas de dificuldade, para que os mesmos passassem a compreender os diversos aspectos do modelo teórico em análise, ou seja, as equações diferenciais.

Utilizando em conjunto o modelo PBL como suporte neste processo de ensino-aprendizagem interdisciplinar restaurando por meio de problemas os conceitos de derivada, taxa de variação, integrais e modelagem algébricas de problemas, especificamente no ensino introdutório de Equações Diferenciais Ordinárias.

A metodologia e procedimentos utilizados estão associados a um modelo de comportamento pedagógico que foi construído, a partir da aplicação da Teoria dos Campos Conceituais e de uma mensuração do processo de ensino/aprendizagem durante a sua aplicação em sala de aula.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS

A pesquisa aplicou uma metodologia quali-quantitativa, a partir da mensuração dos dados (correção das atividades dos alunos), mas também considerando as asserções de valor agregadas às mesmas, bem como comentários, avaliações e demais elementos de verificação. A pesquisa foi realizada com 47 alunos da Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, situada na cidade de Salvador, em quatro turmas de Engenharia Mecânica, no período diurno de 2013.1.

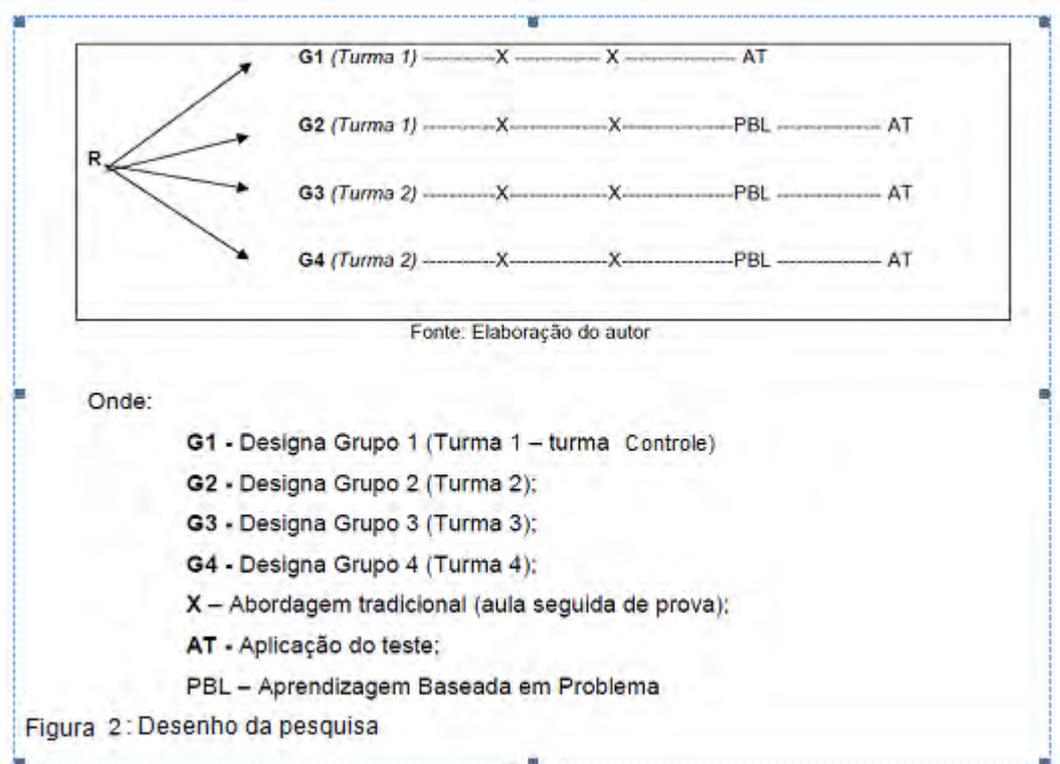
Nesta mesma metodologia, e, em contrapartida ao comportamento do docente, os alunos responsabilizam-se pela aprendizagem com trabalhos em grupos para identificar, analisar e resolver problemas utilizando-se dos conhecimentos já adquiridos no curso, e de suas experiências anteriores, ao invés de simplesmente relembra-los e aplicá-los mecanicamente, permitindo inclusive que estes alunos

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

avaliem suas próprias contribuições, além das de outros membros do grupo, de forma a interagirem com o corpo docente de modo a fornecer “*feedback*” imediato acerca do desempenho do curso com a finalidade de melhorá-lo continuamente.

Desta forma, com o uso do PBL o conhecimento construído na busca da solução dos problemas, as habilidades e atitudes desenvolvidas neste processo passam a ser mais relevantes que a solução em si, ou seja, o aluno apenas não aprende a resolver aquele problema específico, mas também desenvolvem a capacidade de modelar novos problemas com os conceitos apresentados bem como conectar estes novos conceitos a conceitos anteriores já absorvidos pelo mesmo ou pelo grupo de trabalho a qual está inserido.

Analisamos os resultados por meio de questionários, listas de exercícios e as observações no contexto do próprio trabalho de sala de aula. Os conceitos estudados foram os de derivadas, taxa de variação, integrais e modelagem algébrica de problemas, especificamente no ensino introdutório de EDOs. A figura 2 a seguir representa a organização das etapas para a realização da pesquisa:



O grupo 1 foi a turma controle, isto é, aquela em que não aplicamos o PBL, nem a modelagem. A metodologia empregada baseou-se apenas em aulas expositivas seguidas de provas. Já os grupos 2, 3 e 4, além do contexto tradicional, tiveram também a PBL aplicada e a modelagem. Os resultados mensurados para as estratégias aqui descritas encontram-se no gráfico 1:

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar o modelo proposto foi utilizada a Escala de *Likert*. [7]. Esta é utilizada em pesquisa e sondagem para medir a atitude dos participantes da pesquisa, perguntando-lhes se estão de acordo ou desacordo com uma pergunta em particular ou uma declaração. A finalidade da escala é medir a autoestima do participante da pesquisa. A pontuação final da escala é a soma de todas as pontuações de cada item, para tanto a escala será codificada para as respostas da seguinte forma: 1 (Discordo Completamente), 2 (Discordo), 3 (Concordo), 4 (Neutro) e 5 (Concordo Completamente).

Foi construído um questionário composto de 10 perguntas. A abordagem de explicação dos tópicos estudados seguiu o modelo tradicional, isto é, baseada no processo de recepção e de interação professor-aluno. As aulas foram expositivas, com ênfase nas diretrizes curriculares do curso, segundo preconizado pelo Ministério de Educação e Cultura (MEC). A avaliação visou basicamente a reprodução dos conteúdos estudados anteriormente para todas as turmas, sendo que as turmas 2, 3 e 4 tiveram, além desta estratégia, a aplicação do PBL por meio da modelagem dos problemas como aqui já descrito. Na turma controle não foi contemplada a utilização do PBL.

Durante a aplicação das atividades ocorreram 6 (seis) encontros presenciais, onde foi possível observar a participação e discussão entre os componentes das equipes, a fim de compreender os problemas propostos. Inicialmente foi proposto pelo Professor, a análise das questões e sua solução algébrica. Nas turmas 2, 3 e 4, além desta abordagem, também houve a utilização do "*Software WINPLOT*" que foi fundamental na inserção das EDOs e suas interpretações nos problemas propostos.

A partir dessa compreensão foi observado pelos discentes, que era possível inserir às equações na forma implícita ou explícita e traçar gráficos em 2D no WINPLOT, além de poderem estudar as EDOs e, alterando parâmetros, efetuar uma discussão e análise de resultados das mesmas. Com base nos modelos estudados, além do conhecimento matemático foram necessários de conceitos de física para análise e interpretações corretas ao chegar a solução por métodos e estratégias do cálculo diferencial e integral, em particular, das equações diferenciais ordinárias. Estes modelos foram apresentados pelo pesquisador com o objetivo de reproduzir os cenários reais da vida profissional do aluno bem como as demandas dos conceitos inerentes a cada questão.

Pela análise dos resultados utilizando o viés da escala Likert, bem como pela análise das correções das atividades finais, percebemos que os melhores resultados, isto é, as respostas mais completas ou mais elaboradas partiram das turmas em que a metodologia do PBL, embasadas pela teoria dos campos conceituais, foi aplicada.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

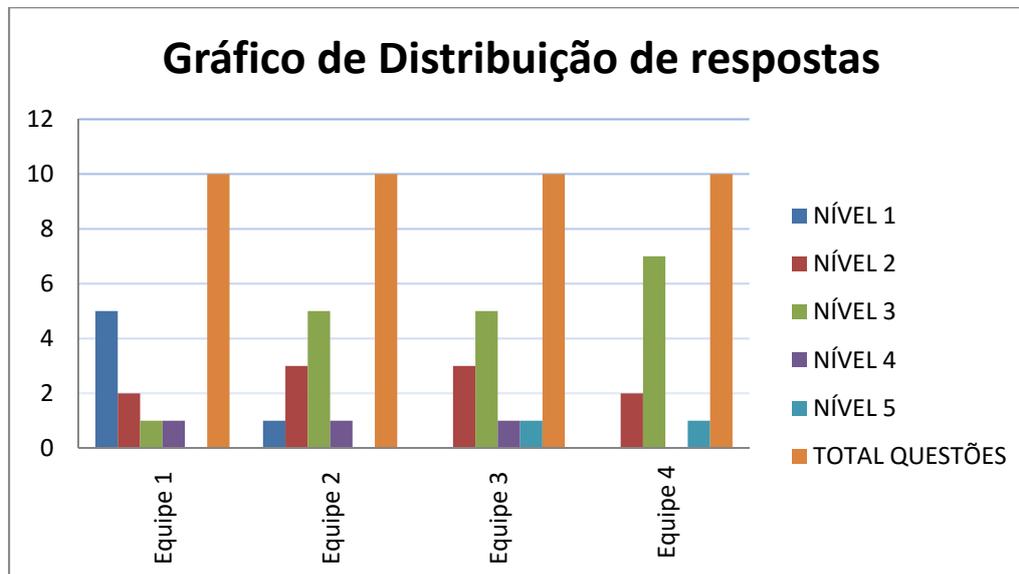


Gráfico 1: Desempenho dos alunos nas respostas por turma

Este desempenho fica evidente quando analisamos os índices de aprovação nas turmas estudadas:

	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Turma 4
Aprovados	22	16	28	25
Reprovados	15	10	5	3
Perc. Aprovação	59,46%	61,54%	84,85%	89,29%

Ainda que esta pesquisa tenha tido um caráter exploratório, os resultados encontrados foram encorajadores para avançarmos nesta linha de investigação e experimentação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito desta pesquisa, seguindo a hipótese, desenvolveu-se uma metodologia que teve como eixo central a aplicação do método PBL para o ensino de EDOs e, conseqüentemente, avaliou-se o corpo discente por meio de pesquisas fundamentadas em conteúdos que consolidam as metas descritas nos objetivos da pesquisa de forma a consolidá-los na sua totalidade. Para tal as EDOs que foram estudadas estão em consonância real da vida profissional dos alunos.

Considerando-se que o problema da pesquisa trata da veracidade e da eficácia do ensino de EDOs por meio de uma metodologia proposta na resolução e aplicação de problemas e que tais problemas foram analisados e construídos a partir da detecção

dos invariantes operatórios, elementos fundamentais da teoria dos campos conceituais, mostrou-se a eficácia da metodologia aqui proposta.

Esperamos, como professores e pesquisadores, fomentar pesquisas de cunho semelhantes e que promovam a utilização de modelagens como a que foi proposta neste trabalho e outras contidas na literatura, além de sensibilizar ao uso e determinação de invariantes operacionais, contidos na teoria de *Vergnaud*.

5. REFERÊNCIAS

⁹LIMA, Melina Silva de. SANTOS, José Vicente Cardoso. **A Teoria dos Campos Conceituais e o Ensino de Cálculo**. Curitiba: Appris, 2015.

²Filho, O.P.F., **O desenvolvimento cognitivo e a reprovação no curso de Engenharia**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Porto Alegre, RS: ABENGE, 2001.

³BICUDO, M. A. V. **Educação Matemática**. [S.1.]: Ed. Moraes, 1986.

⁴DUARTE, A. L. A.; CASTILHO, S. F. da R. **Metodologia da Matemática: A aprendizagem significativa nas séries iniciais**. [S.1.]: Ed. Vigília, 1985.

⁵NETO, E. R. **Didática da Matemática**. [S.1.]: Ed. Ática, 1998.

⁶VERGNAUD, G.(1982). **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems**. In T.P. Carpenter. J. M. Moser & T. A. Romberg (Eds.), *Addition and Subtraction: A Cognitive Perspective*(pp.39-59). Hillsdale, NJ :Lawrence Erlbaum Associates.

⁷VIEIRA, K.M.; DALMORO, M. **Dilemas na construção da escala do tipo *Likert*: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?** XXXII Encontro da ANPAD, 2008.

HIGH PERFORMANCE CODE GENERATION FROM SYMBOLIC COMPUTING

Renato Miceli¹, Felipe Vieira², Marcos de Aguiar³

¹SENAI CIMATEC, E-mail: renato.miceli@fieb.org.br

²SENAI CIMATEC, E-mail: felippe.vieira@fieb.org.br

³SENAI CIMATEC, E-mail: marcos.aguiar@fieb.org.br

RESUMO

Novas e radicais mudanças nas arquiteturas de computadores possibilitarão muitas oportunidades no campo de aplicações computacionais de alto desempenho, ao mesmo tempo em que irão também demandar mudanças radicais do ponto de vista de desenvolvimento de software, para tirar o máximo de proveito dessas novas plataformas. Esse cenário traz a seguinte questão: como conseguir portabilidade de desempenho para diferentes (e em constante evolução) arquiteturas? Normalmente existe uma clara distinção de desempenho entre códigos de fácil manutenção e portabilidade, escritos em linguagens de alto nível, e códigos paralelos altamente otimizados para certa arquitetura. A solução proposta pelo OPESCI (Open portable Seismic Imaging) framework é tirar proveito da tecnologia de linguagens de domínio específico (DSL) e de geração de código, para introduzir múltiplas camadas de abstração de software. No nível mais alto de abstração, desenvolvedores de aplicação irão escrever algoritmos de forma clara, semelhante a fórmulas matemáticas escritas a mão em um papel. Enquanto que no nível mais baixo, compiladores fonte para fonte irão transformar essa DSL em código altamente otimizado para uma arquitetura alvo e deve executar com desempenho próximo ao máximo, realista, possível para aquela aplicação. Diferentes geradores de códigos podem existir, enquanto a camada de alto nível consegue manter portabilidade de desempenho. O resultado é uma separação de conceitos, onde outras abordagens numéricas podem ser avaliadas e obter desempenhos compatíveis ou melhor do que códigos otimizados manualmente.

Palavras-Chaves: *Imageamento sísmico; Geração de código; Stencil; Hpc; Otimização de código;*

ABSTRACT

Upcoming disruptive changes to computer architectures offer many new opportunities for developing high performance applications, but it also demanding disruptive changes in software to achieve the full potential of the new hardware. Therefore, the question now is: how we achieve an acceptable degree of performance portability across different (and rapidly evolving) architectures? There is in general a sharp trade-off between easy to maintain,

extensible portable software written using high-level languages, and highly optimized parallel code for a target architecture. The solution proposed by the OPESCI (Open portable Seismic Imaging) framework is to leverage domain specific languages (DSL) and code generation software technologies to introduce multiple layers of software abstraction. At the highest level of abstraction application developers will be able to write algorithms in a clear and concise manner akin to how the algorithm might be written mathematically on paper. While at the lower levels source-to-source compilers will explore a rich implementation space to transform this DSL code into highly optimized code that can be compiled for a target platform to run at near-to-peak performance. It will provide layers that decouple domain experts from code tuning specialists, where different optimized code generator back ends can be replaced, and the high level code attains its portability. The result is a separation of concerns where new numerical approaches are readily evaluated and are capable of matching or outperforming hand tuned code.

Keywords: Seismic imaging; Code generation; Stencil; Hpc; Code optimization;

1. INTRODUCTION

High performance computing is getting more and more relevant every day. It went out of the academy and is becoming main stream and strategic in the high tech industry. It allows researchers to simulate experiments that would be too expensive, or too risky, or unethical or any combination of those. Big machines, also provides the computing power to solve very large problems, like predicting orbits and gravitational interactions among billions of celestial bodies.

Computing power keeps increasing at an accelerated pace, but because of the current technology limits, this new performance comes with the price of greater architectural complexity. In the past, the advance in speed was restricted mostly to a higher clock speed. The software would just get faster automatically when the frequency and bus speeds were incremented. Nowadays, because of the thermal properties of the materials used to build processor and memories, the clock speed is halted, and the performance improvements are mostly being achieved by the means of parallelization. Heterogeneity is also a big factor today. Performance opportunities are also offered in the use of different hardware components like GPU's (graphics processing unity), coprocessors (many core architectures) and FPGA (software programmable circuits)[1]. The learning curve to use all those components effectively is already a big challenge, and, to aggravate the issue, the optimization techniques can be quite different for each of these architectures. As the time passes, techniques that were once successful, won't work with new releases of the hardware.

With this current scenario, the software community must find new disruptive ways to harness the great performance that modern hardware offers, and at the same time be able to maximize the investment made in application code development.

Taking this situation under consideration, and also other issues that troubles the scientific and high performance computing community, the OPESCI (Open Performance portable Seismic Imaging) initiative was created. The main goal of the project is to achieve high performance code portability across different architectures. At the highest levels, domain experts will use high level languages to describe solutions to their problem of study, while at the lowest one, high performance coding specialist will write fine-tuned code to specific architectures.

The domain experts (i.e. scientists, engineers) will write code using DSL (domain specific languages)[2] without having to know in which platform this code will be executed. High performance specialists will use every language and compiler that will help get the most of the hardware. In between OPESCI will provide the abstraction layers to transform the DSL code in the most optimized form possible, exploring every aspect of optimization automatically. New backend plugins can be added to the platform to target different architectures and resolution methods.

In the beginning the OPESCI framework will focus primarily in stencil computation. Stencil is an integral part of applications in a number of scientific computing domains where each point of a d -dimensional grid uses the value of itself and some groups of neighboring elements to be repeatedly updated. It is an important computational pattern used in a variety of domains such as electromagnets, solutions of partial differential equations using finite difference or finite volume discretization, image processing and etc [3].

2. METHODOLOGY

The Project team is composed of different profiles: mathematicians, physicists, and computer scientists.

Domain Expert main tasks are:

Develop and validate models in high level portable languages.

Test the platform.

Provide real world data to benchmark the software.

Computer Scientists main tasks are:

Benchmark codes that solves the models created by the domain expert team.

Look for ready to use tools that already exploit performance on modern hardware for a given numerical method (i.e. finite difference, finite element).

Devise a roofline model to have an expectation of how much performance improvement can be achieved for the current code.

Tune code to get as close as possible to the roofline value, taking in consideration that this model is not perfect and 100% performance matching is unlikely to be achieved (due to different memory speeds and cache hierarchies not normally taken into account by the available roofline models).

Design code generation interfaces that will allow contributors to plug in various back-ends for different architectures.

The domain experts will help by developing high level code that will serve as the base for the source generation. They will also check the correctness and effectivity of the generated code and the results it calculates. Their input will also influence in which direction the project will go, as they are the target audience to use the final product.

When the point comes that the abstraction interfaces are stable. The software development team, will focus on porting, tuning and developing more and more back-ends to the platform. New benchmarks will be made, and the tuning cycle will keep going for every new hardware platform release.

The authors are currently trying out optimization strategies based on the latest academic publications, as well as special code generators, with the goal to develop the first back end to this framework. It's being tested both in conventional CPU as well as in a Many-Core Coprocessor. This module is platform specific and will be plugged in the low level layer of the system.

Another important point to make is that this framework is being developed as a IPCC (Intel Parallel Computing Center) initiative, and the resulting work will be made available to the community as open source software. Other projects and researchers will be able to plugin they're own back ends, as well as to provide their high level modeling codes.

3. RESULTS

So far the Project is still at the beginning but some of these steps were already executed, and are now being refined.

As first step we benchmarked existing solutions for stencils optimization. The goal was to leverage existing solutions or improve them to use as back-ends for framework's finite difference kernel generator.

Three different solutions for stencil optimization were tested, as seen in figure 1. The SDSLC[3] stencil compiler which applies a set of compiler transformations to generate efficient code for multicore processors with short-vector SIMD instructions. The pluto[4][5] a fully automatic source-to-source transformation framework that can optimize regular programs (sequences of possibly imperfectly nested loops) for parallelism and locality

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

simultaneously. Finally, the pochoir[6], which optimization technique translates the code on an efficient parallel cache algorithm.

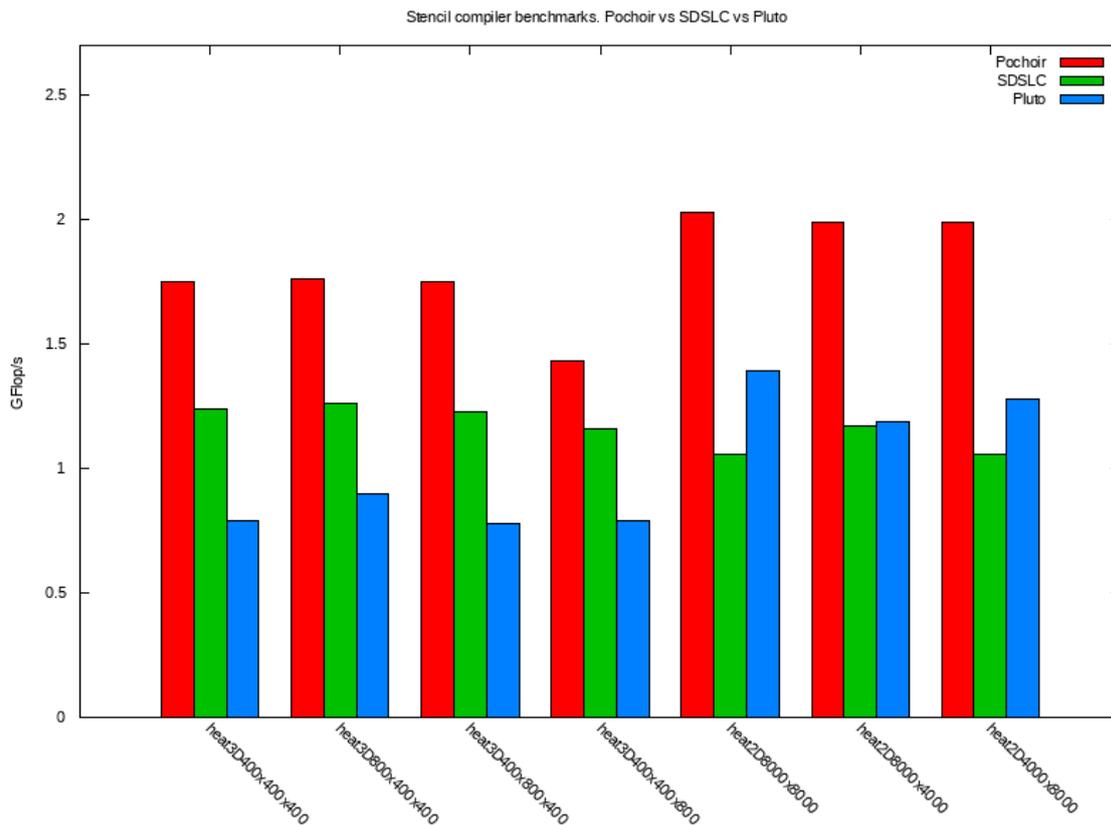


Figure 1. Stencil compilers benchmark.

The algorithms used were the stencil to simulate the heat propagation in a medium. Its 3d and 2d implementations were used, varying its grid size and keeping the time steps uniform across all tests. In all tests, the pochoir stencil compiler was better than the other ones, because its optimization technique consider both time and spatial domain that leverage a better performance of stencil algorithms in modern architectures.

Even though pochoir outperformed other stencil compilers, manually developed code with OpenMP had better results, as seen on figure 2. The data leads to the path of generating regular OpenMP kernels, instead of pochoir DSL Stencils. Starting from these initial results, the next steps to assembly the lower level code generation are being developed.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

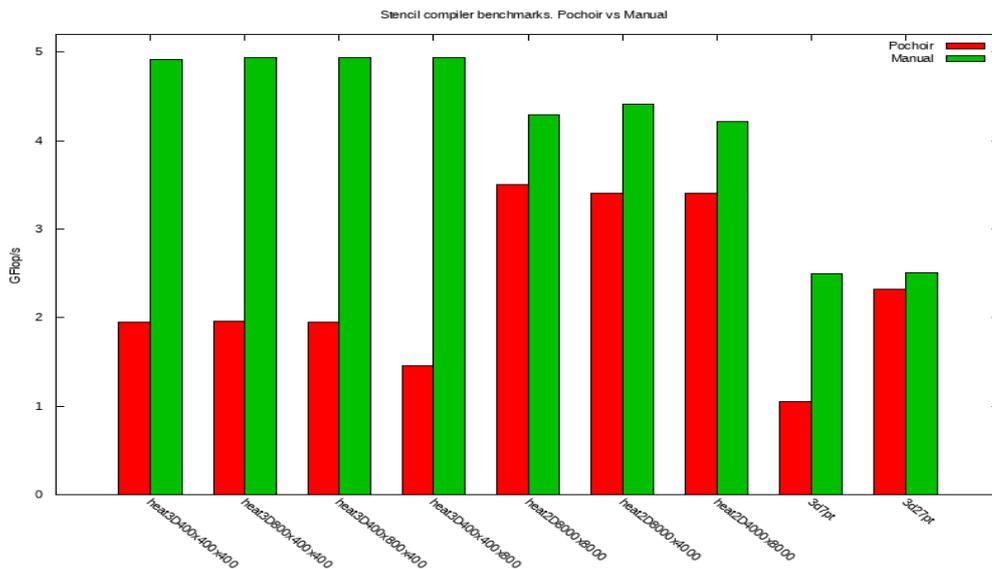


Figure 2. Performance comparison between pochoir and hand-made code with OpenMP.

First, the code generation tool using SymPy[7] (Python for symbolic computing) is being used to already transform high level symbolic language code into OpenMP finite difference kernel implementations. This tool also will enable develop plugins to translate its high level to others stencil compilers language.

While domain specialists are working on models, a reference implementation for elastic wave equation was developed and has been used as reference. The generated kernel for this elastic wave equation model from SymPy is being benchmarked against the reference hand-made code, as well as against other stencil compilers, like pochoir, to see how good it perform against existing optimization back end solutions.

Once this last step is done, the next task will be to make sure that the generated code is being fully vectorized and using every automatic optimization opportunity that the compiler offers. After that more advanced techniques will follow, like doing better use of cache memory and minimizing main memory access.

4. CONCLUSION

So far the Project showed good evolution and the team managed to have the basic workflow working. Based on the result obtained from comparing the stencil compilers, OpenMP code was chosen to be the first backend to attempt to be integrated with the framework. So, additional improvements will be done progressively in order to get higher performances from the generated code at specific architectures.

There is still more to be explored in terms of defining longer lasting interfaces for the framework as well as exploring or developing more efficient optimization engines for a given numerical method running for a specific architecture.

The team will also decide whether only SymPy and Firedrake UFL[8][9] DSL's will be used or other ones should also be adopted.

5. REFERENCES

¹Barros, R. S., Geldermalsen, S., Boers, A. M. et al. *"Heterogeneous Platform Programming for High Performance Medical Imaging."* *Lecture Notes in Computational Science* (Springer) Volume 8374 (2014).

²Taha, W. M. *"Domain-Specific Languages."* IFIP TC2 Working Conference (Oxford) (2009).

³T. Henretty, J. Holewinski, R. Veras, F. Franchetti, L.N. Pouchet, J. Ramanujam, A. Rountev, P. Sadayappan. "A Domain-Specific Language and Compiler for Stencil Computations on Short-Vector SIMD and GPU Architectures," *Compilers for Parallel Computing Workshop (CPC)*, July 2013.

⁴Bandishti, V., Pananilath, I. and Bondhugula, U. *Tiling stencil computations to maximize parallelism.* In SC, 2012

⁵Bondhugula, U., Hartono, A., Ramanujam, J. and Sadayappan, P. *A practical automatic polyhedral program optimization system.* In PLDI, 2008.

⁶Tang, Y., Chowdhury, R., Luk, C., Leiserson, C. E. *"Coding stencil computations using the Pochoir stencil-specification language".* In *3rd USENIX Workshop on Hot Topics in Parallelism (HotPar'11)*, 2011

⁷Joyner, D., Čertík, O., Muerer, A., Granger B. E. *"Open Source Computer Algebra Systems: Sympy."* *ACM Communications in Computer Algebra* Volume 45 (2011).

⁸Alnæs, M. S. *"UFL: A Finite Element Form Language, Automated Solution of Differential Equations by the Finite Element Method."* *Lecture Notes in Computational Science and Engineering* (Springer) 84 (2012).

⁹Alnæs, M. S., A Logg, K. B. Ølgaard, M. E. Rognes, and G. N. Wells. *"Unified Form Language: A domain-specific language for weak formulations of partial differential equations."* *ACM Transactions on Mathematical Software*, 2014.

INFERINDO NÍVEL DE UM TANQUE EM UM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDOS A PARTIR DE SINAL DE FREQUÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA

Vladimir Jesus Farias¹, Emanuel Benício de Almeida Cajueiro²

¹SENAI/CIMATEC, E-mail: vladfarias@gmail.com

²SENAI/CIMATEC, E-mail: emanuel.cajueiro@fieb.org.br

ABSTRACT

Fluid transfer and storage are widely used in the continuous process industry. With the intent to contribute on a fast growing area of studies, the following paper aim's the identification of a dynamic system, inferring the fluid level of one of the system's tanks used in the process from frequency's signal used at pump's speed control. Two mathematic equations were tested: ARX and ARMAX. ARMAX model has been adjusted properly to the purposes of the study

Keywords: level, frequency; dynamic systems identification; ARX model; ARMAX model.

RESUMO

Sistemas de transferência e armazenamento de fluidos são largamente usados nas indústrias de processos contínuos. Pensando em contribuir para os estudos que hoje, cada vez mais, se desenvolvem nessa área, este trabalho voltou-se para a identificação de um sistema dinâmico inferindo o nível de um dos tanques usados no processo, a partir do sinal de frequência utilizado no controle de velocidade da bomba. Duas representações matemáticas foram testadas: ARX e ARMAX. O modelo ARMAX ajustou-se mais adequadamente aos propósitos do estudo.

Palavras-Chaves: nível; frequência; identificação de sistemas dinâmicos; modelo ARX; modelo ARMAX.

1 INTRODUÇÃO

A descrição matemática de sistemas e fenômenos foi uma necessidade do homem desde a Antiguidade [1]. Os antigos egípcios, por exemplo, criaram uma técnica de identificação das estações do ano muito particular. Dividiram o ano em três estações de aproximadamente

quatro meses cada. Essa foi a maneira que eles encontraram para distinguir as quatro estações do ano, no vale do rio Nilo, onde o calor é intenso durante o ano inteiro [2].

Segundo os historiadores Flávio de Campos e Renan Miranda [2], assim, os egípcios procediam:

Após a estrela *Sothis* (Sírio) ficar desaparecida por setenta dias, reaparecia nos céus, o que marcava o ano novo e a chegada da primeira estação: a *Inundação*, que no calendário ocidental durava de julho a outubro. Nesse período, os egípcios se dedicavam às grandes construções, ao lazer, à arte e à guerra. Em novembro quando as águas baixavam, iniciavam-se o trabalho de plantio: a *Semeadura*, estação que perdurava até fevereiro. Era quando os egípcios plantavam diversos produtos, em especial o linho para a fabricação de roupas. Entre março e junho, faziam as colheitas: era a estação da *Colheita*. Quando a colheita estava prestes a terminar e Sírio de reaparecer nos céus, o Nilo adquiria uma coloração esverdeada, sinal de que os últimos produtos deveriam ser rapidamente colhidos, antes que as águas subissem e o rio voltasse à cor avermelhada, característica do período de cheia [2].

Com todo o desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela humanidade, ao longo desses séculos, tal como os antigos egípcios, o *homem moderno*, continuou sentindo-se desafiado a representar um sistema real usando um modelo matemático equivalente.

Ao final do século XX, a complexidade dos processos e a disseminação do uso de computadores para processar dados obtidos diretamente dos sistemas, provocaram uma mudança substancial na forma de se obter modelos matemáticos. Eles deixaram de ser desenvolvidos exclusivamente a partir de equações que descreviam a física do processo, passando a ser obtidos segundo os dados observados. Desenvolveu-se, então, um procedimento conhecido como modelagem empírica ou identificação de sistemas.

Para Garcia [3] “a *identificação de sistemas* lida com o problema de construir modelos matemáticos de sistemas dinâmicos com base em dados observados de *entrada e saída*”. Um modelo matemático nada mais é do que uma representação matemática aproximada de um determinado processo. Aguirre [1], por exemplo, fala em três técnicas empregadas na identificação de sistemas: modelagem caixa branca; modelagem caixa preta; modelagem caixa cinza.

O uso da modelagem caixa branca exige um nível de conhecimento bastante elevado sobre o sistema e sobre as leis da física que os rege. Essa técnica de obtenção de modelos é também conhecida, afirma Aguirre [1] como modelagem pela física ou natureza do processo ou modelagem conceitual.

A caixa cinza e a caixa preta são técnicas alternativas à modelagem caixa branca, estas por sua vez, se caracterizam por exigir pouco ou nenhum conhecimento conceitual da natureza física do processo, conforme salienta Aguirre [1]. Na identificação caixa preta, os dados de entrada e saídas são usados para obtenção dos parâmetros da estrutura do modelo previamente escolhido. A tentativa de combinação das vantagens das técnicas caixa preta e caixa branca compõe a caixa cinza, na qual dados de entrada e saída, bem como informações a respeito de leis físicas que caracterizam o processo.

Modelo linear

Um modelo é *linear* quando a saída ou as saídas dependem linearmente da entrada ou das entradas e de possíveis perturbações, variáveis dependentes ou derivadas, aparecendo apenas em equações de 1º grau, atendendo imprescindivelmente ao *princípio da superposição*. Isto é, “[...] calcular a saída de um sistema excitado por qualquer tipo de entrada dividindo-se a entrada em componentes simples e adicionando-se as respostas de cada componente” (GARCIA, 2012). O seu oposto, segundo o mesmo autor, seria um modelo *não-linear*.

O grau de linearidade, entre as variáveis de entrada e saída, é estabelecido através da solução da função de correlação cruzada, de modo que para sinais contínuos no tempo tem-se:

$$r_{uy}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T u(t)y(t + \tau) dt \quad (1)$$

Para séries temporais discretas:

$$r_{uy}(k) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{i=N}^N u(i)y(i + k) \quad (2)$$

sendo T o período de amostragem, N o número de amostra para a forma discreta, **u** e **y** entrada e saída de sinais respectivamente e **τ** ao número de atrasos. Para a função de correlação cruzada, tem-se que quanto mais próximos de 1 ou -1 o resultado estiver, maior será o grau de relacionamento linear entre os sinais.

De acordo com Ljung [5] existe uma estrutura geral polinomial linear, de forma que a partir desta é possível obter diversas representações matemáticas de sistemas dinâmicos lineares:

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + \frac{C(q)}{D(q)}e(k) \quad (3)$$

Em que A, B, C, D e F são polinômios definidos por:

$$A(q) = 1 - a_1q^{-1} \dots - a_{na}q^{-na} \quad (4)$$

$$B(q) = 1 - b_1q^{-1} \dots - b_{nb}q^{-nb} \quad (5)$$

$$C(q) = 1 - c_1q^{-1} \dots - c_{nc}q^{-nc} \quad (6)$$

$$D(q) = 1 - d_1q^{-1} \dots - d_{nd}q^{-nd} \quad (7)$$

$$F(q) = 1 - f_1q^{-1} \dots - f_{nf}q^{-nf} \quad (8)$$

e q^{-1} é o operador de atraso, de modo que $y(k)q^{-1} = y(k - 1)$ e $e(k)$ é o ruído branco [1]. Para $C(q)=D(q)=F(q)=1$, na estrutura geral do polinômio de Ljung [5], em que $A(q)$ e $B(q)$ são polinômios quaisquer, obtém-se o modelo autorregressivo com entradas exógenas ou simplesmente ARX (do inglês *autoregressive with exogenous inputs*), que pode ser representado matematicamente por:

$$y(k) = \frac{B(q)}{A(q)}u(k) + \frac{1}{A(q)}e(k) \quad (9)$$

Um aperfeiçoamento proposto por Aström e Bohlin [6], em 1965, ocorreu com a modelagem do erro na equação, descrevendo-o com uma média móvel (MA), tal modelo é chamado de ARMAX (do inglês *autoregressive moving average with exogenous inputs*) e pode ser descrito, segundo a equação:

$$y(k) = \frac{B(q)}{A(q)}u(k) + \frac{C(q)}{A(q)}e(k) \quad (10)$$

Partindo dos pressupostos teóricos e metodológicos expostos acima, foi realizado um estudo experimental sobre identificação de sistemas, tendo como objetivo inferir, a partir da frequência do motor da bomba, os sinais de nível do sistema de armazenamento e de transferência de líquido. O experimento foi efetuado na *Bancada Didática* do SENAI/CIMATEC e resultou no artigo que ora é apresentado. Sua estrutura compõe-se de quatro itens: introdução – quando se discute sobre identificação de sistemas dinâmicos; metodologia – que descreve os componentes materiais e os métodos utilizados para a realização do experimento; resultados e discussão – que analisa as respostas obtidas e faz uma avaliação dos procedimentos aplicados no estudo; conclusão – que trata das inferências do estudo, bem como das recomendações e possibilidades futuras de aprofundamento desse estudo.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais utilizados

Bancada Didática de transferência e armazenamento de fluido entre tanques – foi usada para a realização dos experimentos, a fim de se amostrar os dados necessários para a identificação de sistemas e validação. A Figura 1 mostra a referida bancada.



Figura 1: Bancada Didática.

Os *hardwares* utilizados para a realização do experimento compreenderam: Controlador Lógico Programável (CLP); *notebook*; sensor de nível; bomba centrífuga; inversor de frequência; cabo de comunicação do tipo *Modbus* serial (RJ 485); conversor *modbus/USB*. A coleta de dados do processo foi feita no *Matlab*, sendo necessário a comunicação OPC (do

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

inglês *Open Productivity and Connectivity*) do CLP com o mesmo. O OPC é um protocolo utilizado como interface padronizada que permite a comunicação entre sistemas e equipamentos de diferentes fabricantes com o intuito de promover a confluência de comunicação.

A Figura 2 apresenta a arquitetura de como a frequência e o nível do tanque foram adquiridos:

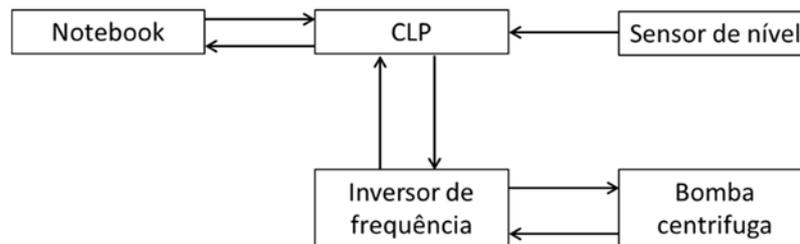


Figura 2: Fluxograma da comunicação entre os hardwares do experimento.

Observa-se, ainda, na Figura 2, que o sensor envia variável analógica de nível para o CLP. Já a frequência do motor da bomba, variável analógica, é coletada por um inversor de frequência que por sua vez envia para o CLP. O controlador, por sua vez, compartilha as informações via *Modbus* serial com o *notebook*, no qual os dados foram armazenados e tratados.

2.2 Procedimentos

O procedimento metodológico de identificação do modelo matemático de interesse foi realizado com base no trabalho de Cajueiro [4], e compreendeu as seguintes etapas: planejamento do experimento; triagem/escolha do sinal de entrada; pré-processamento dos dados; determinação/escolha da estrutura linear; validação do modelo.

Planejamento do experimento: nessa primeira etapa foi estabelecido que, com base nas informações das medições existentes, seria identificado e aferido o nível do tanque superior, usando o sensor ultrassônico existente no sistema a partir dos dados de frequência da bomba. As perturbações foram aplicadas ao *set point* do nível, usando uma sequência de graus, partindo do nível 3 litros para 4,5; evoluindo para 6,0; chegando a 9,0; até alcançar 10 litros (nível máximo), em intervalos de 30s, 40s, e 45 segundos, por não ser possível manipular a frequência diretamente. O período de amostragem utilizado no experimento foi de 50 ms, uma vez que o tempo de aquisição do CLP é de 32 ms.

Triagem/escolha do sinal de entrada: a entrada usada para identificar o nível do tanque foi a frequência do motor da bomba, que, após um teste de correlação cruzada, realizado depois a coleta dos dados de nível e frequência, apresentou uma forte correlação linear com o nível.

Pré-processamento dos dados: em algumas situações os sinais coletados, durante o experimento de identificação, não ficaram prontos para serem usados no levantamento dos modelos, sendo necessário um pré-processamento para tratar os sinais registrados de forma a

deixá-los apropriados para identificar o sistema. Nesse experimento, não houve tratamento de dados, por não ter existidos ruídos significativos.

Escolha do modelo: em um trabalho de identificação, o desejável é o uso de um modelo matemático mais simples possível, o qual seja capaz de descrever o comportamento do sistema dentro de uma faixa aceitável de incerteza para as condições do processo em questão. Nessa etapa, foram testados os modelos ARX e ARMAX, optando-se pelo segundo, em função de ajustar-se mais adequadamente aos propósitos do experimento.

Validação do modelo: de posse da estrutura do modelo e de seus parâmetros, observou-se se este agregava as informações que descreviam o sistema a ser identificado no intervalo de interesse, usando uma sequência de dados coletadas em um experimento diferente. Estes dados foram obtidos aplicando-se dois degraus no *set point* do nível com 50 segundos de diferença.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após provocar mudanças no *set point* do nível, foram registrados os seguintes comportamentos das variáveis envolvidas no processo de identificação, conforme demonstra a Figura 3.

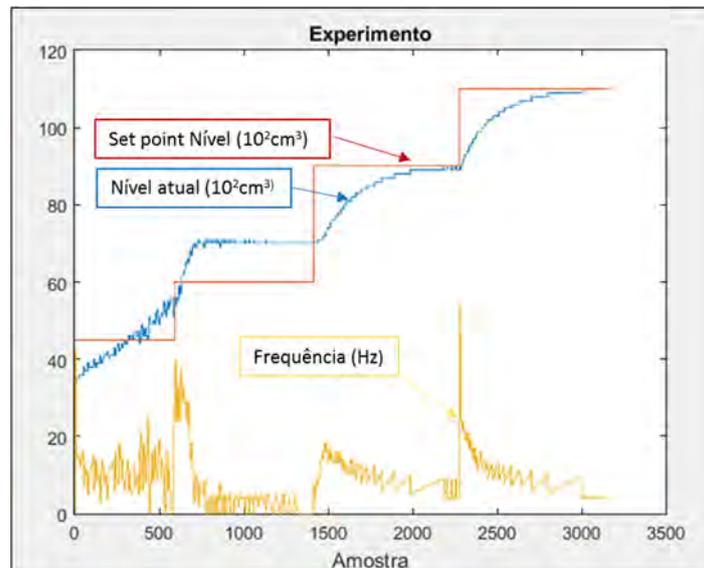


Figura 3: Registro do experimento para identificação do nível.

Por limitações nas medições do sistema foi estabelecido que o sinal de entrada seria a frequência do motor da bomba que, por sua vez, é inferida por um inversor de frequência. Desta forma, verificou-se o grau de linearidade entre as variáveis nível e frequência, através da solução da função de correlação cruzada no *Matlab*. Resolvendo a função para o nível e a frequência amostrados no experimento, obteve-se $r_{uy}(k) = 0.77$, demonstrando forte grau de

linearidade entre as variáveis, pois o coeficiente apresentou-se próximo de 1, com a presença de um grau de não-linearidade, como se pode observar na Figura 4:

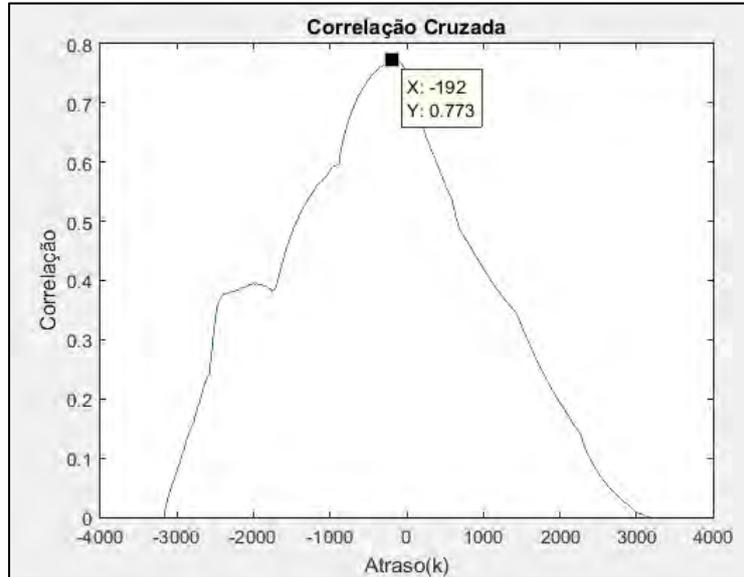


Figura 4: Função de correlação cruzada velocidade e nível.

Conhecendo o grau de linearidade do sistema, o passo seguinte foi estimar os parâmetros dos modelos estudados, ARX e ARMAX, com o intuito de comparar o ajuste de cada um dos arranjos matemáticos usando, para isso, uma série de dados de validação, a fim de chegar a uma melhor descrição do sistema e simplicidade da equação correspondente.

Após a regressão dos dados no *Matlab*, obteve-se para a estrutura ARX, os seguintes polinômios:

$$A(z) = 1 - 0,9615z^{-1} - 0,03205z^{-2} - 0,005769z^{-3} \quad (11)$$

$$B(z) = 4,241e^{-0,05}z^{-1} - 0,0008866z^{-2} \quad (12)$$

sendo a equação a diferença do modelo dada por:

$$y[k] - 0,9615y[k - 1] - 0,03205y[k - 2] - 0,005769y[k - 3] = 4,241e^{-0,05}u[k - 1] - 0,0008866u[k - 2] + e[k] \quad (13)$$

Em que o ajuste foi de 53,72% conforme Figura 5:

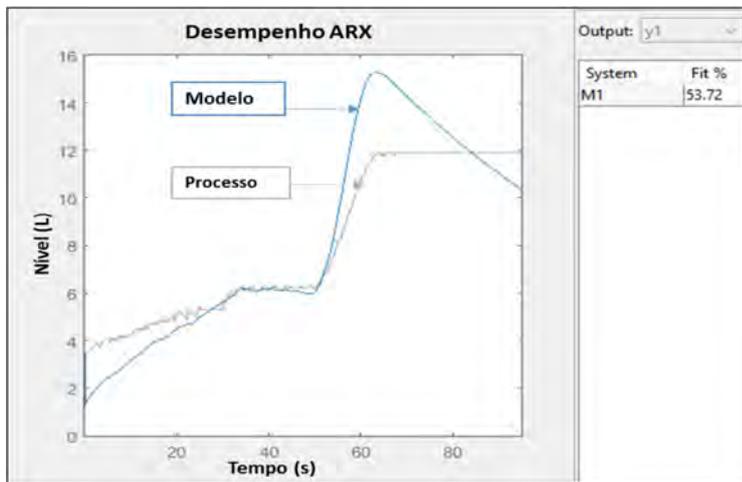


Figura 5: Comportamento do modelo ARX.

Para o modelo ARMAX obteve-se as expressões dos polinômios que o compõe:

$$A(z) = 1 - 1,8618z^{-1} + 0,8681z^{-2} \quad (14)$$

$$B(z) = 0,0004752z^{-1} - 0,000406z^{-2} \quad (15)$$

$$C(z) = 1 - 0,9717z^{-1} \quad (16)$$

em que a equação a diferença do modelo:

$$y[k] - 1,8618y[k - 1] + 0,8681y[k - 2] = 0,0004752u[k - 1] - 0,000406u[k - 2] + e[k] - 0,9717e[k - 1] \quad (17)$$

Com um ajuste de 84,79% de acordo com a Figura 6:

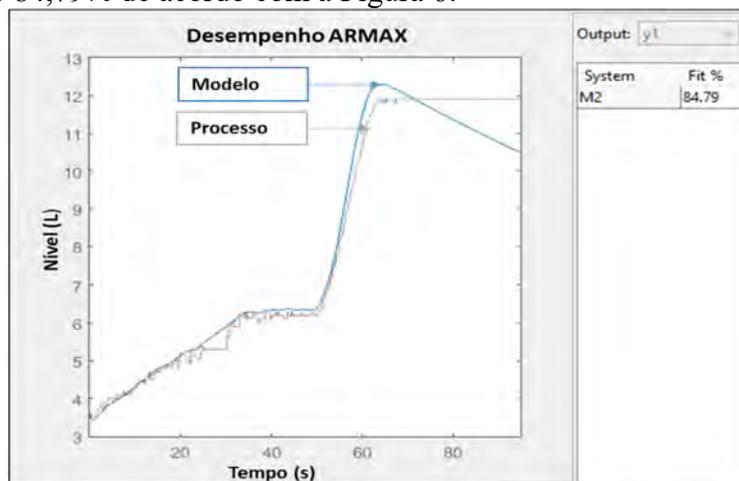


Figura 6: Comportamento do modelo ARMAX.

4 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi descrito um procedimento de identificação de sistema dinâmico, no qual o nível de um tanque foi identificado a partir da rotação da bomba. O modelo obtido descreve apenas o processo em questão, para outros sistemas os coeficientes dos modelos ARX e ARMAX serão diferentes. O algoritmo para estimação dos parâmetros do modelo ARX não lida de modo adequado em sistemas que possuem *off-set*, uma vez que se trata de uma não linearidade. Assim, o ajuste obtido no *Matlab* para esta estrutura foi de 53,72%. Por sua vez, na estrutura do modelo ARMAX a flexibilidade em descrever o *off-set*, como uma média móvel, modelando, assim, o erro adicionado na saída, permitiu um ajuste de 84,79%, maior do que o obtido no ARX. Ambas as estruturas não conseguiram reproduzir parte do comportamento do sistema conforme Figuras 5 e 6, sendo sugerido para estudos futuros uma modelagem com uma estrutura não-linear como NARX

REFERÊNCIAS

¹Aguirre, Luís Antonio. *Introdução à identificação de sistemas: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais*. 3 ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2007.

²Campos, Flávio de; Miranda Renan. *A escrita da História*. São Paulo: Escala Educacional, 2005.

³Garcia, Cláudio. *Identificação de sistemas*. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2012.

⁴Cajueiro, Emanuel Benício de Almeida. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

⁵Ljung, Lennart. *System Identification: theory for the user*. Second Edition. Linköping/Sweden: PH PTR, 1999.

⁶Aström, K. J.; Bohlin, T. *Apud Garcia Cláudio. Identificação de sistemas*. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 2012.

INTERFACES NATURAIS DE USUÁRIO PARA UMA APLICAÇÃO DE TREINAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO A CÂMERA REALSENSE

Dr. Eduardo Manuel de Freitas Jorge¹, Msc. Fábio Britto de Carvalho Almeida¹ e Yago Souza Venancio Lima¹

¹CIMATEC/SENAI

E-mails: eduardo.jorge@fieb.org.br, falmeida@fieb.org.br, yagosvl@hotmail.com

ABSTRACT

This article pretends to specify a training application for various industrial contexts through the prototyping technique using concepts of Natural User Interface and RealSense sensor to enhance the user's immersion. In industries that have high turnover of staff or danger sectors such initiatives are crucial to keep the technical quality and cut costs.

Keywords: RealSense, Human Computer Interface, Natural Interface, Industrial Training

RESUMO

Este artigo pretende especificar uma aplicação de treinamento para diversos contextos industriais através da técnica de prototipação utilizando conceitos de Interface Natural de Usuário e o sensor RealSense de modo a potencializar a imersão do usuário. Em indústrias que tem alta rotatividade de funcionário ou setores de periculosidade essas iniciativas são fundamentais para a manter a qualidade técnica e cortar gastos.

Palavras-chaves: RealSense, Interface Humano-Computador, Interfaces Naturais, Treinamento Industrial

1. INTRODUÇÃO

Entre os vários marcos da história da computação, o surgimento das interfaces gráficas, em meados da década de 80, foi um importante marco [1]. Com isso, houve uma grande expansão dos computadores nos ambientes domésticos, popularizando-os em todo o mundo. À medida que o número de usuários foi aumentando, juntamente com o avanço tecnológico, novas formas de interação foram surgindo e se aprimorando. Um desses avanços significativos foi o surgimento do *touchscreen*, que revolucionou a interação humano-computador, através do

toque dos dedos. Novos conceitos começaram a surgir como NUI (Interfaces Naturais de Usuário) e Computação Perceptiva. Ambos conceitos defendem a criação de experiências nas quais os usuários possam ter a sensação de estarem interligados aos sistemas computacionais através de meios naturais de comunicação, como gestos e/ou vozes [1]. Diante deste contexto, e com às necessidades crescentes dos usuários de se comunicarem de uma forma mais natural com os computadores, foram desenvolvidas várias tecnologias, entre elas câmeras como o Kinect (2010), e mais recentemente a Intel RealSense 3D (2012). Estas câmeras trazem consigo um conjunto de possibilidades em interações de interfaces naturais. O Kinect possui funcionalidades como reconhecimento de voz e de gestos[2]. Apesar de ter sido projetado inicialmente para proporcionar uma melhor interação para os usuários do console Xbox da Microsoft, sua utilização para outros tipos de aplicações vêm gerando várias oportunidades em outros domínios de negócios[2]. Além do Kinect, a Intel também desenvolveu um sensor, a Intel RealSense 3D que, foi criada já visando a sua instalação em diversos aparelhos que vão de computadores, *All in one*, notebooks, Dois em Um, tablets e smartphones. Os ambientes são tão diversos que a finalidade da RealSense se torna quase uma questão criativa. Por conta disso, a Intel vem fomentando a utilização de sua câmera, através de competições entre desenvolvedores, com o intuito de criar um novo nicho de aplicações que proporcionem novas experiências aos usuários[3]. A câmera possui funcionalidades como: rastreamento dos dedos e das mãos, reconhecimento facial, rastreamento do rosto, reconhecimento de voz, realidade aumentada e etc.

O desafio agora é se apropriar das funções desses dispositivos para criar ambientes que respondam melhor os usuários, se beneficiando ao máximo dessas tecnologias.

Um domínio que poderia se beneficiar de interações mais naturais são as aplicações de treinamento. Existem seguimentos empresariais cuja rotatividade de empregados é muito alta. O treinamento desses empregados recém ingressos pode ser custoso pelo volume de pessoas que precisa ser treinado, pelo tempo que esse treinamento pode exigir ou pela alocação de funcionários mais experientes para supervisionar o treino. [4] enfatiza tanto as vantagens cognitivas quanto as econômicas de treinamento simulado, mas cria um ambiente cuja interação se dá via mouse e teclado.

Nesse contexto, o objetivo desse projeto é especificar uma aplicação de treinamento para diversos contextos industriais através da técnica de prototipação utilizando conceitos NUI atendidos pela câmera RealSense de modo a potencializar a imersão do usuário. Para isso, será apresentado na seção 3 um protótipo de baixa fidelidade de interface atendendo aos requisitos de uma aplicação de treinamento industrial e com as formas de interação *Hover Select*, *Swipe* e *Move* [3]. Além disso, apresentam-se os algoritmos e técnicas computacionais que compõem o estado da técnica desta solução computacional. Para a realização desta pesquisa a metodologia adotada foi baseada fortemente na prototipagem rápida e iterações cíclicas e evolucionárias.

Com uma base de dados é possível apresentar diversas das ferramentas de trabalho para serem manipuladas por gestos já mapeados pelo sensor RealSense. Além disso, distribuindo essas

ferramentas em contextos bem discriminados, teremos aprendizagem mais consolidada e de uma maneira mais interessante do que uma simples lida no manual.

Com o surgimento de novas tecnologias, ferramentas, processos frente a diversos outros que já existem, os funcionários de uma indústria, independente do setor, precisam conhecer uma enorme gama de equipamentos. Além disso, nos casos de novas contratações ou mudanças de equipamento ou processos é necessário um desprendimento de tempo e gente para treinar aqueles funcionários novatos. Este trabalho permitirá treiná-los de uma maneira imersiva, sem grandes gastos a curto prazo uma vez que as câmeras RealSense serão embutidas nos mais diversos dispositivos laptops, Dois em Um, tablets e derivados.

Durante a pesquisa, foram estudados os conceitos e boas práticas de Interfaces Homem-Computador, explicadas na seção 2 e 2.1, que nortearam o presente estudo. Em seguida, um estudo sobre os sensores que auxiliassem nessas boas práticas. O sensor RealSense será bem detalhado na seção 2.2. Finalmente, a seção 3 apresenta a aplicação, suas telas de protótipo, os gestos que serão empregados em cada momento da aplicação. Por último, a seção 4 traz a conclusão do trabalho.

2. INTERFACE HUMANO COMPUTADOR: INTERAÇÕES NATURAIS ATRAVÉS DE CÂMERAS

Segundo [5], o termo interface é comumente utilizado para denominar aquilo que interliga dois sistemas. A Interação Homem-Computador (IHC) é a área da computação que investiga o design, avalia e implementa interfaces para que seres humanos possam interagir com sistemas computacionais de maneira eficiente e intuitiva [6]. Já segundo a Computer Science and Engineering o objetivo da IHC é o desenvolvimento e implantação de interfaces “amigáveis”, *user-friendly*, permitindo ao utilizador realizar as suas tarefas com segurança, eficácia, eficiência e satisfação, ou seja, originando interfaces com elevado grau de usabilidade.

Devido aos constantes avanços tecnológicos, as interfaces vêm sofrendo significativas mudanças ao longo dos anos, buscando sempre se adequar às novas demandas dos usuários [7]. Segundo [8] pode-se definir três tipos principais de interfaces Homem-Computador: Linhas de Comando (CLI), Interfaces Gráficas (GUI) e Interfaces Naturais (NUI). A CLI caracteriza-se por possuir um modelo de interação baseado em uma série de transações de pedidos e respostas, expressos em um vocabulário especializado. São interfaces muito ágeis, porém pouco intuitivas. A GUI surgiu com a necessidade da manipulação de objetos na tela. É o tipo de interface mais utilizado até os dias de hoje, principalmente pelos seus conceitos de janelas, ícones, ponteiros e menus (WIMP). Já a NUI caracteriza-se por interfaces voltadas para a captação e interpretação de comandos naturais.

2.1 Interface Natural

As novas formas de interação modificaram a forma de pensar interfaces digitais e abriram espaço para discutir novos paradigmas, como o de Interfaces Naturais de Usuários (NUI)

afirmam [1]. Segundo [8] o futuro da IHC está na utilização das interações naturais. De maneira discreta, os computadores estarão por toda a parte, relógios, carteiras, óculos, sendo operados naturalmente, chegando então a real integração entre ser humano e computador [8].

As NUI são baseadas em captura e reconhecimento de gestos através de algoritmos matemáticos, que recebem as informações dos sensores, as interpreta e as converte para um formato reconhecido pelos computadores [1]. Segundo [9], um gesto pode ser considerado como qualquer movimento físico detectado através de sensores por um sistema digital, ao qual poderá responder sem o auxílio de mecanismos tradicionais, como mouses ou canetas específicas. Ainda de acordo com [9], as interfaces gestuais podem ser classificadas em: Touchscreen - Interface onde o usuário pode se comunicar através do toque na tela com os dedos; Interações de Forma Livre - Permitem gestos livres sem estar em contato com nenhuma superfície, ou seja o corpo humano é o dispositivo de entrada.

Neste artigo utiliza-se os gestos livres como fonte de entrada de dados. Embora a tecnologia *Touchscreen* já esteja estabelecida a alguns anos, e tenha aberto várias oportunidades na IHC, são as interações de forma livre, através das novas tecnologias perceptivas como o Kinect e a Intel RealSense 3D, que prometem alavancar este tipo de interfaces a um novo nível. As tecnologias perceptivas nos permitem elaborar interações cada vez mais humanas e intuitivas, aumentando o grau de imersão dos usuários e consequentemente de usabilidade e satisfação dos mesmos.

2.2 Tecnologias Perceptivas

As tecnologias perceptivas possuem um conjunto de hardwares e softwares que lhes possibilitam as seguintes percepções: reconhecimento de gestos, reconhecimento facial, reconhecimento de voz e reconhecimento de toque. Com base nestas percepções os computadores têm acesso a uma detecção sensorial mais detalhada dos humanos, o que possibilita a criação de vários tipos de aplicações voltadas para as Interfaces de Interação Natural. Para esta pesquisa, analisa-se o dispositivo Intel RealSense 3D.

2.2.1 Intel RealSense 3D

O RealSense não é nenhum equipamento tecnológico específico, e sim o nome dado pela Intel a um grupo de avanços em hardware e software em computação de percepção. O primeiro produto desse grupo é uma câmera 3D que permite a interação com seus dispositivos de uma forma mais natural [10]. Durante o ano de 2014, empresas como Acer, Asus, Dell, Fujitsu, HP, Lenovo e NEC começaram a integrar a nova câmera da Intel RealSense 3D em seus laptops. As novas câmeras serão integradas dentro de notebooks, tablets e dispositivos de dois-em-um, e provavelmente residirá no topo, onde fica a webcam atualmente [11].

A Intel vem realizando parcerias com empresas como a Microsoft, a Google e a 3DSYSTEMS Assistente Nuance Dragão Digital, para a utilização de recursos como: o Voip do Skype, o Street View e o reconhecedor de voz Dragon Naturally Speaking [10] [11]. Segundo a Intel, a primeira câmera Intel RealSense 3D conta com o melhor sensor de profundidade do

segmento. O aparelho possui a habilidade de detectar os movimentos dos dedos, o que habilita o reconhecimento altamente preciso de gestos e expressões faciais para compreender o movimento e as emoções. A câmera pode compreender o que está no fundo e à frente para permitir o controle, melhorar a realidade aumentada interativa, simplificar a varredura de itens em 3 dimensões e mais [12]. A Intel RealSense 3D possui uma câmera colorida RGB FullHD 1080p e dois microfones integrados (intel1). Ver figura 1.



Figura 1: Intel RealSense 3D – (Intel)

Esta câmera engloba várias categorias. Na categoria mãos, ela é capaz de rastrear as mãos e os dedos e reconhecer gestos estáticos e dinâmicos, tudo através do reconhecimento de 22 pontos de cada mão [3].

Na categoria face, ela é capaz de identificação facial, rastreamento da cabeça e do rosto, detecção de pontos de referência, detecção de emoção, tudo através da identificação de 78 pontos no rosto [3].

Na figura 2, pode-se observar ainda a tolerância a certos movimentos de rotação nos três eixos do rosto.

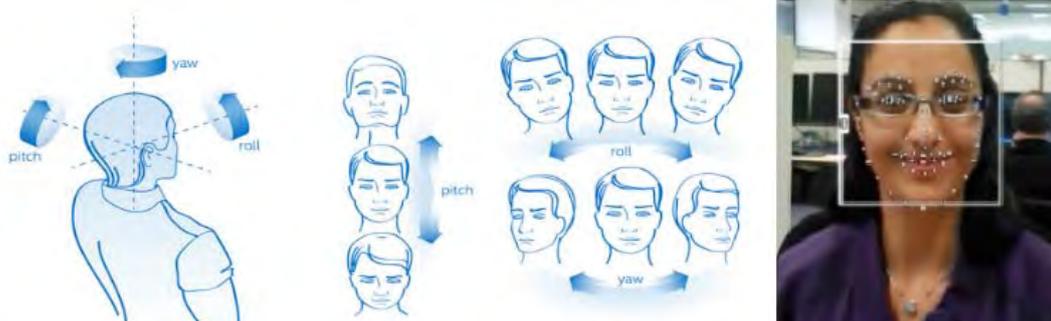


Figura 2: Rastreamento de cabeça - (Intel)

Ainda que o usuário incline (pitch) a cabeça para cima e para baixo, rotacione (roll) o rosto para direita ou para a esquerda, ou gire (yaw) o pescoço o algoritmo de reconhecimento facial ainda é capaz de reconhecer o rosto.

Na categoria voz, ela é capaz de reconhecer e executar comandos via voz, de converter texto em voz e voz em texto. Na categoria ambiente, ela é capaz de proporcionar realidade aumentada, percepção de cenas, modelar objetos 3D e imprimir objetos 3D (intel1).

Com todos estes recursos a Intel RealSense 3D possibilitará o desenvolvimento de diversas aplicações em várias áreas como jogos, colaboração imersiva, entretenimento educacional, aprimoramento de chamadas de videoconferências e etc.

3. APLICAÇÃO DE TREINAMENTO INDUSTRIAL USANDO NUI

Nessa pesquisa será apresentado a modelagem de um sistema que funcionará como repositório de contextos e atividades industriais. Para cada contextos, existirão um grupo de objetos associados relevantes ao contexto. Por exemplo, em se tratando do contexto Segurança do Trabalho, objetos de proteção como capacetes, luvas e óculos serão relevantes enquanto que ferramentas de trabalho como chaves de fenda, alicates não. Mas para o contexto de Manutenção de Circuitos, a lista de objetos de interesse citada anteriormente, poderia se inverter.

Então, para começar o treinamento, o primeiro passo seria escolher o contexto a ser praticado. A seguir, a figura 3 traz o protótipo de baixa fidelidade da tela de contextos.

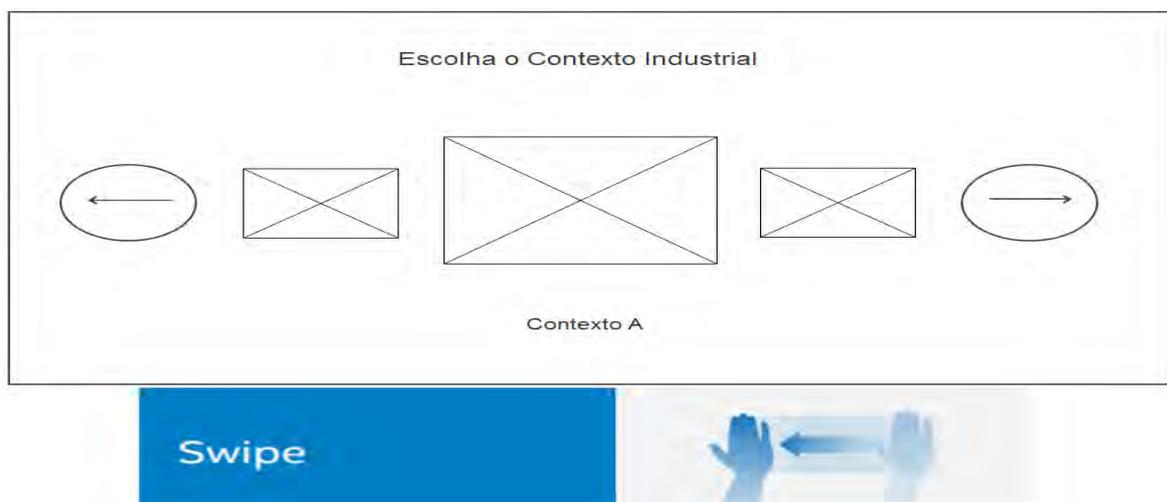


Figura 3: Protótipo do menu da aplicação.

Cada retângulo representa uma imagem que identifica o contexto, seguido pelo nome do contexto abaixo. Bastaria que o usuário percorresse a lista circular com gestos de *Swipe* já programados na câmera e escolhesse o contexto de seu interesse. O *Swipe* é um gesto que o usuário move o braço com a mão aberta, como se estivesse passando as páginas de um livro.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Uma vez escolhido o contexto, o usuário seria levado para uma segunda tela onde a partida se iniciaria de fato. Em um ambiente aberto, vários objetos aleatoriamente seriam apresentados ao usuário que deve capturar e arrastar para os devidos locais na tela, aqueles relevantes ao contexto escolhido antes que o tempo acabe. Novamente, a figura 4 traz o conceito da tela descrita.

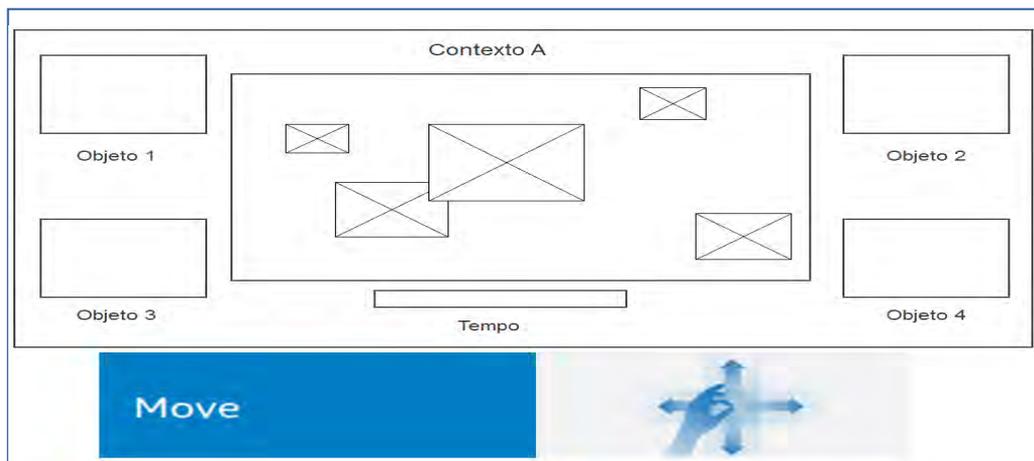


Figura 4: Protótipo da tela da partida.

Essa tela contaria ainda com uma função de alterar a perspectiva dos objetos apresentados a partir do reconhecimento facial do usuário, explicado na seção 2.2.1. Quando o usuário realizar algum movimento com o rosto, o foco da tela seguirá esse movimento para dar diferentes pontos de observação a quem estiver sendo treinado. Esse método foi aplicado para aumentar a inserção do participante.

Ao final do tempo, o usuário será levado a uma tela com os objetos coletados, uma explicação de seus usos ensinando a importância daquele item para o contexto escolhido. A tela descrita está representada na figura 5. Para obter informações dos objetos recuperados, o gesto *Hover Select* será aplicado. Esse gesto consiste em deixar a mão também aberta por um curto espaço de tempo em cima da imagem que for de interesse.



Figura 5: Protótipo da tela de resultados da aplicação.

A escolha da utilização da RealSense traz algumas exigências de hardware específicas. Uma vez que se trata de um produto novo o *Software Development Kit* (SDK) só está disponível para o Sistema Operacional Windows. Além disso, por conta do grande volume de processamento de frames por segundo capturados pela câmera, a comunicação do computador com o dispositivo deve se dar através de um USB 2.0 e a máquina ainda deve possuir um processador de Segunda geração ou superior.

Por outro lado, é possível desenvolver aplicações que utilizem a câmera RealSense em diferentes linguagens. Java (Java Developer Kit 1.7.0_11 ou superior), Java Script, C# (Microsoft .NET Framework 4.0), C++ e Processing (2.1.2 ou superior) são suportadas. Para o presente projeto, foi escolhido a linguagem C# por afinidade dos desenvolvedores. Para um exemplo do código, ver a figura 6.

```
// Create the SenseManager instance
PXCM SenseManager sm=PXCM SenseManager.CreateInstance();

// Enable face tracking
sm.EnableFace();

// Get a face instance here (or inside the AcquireFrame/ReleaseFrame loop) for configuration
PXCMFaceModule face=sm.QueryFace();
...

// Initialize the pipeline
sm.Init();

// Stream data
while (sm.AcquireFrame(true)>=pxcmStatus.PXCM_STATUS_NO_ERROR) {
    // retrieve the face tracking results
    PXCMFaceModule face2=sm.QueryFace();
    if (sm!=null) {
        ...
    }

    // Resume next frame processing
    sm.ReleaseFrame();
}

// Clean up
sm.Dispose();
```

Figura 5: Exemplo de implementação de rastreamento de face em C# com a RealSense.

4. CONCLUSÃO

O uso de tecnologias perceptivas para criação de interações Naturais é um caminho evolutivo natural assim como as interfaces gráficas avançaram a partir da entrada via teclado. É de fundamental importância o estudo desses dispositivos para que se possa extrair o máximo de suas respostas de maneira harmoniosa seja qual for o ambiente de interação com o computador.

No caso da aplicação, seu intuito é ser um repositório de contextos industriais simples mas imersivo. A interação com o sistema a partir de gestos foi pensada para torná-la mais atraente e memorável. Se valendo ainda da vantagem de que no futuro a tecnologia RealSense virá embutido em diversos dispositivos, notebooks, tablets, dois em um, e celulares. Como perspectivas futuras está aplicação será evoluída através de um processo de validação da aplicação, onde serão feitas entrevista sob a forma de questionários com grupos de funcionários, visando medir a satisfação e a usabilidade dos gestos escolhidos.

REFERÊNCIAS

¹ CABREIRA Arthur e MULLING Tobias, 2012. Perspectivas para novas interfaces: Kinect e interações gestuais sob o panorama de interfaces naturais do usuário. IV Congresso Sul Americano de Design de Interação.

²MICROSOFT. Kinect [online]. Disponível em: <http://www.xbox.com/en-US/kinect>. [Accessado Outubro 2014].

³ INTEL. 2012a. Intel RealSense Technology [online]. Disponível em: <https://software.intel.com/en-us/articles/realsense-overview>. [Accessado Outubro 2014].

⁴SOUSA Macos Paulo Alves de, PAMPLONA Alcides Renato da Silva Junior RIBEIRO Manoel Filho e REIS Felipe Vaz. 2008. Treinamento de Montagem e Manutenção em uma Unidade Hidroelétrica de Energia Usando Realidade Virtual Desktop. Revista IEEE América Lantina, 6, Set 2008.

⁵NORMAN Donald A. e DRAPER Stephen W. User centered system design. New Perspectives on Human-Computer Interaction, L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, 1986.21.

⁶SANTOS Sérgio Leandro e TEIXEIRA F.G. 2010. Design de uma interface de interação tridimensional com foco na usabilidade e no desempenho gráfico. PgDesing, pages 39-50..

⁷AFONSO Ana Paula, LIMA Jorge Reis e COTA Manuel Perez. Uma avaliação heurística da usabilidade de interfaces web [online]. Disponível em: <http://article.sapub.org/10.5923.j.computer.20120001.04.html#Sec2.1>. [Accessado Outubro 2014].

⁸OLIVEIRA Igor Aguiar. Interface de usuário: A interação homem-computador através dos tempos. Olhar Científico, 1(2):178-184, 2011.

⁹SAFFER Dan. 2008. Designing gestural interfaces: Touchscreens and interactive devices. "O'Reilly Media, Inc."

¹⁰ BARRETT Brian. Realsense: como a intel quer transformar o mundo inteiro em um holodeck [online]. Disponível em: <http://gizmodo.uol.com.br/intel-realsense/>. [Accessado Outubro 2014].

¹¹ TUDO SOBRE TECNOLOGIA. RealSense da Intel é produtiva e divertida [online]. Disponível em: <http://www.tudosobretecnologia.com.br/2014/01/realsense-da-intel-e-produtiva-e.html> [Accessado Outubro 2014].

¹² DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Intel Revela Módulo Integrado de Câmera de Profundidade e Assistente Pessoal de Linguagem Natural [online]. Disponível em: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/01/08/interna_tecnologia,483329/intel-revela-modulo-integrado-de-camera-de-profundidade-e-assistente-pessoal-de-linguagem-natural.shtml. [Accessado Outubro 2014].

MODELAGEM E CONTROLE DO PÊNDULO INVERTIDO

Leandro Góes, Atilano Moreira, Alan Ornelas, Walter Barroso e Emanuel Benício.

Faculdade de Tecnologia Senai CIMATEC

E-mails: leandrogoes@hotmail.com, atilanomoreira@hotmail.com, alanj.ornelas@gmail.com,
walter_araujo@hotmail.com, emanuelbenicio@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the construction, modeling and system control tuning an inexpensive inverted pendulum, which can be easily reproduced. Construction of the pendulum system was used, among others, a trail of ink jet printer, a metal rod, a wooden support, two Arduino educational kits: One and Mega. As a sensor element, used a precision potentiometer. A DC motor was used as actuator. The PID controller is implemented in the process and the value of each parameter: proportional, integral and derivative, was obtained by the oscillation threshold method. An attempt was made to implement the control system in "real time" in which the Arduino was only used as input interface and output data, this trial was performed in Matlab. Another attempt was assessed only use the Arduino throughout the system process: data collection, processing and output of information. The results prove that it is possible to build an educational kit inexpensive inverted pendulum control for teaching and learning.

Keywords: Control, Modeling, Arduino, Pendulum.

RESUMO

O presente trabalho apresenta a construção, modelagem e sintonia de controle do sistema de um pêndulo invertido de baixo custo, o qual pode ser facilmente reproduzido. Para construção do sistema de pêndulo, utilizou-se, dentre outros, um trilho de impressora jato de tinta, uma haste metálica, um suporte de madeira, dois kits didáticos arduino: Uno e Mega. Como elemento sensor, utilizou-se um potenciômetro de precisão. Um motor DC foi usado como atuador. O controlador PID foi implementado no processo e o valor de cada parâmetro: proporcional, integral e derivativo, foi obtido pelo método do limiar de oscilação. Houve a tentativa de implementação do sistema de controle em "tempo real", no qual o Arduino era usado apenas como interface de entrada e saída de dados, esta tentativa foi realizada no Matlab. Outra tentativa avaliada foi utilizar somente o arduino em todo o processo do sistema: coleta de dados, processamento e saída de informação. Os resultados obtidos provam que é possível construir um kit didático de baixo custo de pêndulo invertido, para ensino e aprendizagem de controle.

Palavras-chaves: Controle, Modelagem, plataforma arduino, Pêndulo.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia está em crescente progressão, cada vez mais, tem se investido em pesquisas e projetos que propiciem colaborações para o desenvolvimento da sociedade.

“Historicamente, o surgimento da automação está ligado com a mecanização, sendo muito antigo, remontando da época de 3500 e 3200 A.C., com a utilização da roda. O objetivo era sempre o mesmo, o de simplificar o trabalho do homem, de forma a substituir o esforço braçal por outros meios e mecanismos, liberando o tempo disponível para outros afazeres, valorizando o tempo útil para as atividades do intelecto, das artes, lazer ou simplesmente entretenimento” [1].

O controle de sistemas possibilita uma série de melhorias no que se refere a otimização do processo e custos [2], [3], [4]. Sistemas de controle automáticos são encontrados com frequência em setores industriais, tais como controle de qualidade e fabrico de produtos, linhas de montagem automáticas, controle de ferramentas, tecnologia espacial e armamentista, sistemas de transporte, sistemas de potência, robôs e muitos outros [5].

O presente trabalho relata o projeto e a construção de um protótipo de pêndulo invertido de baixo custo, bem como a sintonia de controle. O estudo deste sistema é de grande importância, pois é bem conhecido que dispositivos/equipamentos que exigem condição de equilíbrio de corpo (como humanoides, sistemas motor de transporte sobre duas rodas, dentre outros), necessitam ter com ponto de partida de estudo o pêndulo invertido (e o simples). De acordo com Ogata [6], o pêndulo invertido é um sistema mecânico muito útil no estudo de controle de posição de sistemas instáveis como o controle de posição de veículos espaciais na fase de lançamento.

1.1 O PÊNDULO INVERTIDO

O pêndulo consiste em uma haste, cujo comprimento é muito maior que sua espessura. Uma das extremidades desta haste é apoiada verticalmente em uma estrutura que confere a haste apenas o deslocamento angular em torno do seu ponto de apoio. Neste projeto a restrição de movimento confere apenas um grau de liberdade ao movimento da haste.

Por se tratar de um sistema naturalmente instável, quando invertida, devido a perturbações, a haste não se estabiliza em uma angulação perpendicular à superfície de apoio, havendo assim a necessidade de correções em seu posicionamento. A fim de solucionar esta situação, apoia-se a haste em uma base móvel. O deslocamento desta base propicia a correção adequada ao desvio da haste.

A fim de entender mais profundamente o comportamento do sistema, procurou-se estudar o seu modelo fenomenológico. A Figura 1 descreve o sistema do pêndulo invertido:

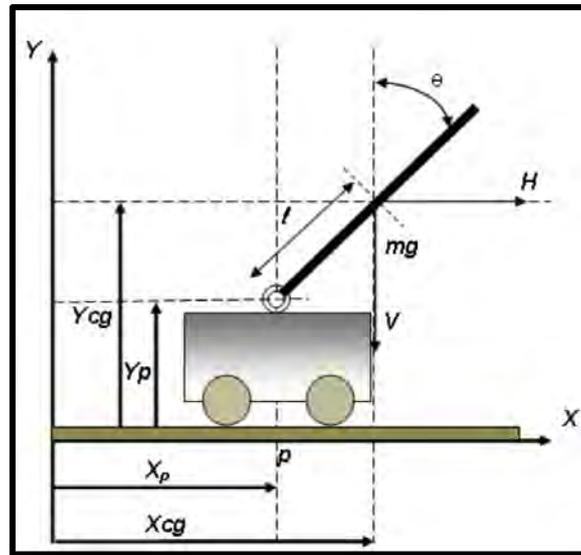


Figura 17: Coordenadas do sistema [7]

Onde, X_p refere-se a posição do carro, X_{cg} a posição do carro em relação ao centro da haste, Y_p a altura do carro em relação a base da haste, Y_{cg} a altura em relação ao centro da haste, mg o peso da haste, l o comprimento da haste e θ o ângulo de inclinação da haste.

A função de transferência descrita na equação (1) [7] representa o comportamento da relação posição do carro ($X_{(s)}$) e ângulo da haste ($\theta_{(s)}$) [8]:

$$\frac{\theta_{(s)}}{X_{(s)}} = \frac{-KpS^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S - \omega_n^2}$$

em que, ω_n é a frequência natural do sistema, ξ é o coeficiente de amortecimento e Kp é o ganho do sistema. Observa-se que o sistema linearizado é descrito por uma equação de 2ª ordem

A função de transferência que descreve a relação da tensão de entrada no motor ($V_i(s)$) e a posição da base móvel ($X_p(s)$) é dada pela equação (2) [7]:

$$\frac{X_p(s)}{V_i(s)} = \frac{K_c}{s(s + B)} \quad (2)$$

onde, K_c é o amortecimento viscoso e B é o amortecimento combinado do motor-carro.

2. MEDOLOGIA

Os métodos aplicados, assim como os materiais usados no desenvolvimento do sistema, são descritos a seguir, nesta seção.

2.1 PROTÓTIPO

Os materiais utilizados para a confecção do sistema de pêndulo invertido, foram: uma estrutura de madeira para suporte do sistema; um trilho de metal, proveniente de uma impressora jato de tinta; um guia linear, um motor DC, o qual é o atuador do sistema; um sistema de correia e polia, para realizar a conversão do movimento rotacional do motor em movimento linear do carro; e uma haste de metal fixada em um eixo de rotação livre. Utilizando tais materiais obteve-se um protótipo (ver Figura 2) de baixo custo, quando comparado a sistemas comerciais equivalentes.

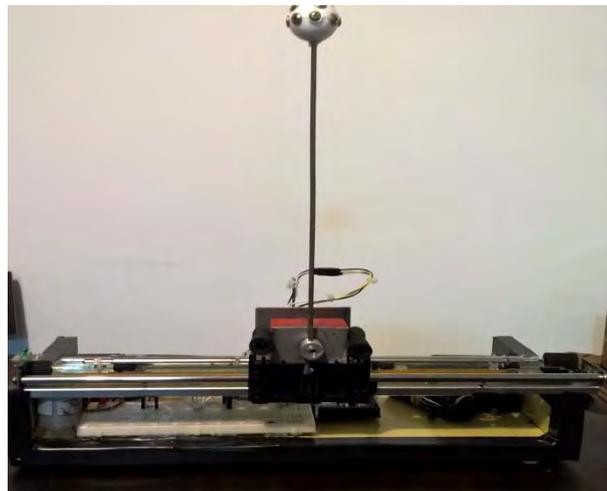


Figura 2: Protótipo do Sistema de Pêndulo Invertido (Fonte: Autor)

2.2 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONTROLE

Após a montagem e ajuste do protótipo, foi realizado o ajuste dos parâmetros do controlador PID. Para tal, foi utilizado o método do limiar de oscilação de Ziegler – Nichols [9], em seguida realizou-se uma sintonia fina.

O método do limiar de oscilação consiste em fazer o tempo integrador (T_i) igual a infinito e o tempo derivativo (T_d) igual a zero [6], [9]. Em seguida, aumenta-se gradativamente o valor do ganho proporcional (K_p), até obter uma senóide de oscilação livre; o que torna o sistema marginalmente estável. Essa ação faz com que o carro oscile fortemente no eixo horizontal, promovendo assim uma variação na posição da haste, que, neste teste, deve ser acomodada na posição de pêndulo simples, conforme Figura 3.



Figura 3 – Haste posicionada para aplicação do método do limiar de oscilação. (Fonte: Autor)

2.3 CONTROLE VIA MATLAB

Após a montagem do protótipo, deu-se início os testes de funcionalidade do mesmo. A primeira tentativa de controle do sistema foi implementada via Matlab na plataforma Simulink. Nesta plataforma eram analisados os dados adquiridos do sistema físico e efetuados os cálculos do erro de leitura em relação a um offset predefinido. Outra funcionalidade consistia no desenvolvimento do cálculo da melhor correção com um bloco PID e reenviar o sinal corrigido para aplicação de pulsos pwm. Os dados lidos (provenientes do potenciômetro) eram lidos por meio de uma plataforma Arduino, cuja saída PWM era acionada pelo próprio Simulink para girar o motor e movimentar o carro para equilibrar a haste.

O seguinte arranjo de blocos lógicos foi desenvolvido no Simulink, conforme a Figura 4.

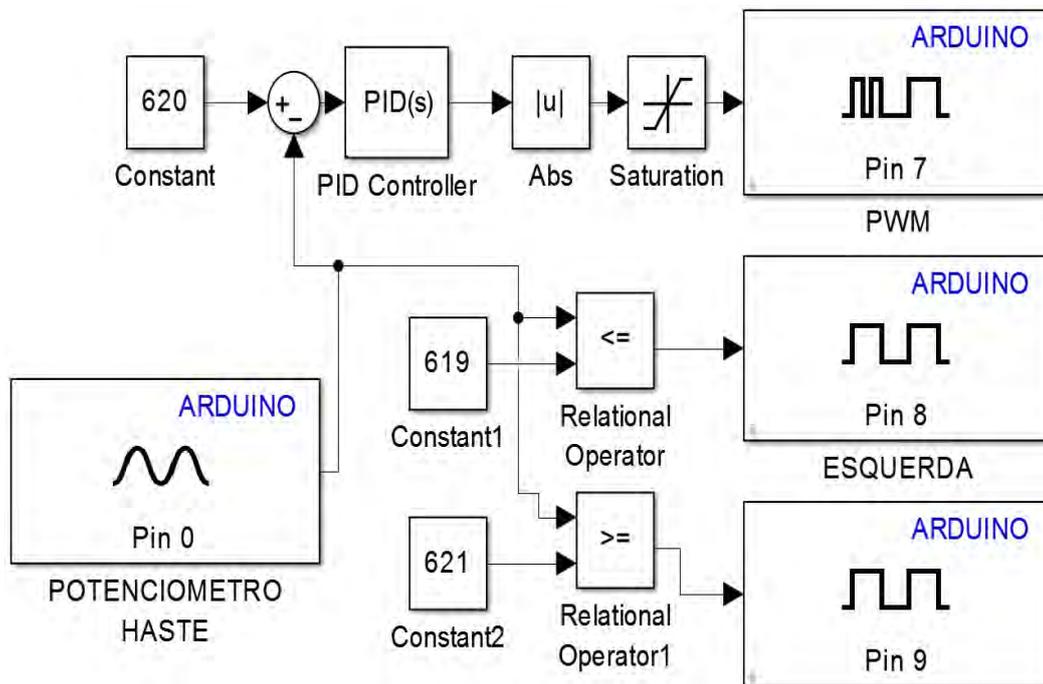


Figura 4: Implementação de Controle via Simulink. (Fonte: Autor)

Neste processo, foi detectado um atraso muito grande no tempo decorrido entre a leitura do potenciômetro e a resposta em PWM, gerando assim inconsistência no processo de correção da posição da haste. Este fato inviabilizou a aplicação desta tática.

2.4 CONTROLE NO ARDUINO

A limitação ocorrida no controle via Matlab, foi suprida com a implementação do controle via Arduino. Neste sistema, eliminou-se o atraso de comunicação entre plataformas e dispositivos, promovendo uma resposta satisfatória ao sistema físico, isto é, corrigindo de modo satisfatório o posicionamento da haste.

O código aplicado ao Arduino foi implementado utilizando uma biblioteca PID disponibilizada pelo banco de dados online da própria plataforma. A lógica de controle consiste em estabelecer a leitura da variável de entrada, calcular o erro encontrado em relação ao *setpoint* (valor alvo) e a partir desse sinal de erro determinar o sinal de controle que será enviado para o motor DC, a fim de fazer com que o erro tenda à zero. O código embarcado segue o fluxograma descrito na Figura 5.

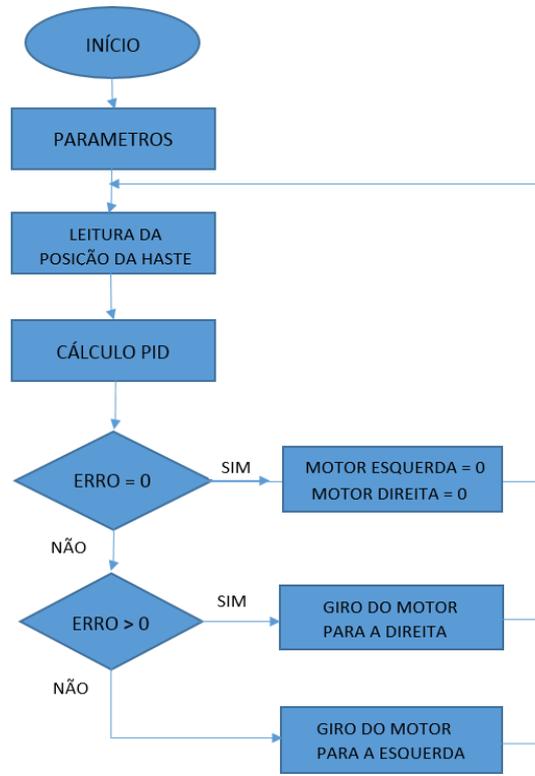


Figura 5. Fluxograma da lógica embarcada no Arduino. (Fonte: Autor)

Neste processo foi utilizado o Arduino uno, realizando uma comunicação com o computador através de sua porta serial para enviar os dados lidos e corrigidos, afim de monitorar a variável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do teste pelo método do limiar de oscilação, o sinal de posição da haste foi amostrado. Este sinal, o gráfico da oscilação livre, pode ser visto na Figura 6.

Com base na Figura 6, mediu-se o período entre as cristas das ondas geradas, em seguida obteve-se o período crítico (Pcr). O valor proporcional que gerou o sinal de oscilação livre foi fixado em 18 (Kcr), analisando o gráfico obtivemos o período crítico de 0,4s (Pcr).

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

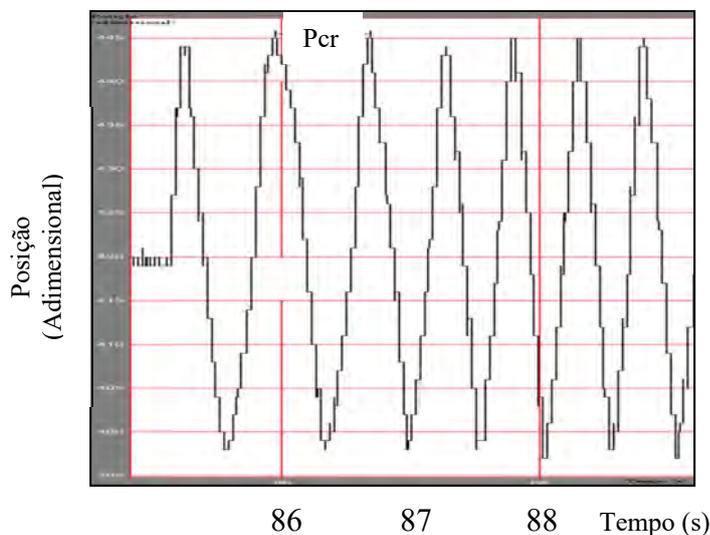


Figura 6 – Posição da haste obtida durante a aplicação do método Ziegler –Nichols. (Fonte: Autor)

Após a determinação de K_{cr} e P_{cr} , substituiu-se tais valores no Quadro I, e em seguida determinou-se os valores de K_p , T_i e T_d . Por fim, realizou-se um ajuste fino para a sintonia do PID.

Tipo de	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Quadro I – Tabela para definição dos parâmetros de controle PID [9].

Ainda a respeito dos parâmetros do PID, vale notar que como o tempo integrador aumenta o tempo de estabilização do sistema, este foi escolhido muito alto. Este efeito matemático no sistema se traduziu na drástica redução do efeito da ação integral no sistema. Por fim, os valores de $k_p=10,6$, $T_i=8100$, e $T_d=0,01$, garantiram o equilíbrio do pêndulo.

4. CONCLUSÃO

O controle de um sistema permite uma gama de melhorias no processo. Essa otimização

possibilita desde redução de tempo de processamento de sistemas, permitindo respostas mais rápidas e confiáveis até a diminuição de custos.

Como ressaltado durante o projeto, existem restrições que limitaram o funcionamento completo do sistema. Para tanto, pode-se aplicar uma série de aprimoramentos futuros, é o caso de: Aumento do tamanho do trilho do carro, o que aumentaria a possibilidade de correção do posicionamento da haste, a inclusão de dois sensores de fim de curso nas extremidades do trilho, a modificação do potenciômetro por um leitor mais preciso como um encoder ou uso de pares óticos para a leitura da posição da haste e o uso de uma plataforma com uma maior resolução do conversor analógico digital.

O pêndulo invertido surge como um modelo de ótima aplicação para melhorias no desempenho de processos em diversos setores industriais, além de ser um projeto de alta aplicabilidade no âmbito acadêmico, devido as diversas estratégias para o desenvolvimento e aplicação, assim como Lógica Fuzzy e Redes Neurais.

O projeto do pêndulo invertido não é algo novo, existem uma série de pesquisas e artigos que propõem sua aplicação, porém a metodologia sugerida nesse projeto destaca – se pelo baixo custo para sua implementação em torno de R\$ 500,00, enquanto atualmente em média um kit para estudo custa R\$ 15.000,00.

REFERÊNCIAS

¹ Eurípedes, M. S.; Apostila de Automação Industrial. FUMEP – Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba.2010.

² Yu, K.; Guo, H.; Sun, Z.; Wu, Z.; Efficiency Optimization Control of Permanent Magnet Synchronous Motor for Electric Propulsion System. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, China. 2013.

³ Chen, J.; A Robust Multi-objective Compatible Optimization Control Algorithm for Traffic Signal Control , SHU-UTS SILC Business School, Shanghai University, Shanghai, 201800, China. 2014.

⁴ Yuancan, H.; Dongfang, C.; Hybrid Thrust Optimization Control for Orbit Interception Correction. 2014.

⁵ Morais M. H. E.; Muralikrishna A.; Bravo R., Ferrari A.S., Braz I., Pêndulo Invertido, CAP 328

Projeto Final, INPE, 2004.

⁶ Ogata, K.; Engenharia de controle moderno. 5. ed. São Paulo: Prentice - Hall, 2011.

⁷ Alfredo, E.; Construção, Modelagem e Controle de um Pêndulo Invertido com CLP e um Software SCADA. Ilha Solteira, Sp, 2013.

⁸ Silva, E.; Buzetti, A. S.; Ribeiro, J. M. S.; Teixeira, M. C. M.; Garcia, J.; Ao, E. A.; Projeto e implementação do sistema de controle de um pêndulo invertido utilizando o método do lugar das raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA - CBA, 20., 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: CBA, 2012. p. 3288-3294.

⁹ Ziegler, J.; Nichols, N.; Rochester, N. Y.; Optimum settings for automatic controllers. Transactions of the ASME - American Society of Mechanical Engineers, New York, p. 759–765, November 1942.

MODELO COMPUTACIONAL DE RECONHECIMENTO DE FACES PARA AUXÍLIO À INVESTIGAÇÕES E NA BUSCA DE PESSOAS DESAPARECIDAS

Herbert Mauadie¹, David Machado², Patrícia Braga³, Márcio Soussa⁴.

¹ Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: herbert_junior@hotmail.com;

² Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: ddiogenes@gmail.com;

³ Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: patyfb04@gmail.com;

⁴ Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: marcio.soussa10@gmail.com.

RESUMO

No Brasil os processos investigativos e de busca ainda estão aquém de muitos outros países no mundo. De acordo com dados da Polícia Federal apenas 6% das investigações em busca de suspeitos foram solucionadas em 2012. A situação se torna pior quando comparada com a comunidade internacional. Nos Estados Unidos, o número de casos solucionados gira em torno 65%. Na França, 80% e na Inglaterra, 90%. Órgãos como a POLINTER (Polícia Interestadual), que trabalha na busca por pessoas desaparecidas, possuem recursos limitados para utilizar, de forma eficiente, os dados e informações que possuem. Portanto esse trabalho tem como objetivo propor um sistema de reconhecimento facial que permita a identificação de pessoas suspeitas, como também de pessoas desaparecidas, auxiliando os processos investigativos dos órgãos competentes. Espera-se que o sistema aqui proposto, integrado às diversas câmeras de vídeos espalhadas nos mais variados ambientes públicos, possa contribuir para a evolução dos processos investigativos e o controle da segurança.

Palavras-Chaves: Reconhecimento Facial; Segurança Publica; Biometria.

ABSTRACT

In Brazil, the investigative processes and searches are still shorter than many other countries in the world. According to data from the Federal Police, released in 2012, only 6% of investigations in search of suspects were solved. The situation becomes worse when compared with the international community. In the United States the score increased to 65%; In France, 80% in England, 90%. Institutions as Polinter (Interstate Police), who works in the search for missing persons, have limited resources to use the data and information they possess. Institutions like that may benefit from a facial recognition system, working in conjunction with the video cameras scattered in public places. There is the possibility of

evolution in research processes and safety control, as well as a possible facilitation of the search process for missing.

Keywords: *Facial Recognition; Public Security; Biometric*

INTRODUÇÃO

O aumento das ocorrências de incidentes violentos nas cidades nos dias atuais, aliado a um aumento no uso de equipamentos de vídeo-monitoramento, percebe-se a importância que o uso de mecanismos de reconhecimento facial pode apresentar para a sociedade. A redução nos custos de equipamentos, como câmeras de vídeos digitais e computadores com alto poder de processamento, tem feito com que órgãos públicos, departamentos do governo e o comércio, de uma forma geral, façam uso dessas tecnologias, de forma consistente. Nota-se um crescente uso do recurso de monitoramento eletrônico em ambientes públicos, por meio de câmeras espalhadas nos espaços em comum.

Órgãos como a POLINTER (Polícia Interestadual), que trabalha na busca por pessoas desaparecidas, possuem recursos limitados no que diz respeito ao uso eficiente dos dados e informações que possuem.

Espera-se que órgãos investigativos e responsáveis pelo combate à violência possam beneficiar-se de um sistema de reconhecimento facial integrado às câmeras de vídeo espalhadas nos ambientes públicos, o que, talvez permitisse, uma evolução nos processos investigativos e no controle da segurança, além de uma possível facilitação do processo de busca por desaparecidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Introdução à biometria

Michaelis [8] define biometria como a ciência da aplicação de métodos de estatística quantitativa a fatos biológicos. Ou seja, através da biometria é possível mensurar características únicas que podem ser utilizadas para a identificação de um indivíduo. Com as tecnologias atuais é possível identificar um indivíduo através de um scanner de íris, reconhecimento de voz, caligrafia, impressão digital, reconhecimento facial e DNA.

Alves[2] classifica os sistemas biométricos em duas categorias:

Fisiológica: está relacionada com as características do corpo, como reconhecimento facial e reconhecimento da íris.

Comportamental: está relacionada com o comportamento de uma pessoa, como verificação de assinatura, dinâmica de digitação e voz.



Figura 1 – Modelo de Autenticação Biométrica. Fonte: (ROSA, 2012).

Como pode ser visto na Figura 1, o modelo de autenticação biométrica é realizado em dois métodos, o registro e a verificação, ou seja,

Processamento de Imagens

O processamento de imagens, geralmente, é realizado por meio de conversão para tons de cinza. Os níveis de tonalidades apresentados na escala de cinza que possibilitam a marcação de pontos que identificarão aquela imagem.

Um sistema de processamento de imagens pode ser, de uma maneira geral, dividido nas etapas apresentadas na *Figura 2*:

ETAPA	DESCRIÇÃO
1.	Tratamento fora da imagem
2.	Aquisição da imagem
3.	Melhoramento (<i>"image enhancement"</i>) *
4.	Segmentação da informação *
5.	Parametrização *
6.	Reconhecimento *
7.	Análise Quantitativa: * Aplicação da ferramenta a outras áreas científicas.

* - Fases com extrema dependência ao problema onde o Proc. de Imagens está aplicado.

Figura 2 – Quadro de etapas do processo de tratamento de imagens. Fonte: (ALBUQUERQUE, 2005).

É importante entender alguns conceitos de processos no sistema de tratamento de imagens. O pixel é o elemento básico de uma imagem, possuindo uma forma retangular ou quadrada. Essa forma é utilizada para facilitar a implementação eletrônica, para sistemas de visualização;

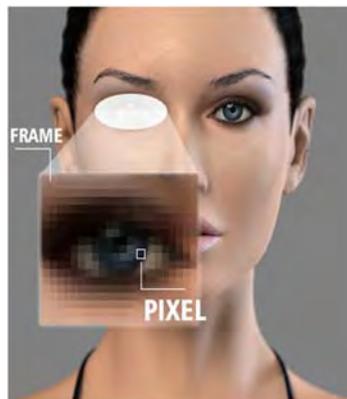


Figura 3: Exemplo gráfico de um pixel. Fonte: Próprio Autor

Além dos pixels, detalhes importantes no processo de imagens estão relacionados à distância (como visto acima) e filtragem.

Segmentar refere-se à dividir a imagem em diferentes partes ou regiões, para que os algoritmos de tratamento possam fazer o processo de forma mais detalhada. A imagem é separada por regiões e cada região produz os dados específicos, facilitando na montagem da informação final. Diversos são os tipos de segmentação, porém, nenhum é capaz de produzir resultados satisfatórios em todas as imagens. Pesquisas nas mais diversas fontes deixam claro de que para cada tipo de imagem, existe uma técnica mais eficiente ou menos eficiente.

Reconhecimento Facial

O reconhecimento Facial é comparar uma face com outras faces em uma determinada base de banco de dados e poder identificar de quem é.

Segundo Bianchi [4] os sistemas de reconhecimento facial estão cada vez mais necessitando de algoritmos robustos, que consigam atuar sobre diferentes condições de iluminação, orientações e expressões.

Abaixo segue uma lista de fatores que podem prejudicar a taxa de acerto no processo de reconhecimento de faces:

Pose: Por causa dos variados graus da pose de um indivíduo, isso pode acabar por omitir parcialmente ou totalmente alguma característica necessária para o reconhecimento.

Expressão facial: A expressão facial tem a capacidade de alterar as características da face.

Condições da imagem: As condições da imagem tem o poder de influenciar no reconhecimento. Isso acontece por causa de fatores como a luminosidade e a presença de ruídos. Por causa disso, geralmente, utiliza-se algoritmos para tratamento de imagens, visando melhorar as condições que a imagem recebida possui.

Outras: A mudança nas estruturas do rosto, seja na presença ou ausência de uma característica, pode levar a um erro de reconhecimento.

METODOLOGIA

Configurações usadas nos testes

O projeto foi elaborado em uma plataforma de 64 bits do Windows 8. Porém, em testes feitos no Windows 7 de 32 bits, o funcionamento ocorreu sem nenhuma anomalia registrada. Foi utilizada a versão 2.4.9 do EMGU de 64 bits, pois devido a pesquisa ficou claro que a versão escolhida funcionaria em ambas plataformas, tanto de 32 bits como na de 64 bits, encontrado em <http://sourceforge.net/projects/emgucv/>.

Um sistema para detecção e reconhecimento de faces. Para a realização foi utilizado bibliotecas para o processo de tratamento da imagem, da detecção e do reconhecimento das faces.

O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem C#, e conta com o auxílio de uma biblioteca chamada EMGUCV, que é responsável pelo processamento de imagens, adaptada para o ambiente de desenvolvimento atual, é uma modificação da OpenCV, desenvolvida pela Intel. Essa biblioteca escolhida por seu alto desempenho associado ao método de detecção facial Paul Viola e Michael Jones.

Após o processamento e melhoria da imagem, e depois do algoritmo de detecção de face encontrar a face no vídeo, o algoritmo de reconhecimento facial, o Eigenface, entra em execução para poder comparar o face detectada com outras faces que estão guardadas no banco de dados. Sendo essa comparação realizada com inúmeros cálculos que irão determinar com qual essa foto está mais parecida e assim poder determinar de quem a face em evidência.

Eigenface

É um conjunto de vetores utilizados para dar ao computador a capacidade de reconhecimento de faces. É considerado o primeiro exemplo bem sucedido de tecnologia de reconhecimento facial. Esses vetores são derivados da matriz de covariância da distribuição de probabilidade dimensional de possíveis rostos de seres humanos. A vantagem do *eigenface* está na velocidade e eficiência do sistema. Ele é capaz de ser executado em lotes numerosos de faces em um curto período de tempo. Uma desvantagem a se destacar é o fato da dificuldade do *eigenface* em identificar rostos quando o ambiente possui diferentes níveis de luz ou ângulos. A visão frontal é fator determinante para a eficácia.

Para o algoritmo realizar o procedimento de reconhecimento facial, são necessários alguns procedimentos. Sendo eles:

Uma imagem pode ser vista como uma matriz A de $n \times m$ pixels, entretanto, para estabelecer o relacionamento entre um conjunto de imagens necessita-se de um “espaço de faces”, no qual

se pode computar o quão similar duas faces são. Assim, ao invés de representar as imagens como matrizes, estas são representadas como pontos. Para isto, todas as linhas da matriz A são unidas em um único vetor linha Γ com $n \times m$ coordenadas, desta forma obtém-se um “espaço de faces”. Nota-se que este espaço é grande mesmo para imagens pequenas, para as imagens utilizadas neste trabalho, por exemplo, o espaço possui 10304 dimensões.

Após obter os vetores Γ de todas as M imagens do banco, computa-se a face média Ψ , que representa o centro de gravidade do conjunto de faces:

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i$$

Para todo vetor Γ calcula-se o vetor Φ :

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

Constrói-se a matriz A tal que cada i -ésima coluna da matriz é a transposta do vetor linha Φ_i . Portanto, neste trabalho, a matriz A possui dimensão 10304×40 .

Calcula-se a matriz de covariância C :

$$C = AA^T$$

Para se obter as eigenfaces é preciso apenas computar os autovetores da matriz AA^T . Entretanto, a matriz AA^T possui dimensão 10304×10304 , o que faz com que o cálculo de seus autovetores seja computacionalmente inviável. Para contornar este problema considera-se a matriz $A^T A$ de dimensão 40×40 e seus autovetores tais que:

$$A^T A v_i = \lambda v_i$$

Multiplicando ambos os lados por A , tem-se:

$$AA^T A v_i = \lambda A v_i$$

Desta forma pode-se observar que $A v_i$ são os autovetores de $C = AA^T$ associados aos 40 maiores autovalores da matriz. O cálculo das eigenfaces (autovetores) neste trabalho, assim como toda a manipulação das matrizes, foi realizado através da biblioteca Eigen de álgebra linear.

Procedimento Experimental

Para poder testar o potencial de reconhecimento do sistema, foi utilizada uma série de testes, sendo a principal realizada com cinco indivíduos, sendo eles diferentes entre eles. Pois nos testes interiores pode-se perceber que os resultados apresentados pelo sistema estavam variando muito com a etnia, com a iluminação do ambiente e se o indivíduo estava usando algum acessório.

Indivíduo 1 - Sexo feminino, de pele escura, magra, cabelos longos.

Indivíduo 2 - Sexo masculino, de pele escura, magro e com cabelo curto.

Indivíduo 3 - Sexo masculino, de pele morena, um pouco mais claro do que o usuário acima, possui um porte normal, e careca.

Indivíduo 4 - Sexo masculino, de pele clara, apresentava barba e bigode durante o processo de reconhecimento, porte normal e cabelo curto. Indivíduo

5 - Sexo feminino, de pele clara, porte forte, cabelo preto longo.

Em um ambiente iluminado, obtivemos os seguintes resultados:

Indivíduo	Reconhecimento	Valor de retorno	Valor de Corte
1	SIM	1.223	3.500
2	SIM	1.245	3.500
3	SIM	2.500	3.500
4	SIM	2.050	3.500
5	SIM	1.345	3.500

Agora os testes foram realizados em um ambiente com luminosidade reduzida.

Indivíduo	Reconhecimento	Valor de retorno	Valor de Corte
1	SIM	2.346	3.500
2	SIM	1.746	3.500
3	NÃO	2.124 -> 1*	3.500
4	SIM	2.300	3.500
5	SIM	2.200	3.500

* Durante o teste com a luminosidade baixa, o indivíduo 3 foi reconhecido inicialmente como indivíduo 1. Porém como o resultado muda a cada vez que a face é detectada, depois ele foi reconhecido com o valor de 3,286.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os testes realizados com os algoritmos e os diversos estados de fotografias e capturas de vídeos, pode-se concluir o seguinte:

Alguns fatores relevantes foram observados para o processo de reconhecimento, entre eles destaca-se condições de iluminação, etnia dos indivíduos nas imagens, características como barba, uso de óculos, chapéu e outros objetos. Essas características interferem na visualização original da face. Foram realizados testes repetitivos, alterando-se parâmetros nos algoritmos, com o objetivo de chegarmos aos melhores resultados possíveis. Em casos onde as faces apresentavam condições ideais de iluminação, posicionamento e tonalidade, o algoritmo de reconhecimento se mostrou funcional, com excelentes resultados. Em contrapartida, imagens com baixa iluminação, ângulos desfavoráveis e com presença de pessoas de pele escura, houve dificuldade de precisão na identificação.

O algoritmo de reconhecimento da face precisa ser configurado através de parâmetros que são alterados pelo código, e até chegar a um padrão bom para a utilização, obtemos os seguintes resultados:



Figura 4: Detecção Facial em teste. Fonte: Próprio autor

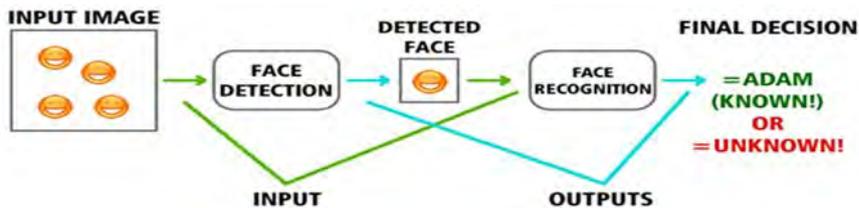


Figura 5: Realização do procedimento de detecção de face e reconhecimento. Fonte: (Few Tutoriais, 2012)

Para realizar o método de reconhecimento, são passados os seguintes parâmetros: um vetor de imagens e de “labels” (rótulos), onde se utiliza o arquivo de dados em formato “xml.”

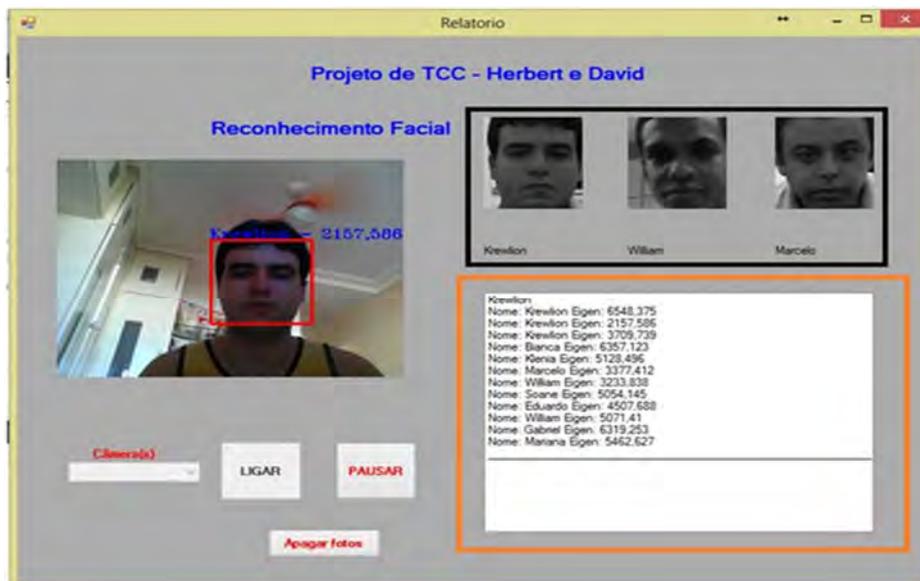


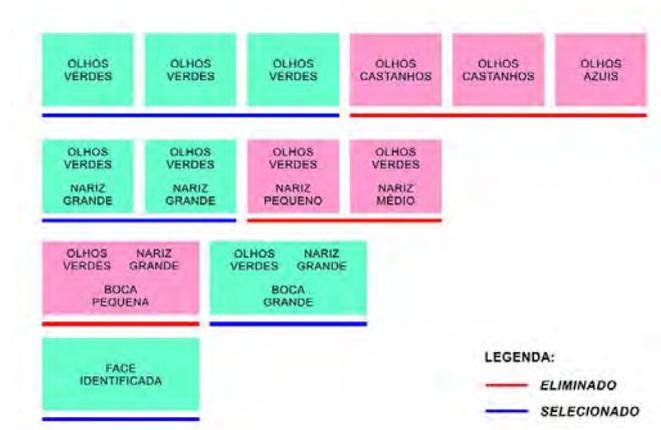
Figura 6: Vetor com os valores do distanciamento de cada usuário no banco. Fonte: Próprio autor

CONCLUSÃO

Ao concluir o desenvolvimento do software de reconhecimento facial, ficou comprovado que o método de detecção e reconhecimento facial é bastante eficaz, e tem um grande potencial para ajudar os órgãos que precisarem deste recurso.

Apesar de ter tido sucesso no projeto, futuras implementações iriam ajudar a melhorar a chance de acerto da pessoa. Por exemplo, pode-se buscar apenas o olho que possua as características apontadas, partindo depois para a próxima característica, entre os selecionados. Isso provocará um esquema de árvore, melhorando os resultados e criando segmentações, até encontrar a face buscada, como explica a Figura 7.

Figura 7: Esquema de seletividade para implementação futura.



. Figura 8: Imagem de uma implementação futura. Fonte: Próprio autor

REFERÊNCIAS

¹Franco, A.; SSP amplia monitoramento por câmeras em Salvador. Disponível em <<http://atarde.uol.com.br/bahia/materias/1463891-ssp-amplia-monitoramento-por-cameras-em-salvador>>. Acesso em: 21 de novembro de 2012.

²Alves, E. M.; *Métodos biométricos para aplicações de segurança computacional*, Universidade Estadual de Londrina. 2008.

³Canedo, J. A. História da Biometria. Disponível em

<<http://www.forumbiometria.com/fundamentos-de-biometria/118-historia-da-biometria.html>>. Acesso em: 27 de outubro de 2012.

⁴Bianchi, M. F.; *Extração de características de imagens de faces humanas através de wavelets, PCA e IMPCA*, USP - São Carlos, 2006.

⁵Sítio do FEW TUTORIALS. Disponível em <<http://fewtutorials.bravesites.com/entries/basic-concepts/level-4a-getting-ready-for-face-recognition-the-basics>> Acesso em: 09 de março de 2013.

⁶Gonzales, R. C.; *Processamento de Imagens Digitais*, ed. Edgard Bluch, 2000.

⁷Kleina, N. Como funcionam os sistemas de reconhecimento facial. Disponível em <<http://www.tecmundo.com.br/camera-digital/10347-como-funcionam-os-sistemas-de-reconhecimento-facial.htm#ixzz2Ci5bx2Jj>>. Acesso em: 20 de novembro de 2012.

⁸Michaelis, Dicionário. Significado de “Biometria”.

<<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=biometria>>

MODELO DE CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA PARA O DOBRAMENTO DE PROTEÍNAS COM REPETIÇÃO EM TANDEM

Fernando S. Silva¹, Marcelo A. Moret² e Marcelo C. Santana³

¹Departamento de Químicas e Exatas - UESB e Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: fermathem@yahoo.com.br;

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: mamoret@gmail.com;

³Universidade Salvador - UNIFACS, E-mail: fermath@gmail.com.

RESUMO

As proteínas são biopolímeros essenciais a vida, constituídas por uma longa sequência de aminoácidos. A presença de repetições em tandem de aminoácidos, de 20 a 50 aminoácidos, tem despertado grande interesse em diversas áreas. As proteínas de repetição em tandem possuem como vantagem os percursos dobráveis que são passíveis de serem planejadas. Este artigo propõe a aplicação da q -Gaussiana para justificar o comportamento fractal de 1213 proteínas de repetição em tandem. Nossos resultados mostram que a criticalidade auto-organizada é uma explicação para enovelamento de proteínas.

Palavras-Chave: *Enovelamento; Criticalidade; Fractal;*

ABSTRACT

Proteins are biopolymers essential to life, constituted by a long amino acid sequence. The presence of tandem repeats of amino acids, 20-50 amino acids, has aroused great interest in several areas. The tandem repeat proteins have the advantage of the folding pathways that are likely to be planned. This article proposes the application of q -Gaussian to justify the fractal behavior 1213 repeat proteins in tandem. Our results show that the self-organized criticality is an explanation for protein folding.

Keywords: *Folding; Criticality; Fractal;*

1. INTRODUÇÃO

As proteínas são indispensáveis para a vida, direta ou indiretamente, através da realização de várias funções em todos os processos biológicos mantenedores da vida. A sequência dos aminoácidos de uma proteína adota única configuração geométrica tridimensional: o estado nativo ou enovelado, e esta estrutura tridimensional determina a sua função biológica. Dessa forma, trata-se de um fenômeno molecular complexo que depende da ação cooperativa de muitas interações não ligadas [1].

A estrutura das proteínas dobradas foi observada mediante raios-X e ressonância magnética nuclear, descobrindo-se diferentes formas irregulares extremamente complexas [2,3], em que a Geometria Euclidiana ou a Diferencial não fornecem meios para extrair uma medida, conceito básico originário da Geometria, sobre as formas irregulares. Assim, foi necessário escolher uma geometria mais adequada para a análise de conformações das proteínas.

O conceito de Geometria Fractal foi aplicado com sucesso a um número significativo de propriedades das proteínas [4], cujo objetivo lida com as formas irregulares, por exemplo, a forma de nuvem no céu ou da linha de costa no mapa etc., fornecendo meios para extrair uma regra ou uma regularidade escondida nas formas irregulares.

Um modelo de campo médio foi proposto para proteínas globulares [5] e também para proteínas com repetição em tandem [6]. Nesses trabalhos, a energia é a soma de uma energia elástica mais uma energia repulsiva, encontrando uma lei de potência $M \propto R_g^\delta$, δ expoente de escalonamento com $\delta = 2.15$ para proteínas com repetição em tandem. Dessa forma, as proteínas de repetição em tandem apresentam um comportamento não euclidiano evidenciando uma geometria entre um arame irreversivelmente amassado no plano e a de esferas aleatórias no limiar de percolação [6, 5].

O principal motivo que leva uma proteína ao enovelamento são as forças hidrofóbicas [7]. As macromoléculas estão sob ação de forças de dobras e de repulsão, devido à sua constituição eletrônica. Segundo as leis da termodinâmica um sistema de partículas tende a seguir os caminhos de menor consumo de energia até que encontre um ponto de equilíbrio e ali permanecerá enquanto não for perturbado. O entendimento dos mecanismos de auto-organização foi proposto por Bak [8], ilustrando com o modelo da pilha de areia o conceito da criticalidade auto-organizada (SOC) em um sistema complexo.

Neste artigo apresentamos uma distribuição cauda longa para representar um sistema complexo como os fractais. É sabido que as distribuições gaussianas, em geral, não se ajustam bem a objetos fractais [8]. Uma solução inteligente e bastante utilizada são as distribuições q -Gaussianas, pois o índice q está diretamente relacionado com a dimensão fractal do movimento aleatório [9]. Dentro desse

contexto, o objetivo do estudo é investigar as características geométricas das 1213 cadeias de proteínas comparando volume e massa de cada cadeia de proteína.

2. METODOLOGIA

Neste artigo foram selecionados, para investigar as características geométricas, 1213 proteínas de seis classe de repetição em tandem [6,11]: Ankyrin, Armadillo Heat, β -propeller, β -trefoil, Tetratricopeptide e Leucine Rich, coletadas no banco de dados virtual de proteínas “*Brookhaven Protein Data Bank*” (PDB) e sugeridas por Andrade e colaboradores [13].

A estratégia foi a de encontrar a densidade média de compactação massa-volume, com volume esférico aproximado pelo raio de giro R_g ($V \approx \frac{4}{3}\pi R_g^3$), para analisarmos a criticalidade auto-organizada. Para tanto usaremos a função q-Gaussiana e a entropia de Tsallis.

Função q-GAUSSIANA e Entropia de Tsallis

Neste tópico apresentamos uma breve introdução à família de funções exponenciais generalizadas. Borges, em 1998, propõe a generalização dessas funções com base na estatística de Tsallis [14]. Nesse formalismo, a função exponencial foi generalizada para uma função denominada q -exponencial dada por

$$\exp_q(x) \equiv [1 + (1 - q)x]^{\frac{1}{1-q}}, \quad (1)$$

se $[1 + (1 - q)x] > 0$ e zero caso contrário. O parâmetro real q é conhecido como índice entrópico associado à entropia de Tsallis [9,10] que postulou uma nova entropia, partindo da generalização da entropia de Boltzmann-Gibbs-Shannon (BGS) dada por

$$S_q = k \frac{1 - \sum_{i=1}^W (p_i)^q}{q - 1} \quad (2)$$

onde k é uma constante positiva, um parâmetro real e $\{p_i\}$ é um conjunto de probabilidades associadas a W microestados do sistema, isto é, $\sum_{i=1}^W p_i = 1$.

É precisamente a linguagem formal da Matemática utilizada nas equações (1) e (2) que permite uma simplicidade atraente no caso limite, $\lim_{q \rightarrow 1} S_q = -k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i$ e

$\lim_{q \rightarrow 1} \exp_q(x) = \exp_1(x) = e^x$ retomam a entropia de BGS e a função exponencial padrão.

Uma propriedade importante de S_q surge quando um sistema formado pela união de dois subsistemas estatisticamente independentes (A e B), sendo $S_q(A)$ e $S_q(B)$ a q -entropia desses subsistemas, respectivamente. Em tal situação, são descritos pelas distribuições P_A e P_B , respectivamente, as probabilidades são decompostas na forma de produto $P = P_A * P_B$ e, daí se verifica que essa q -entropia tem o que é chamado grau da não extensividade [8] que está regulada pelo índice q . Essa pseudo-aditividade é dada por $S_q(A+B) = S_q(A) + S_q(B) + (1-q)S_q(A)S_q(B)$. Nesse contexto, o chamado índice entrópico q mede o grau da não extensividade, onde para $q < 1$ corresponde ao caso de superextensividade, $q = 1$ extensividade e $q > 1$ subextensividade. Tanto para superextensividade quanto para subextensividade tem-se $S_q \geq 0$.

Neste artigo, foi utilizada a versão contínua da entropia S_q , com função de densidade de probabilidade P , o funcional da entropia não extensiva de Tsallis [19] fica da forma

$$S_q = k \frac{1 - \int [P(x)]^q dx}{q - 1} \quad (3)$$

onde q é interpretado como parâmetro de não extensividade que depende do alcance da interação ou quão longe do equilíbrio o sistema se encontra. Utilizando o formalismo matemático dos multiplicadores de Lagrange para maximizar o funcional entrópico (3) num processo de otimização global [7,17] pode-se obter a q -generalização da gaussiana como solução otimizada. Assim, como distribuições gaussianas estão conectadas à entropia BGS, as q -gaussianas estão conectadas à entropia S_q da seguinte forma

$$P_q(x) = A \exp_q(-\beta x^2) \equiv A[1 - \beta(1-q)x^2]^{-\frac{1}{1-q}} \quad (4)$$

sendo A uma constante de normalização e β o parâmetro de Lagrange correspondente. Essa função para $q > 1$ decai assintoticamente como uma lei de potência [15,16]

$$P_q(x) \approx x^{-\frac{2}{q-1}}. \quad (5)$$

A entropia de Tsallis é uma função côncava para todo o $q > 0$ e convexa para $q < 0$ e, portanto, entropia de um sistema em equilíbrio é um extremo [15,16].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados do PDB das famílias, utilizamos o programa SizPDB, desenvolvido pelo grupo, em linguagem C, para extrair a massa e o raio de giração de todas as 1213 proteínas. O comportamento entre o raio de giração e a massa das proteínas apresenta uma lei de potência [6]. Nesse caso, apresenta um comportamento fractal que pode sugerir a compactação dessas macromoléculas.

Aqui nos propomos medir a densidade média de compactação, quer de forma grosseira, como $\rho_j = M_j/V_j$, onde M_j é a massa da j -ésima proteína e V_j é o volume da esfera definido pelo raio de giro.

Esboçamos na Figura 1 o comportamento da densidade média de compactação em função do raio de giro das proteínas.

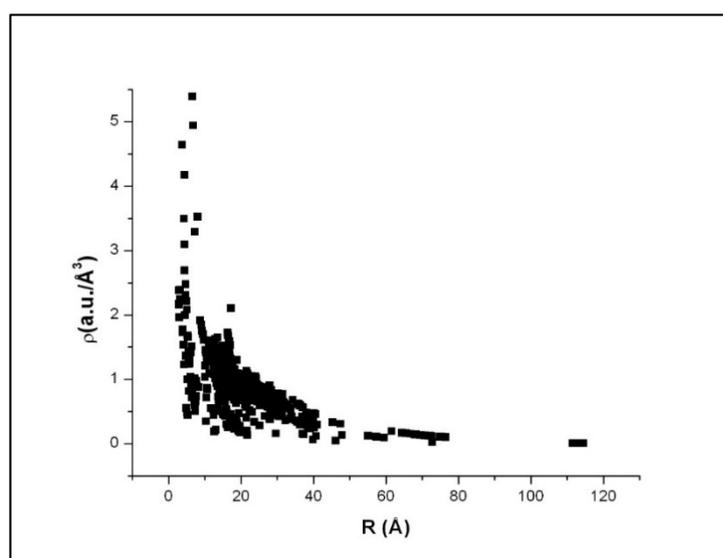


Figura 1: Comportamento da densidade média de compactação de 1213 proteínas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada.

A densidade tende à média de compactação no valor de $\langle \rho \rangle = 0,86 u.m.a./\text{Å}^3$, e cuja densidade média se comporta como uma distribuição normal, como mostra a Figura 2, coincidindo com a densidade média do trabalho de Moret e colaboradores [7], mas com desvio padrão 0.7.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

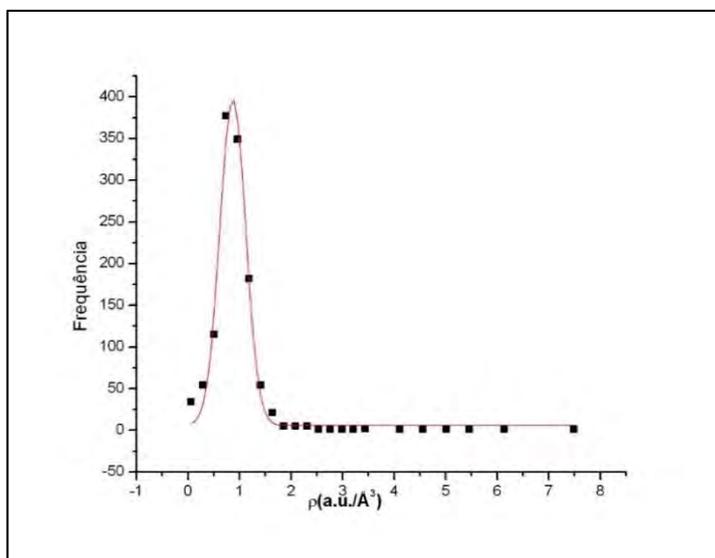


Figura 2: Distribuição normal da densidade média de compactação com $\langle \rho \rangle = 0,86 \text{ u.m.a.} / \text{\AA}^3$, $\sigma = 0,7$ e $\text{erro} = 0,01 \text{ u.m.a.} / \text{\AA}^3$. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada.

Portanto, este estudo mostra que o enovelamento das proteínas de repetição em tandem tem uma densidade uniforme de compactação, em função do raio de giração.

A Figura 3 mostra a distribuição das massas das proteínas adapta-se tanto a distribuição gaussiana quanto a q-gaussiana, para os dados experimentais. No entanto, é interessante notar que, mesmo com esse bom ajuste as curvas são estatisticamente diferentes pelo F-valor.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

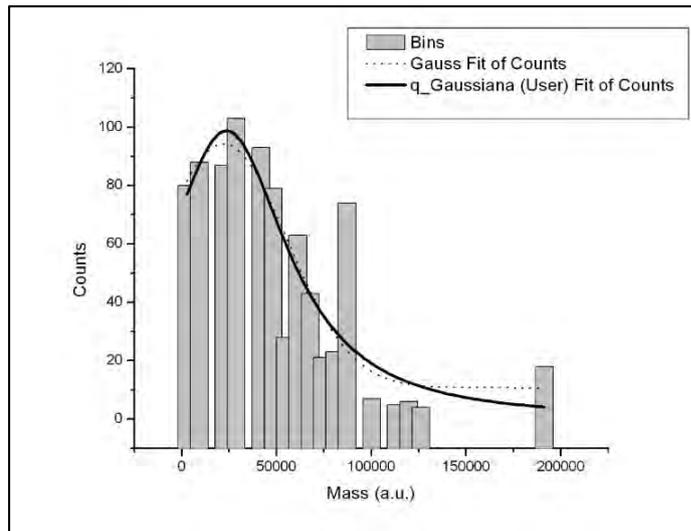


Figura 3. A distribuição q -Gaussiana (linha azul) das 1213 massas de proteínas de repetição em tandem com índice entrópico $q = 1.90 \pm 0,83$, a distribuição de Gauss (linha pontilhada) ambos com coeficientes de correlação de Pearson $\approx 0,84$ e o valor $F \approx 51$ indicando que os dois conjuntos de dados são estatisticamente diferentes. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada.

Massas e volumes de proteína são variáveis extensivas. Neste sentido, o comportamento q -Gaussiano observado na Figura 3 é devido à auto-similaridade que é uma característica inerente deste tipo de sistema complexo, da Equação 5 a distribuição segue uma lei de potência sugerindo que o dobramento de proteínas se comporta como um objeto SOC.

4. CONCLUSÃO

Ao aplicar o modelo da distribuição q -gaussiana em 1213 massas das proteínas de repetição em tandem foi possível associar, de um estado enovelado, a ideia de um processo recursivo de um sistema dinâmico. Aqui, a estrutura primária pode ser tratada como um análogo ao ponto inicial e o processo de dobra como regra recursiva, o caminho aleatório de dobragem como órbita e, finalmente, a dobra nativa como um fractal.

Em resumo, volumes e massas de proteínas de repetição em tandem se comportam como objetos fractais. As massas das proteínas seguem uma distribuição q -Gaussiana, com índice entrópico observado $q < 3$. Da equação 5, a distribuição das massas e volumes das proteínas de repetição seguem uma lei de potência e, portanto, o enovelamento de proteínas com repetição em tandem pode ser visto como um sistema SOC.

Em futuros trabalhos, a utilização das equações de Fokker-Planck, cuja solução estacionária é uma distribuição q -gaussiana pode levar a novas simulações de um sistema SOC para o enovelamento das proteínas fibrosas [6,5].

5. REFERÊNCIAS

- [1] Karplus, M. & McCammon, J. A. (2002). Molecular dynamics simulations of biomolecules. **Nature Struct. Biol.** 9, 646–652.
- [2] Torrens, F. Fractal Hybrid Orbitals Analysis of the Tertiary Structure of Protein Molecules. **Molecules** 2002, 7, 26-37
- [3] F. Torrens, Análisis fractal de la estructura terciaria de las proteínas. **Encuentros en la Biología**, ISSN-e 1134-8496, N°. 64, 2000.
- [4] T. Vicsek, Fractal Growth Phenomena, Singapore: **World Scientific**, 1989.
- [5] M. A. Moret, J. G. V. Miranda, E. Nogueira, Jr., M. C. Santana and G. F. Zebende. Self-similarity and protein chains. **Phys. Rev. E** 71 (2005).
- [6] F. S. Silva, M. A. Moret e M. C. Santana. Análise fractal de proteína com repetição em tandem. **XVIII Encontro Nacional de Modelagem Computacional**. [No prelo] (2015).
- [7] Moret, M.A.; Santana, M.C.; Nogueira, E. e Zebende, G.F. Protein chain packing and percolation threshold. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v.361, no.1, 2006 Feb 15, p.250(5).
- [8] Bak, P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. **Springer-Verlag**, 1996.
- [9] B. B. Mandelbrot **The Fractal Geometry of Nature** W. H. Freeman and Co., New York (1982)
- [10] A. R. Plastino and A. Plastino, Non-extensive statistical mechanics and generalized Fokker-Planck equation, **Physica A** 222, 347 (1995).
- [11] D. Voet and J. G. Voet. **Bioquímica**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2013.
- [12] Andrey V, K. Tandem repeats in proteins: from sequence to structure. **J Struct Biol.** 179(3):279-88 (2012).
- [13] P. Enkhbayar, H. and R. H. Kretsinger. Helical parameters and correlations of tandem Leucine Rich Repeats in proteins. **Journal of Proteomics & Bioinformatics**; 7(6):139-150 (2014).

- [14] M. A. Andrade, C. Perez-Iratxeta and C. P. Ponting. Protein Repeats: Structures, Functions, and Evolution. **Journal of Structural Biology** 134, 117–131 (2001).
- [15] C. Tsallis, J. **Stat. Phys.** 52 (1988) 479-487.
- [16] K. K. Jernigan and S. R. Bordenstein. Tandem-repeat protein domains across the tree of life. *PeerJ*. 3 (2015).
- [17] C. Tsallis. The Nonadditive Entropy S_q and Its Applications in Physics and Elsewhere: Some Remarks. **Entropy** (2011).
- [18] L. J. Sham, W. Kohn, **Phys. Rev.** 145 (1966) 561.
- [19] C. Tsallis, **Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics** - Approaching a Complex World. Springer (2009).

PROPOSTA DE MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO PARA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

Joanna Pitombo Teixeira¹ e Sérgio Torres Sá Barretto²

¹SENAI, E-mail: jopitombo@gmail.com,

²Petrobras, E-mail: sa.barretto@petrobras.com.br

RESUMO

A tendência mundial de utilização de combustíveis limpos tem gerado uma demanda crescente por gás natural. Para atender essa demanda, as concessionárias brasileiras estão investindo cada vez mais em automação, buscando uma melhoria, na operação, controle e segurança. Os desafios de gerenciamento de uma distribuidora de gás natural vão além das dificuldades pertinentes aos seus ativos descentralizados. É diante deste cenário que o presente trabalho sugere a implementação e integração de sistemas que auxiliam no gerenciamento e tomada de decisões numa companhia de distribuição de gás. Através da integração desses sistemas é possível uma melhor análise dos dados auxiliando de maneira assertiva na tomada de decisões gerenciais. Este trabalho apresenta uma proposta de integração de um Geographic Information System (GIS) com um Process Information Management System (PIMS), a fim de centralizar as informações da companhia em uma só Interface Humano Computador (IHC). Esta proposta está sendo implantada em uma empresa de petróleo, gás e energia no território nacional.

Palavras-chaves: gerenciamento; integração; PIMS; GIS.

ABSTRACT

The global tendency towards clean fuels is resulting in a growing demand for natural gas. Due to this, Brazilian dealers are increasing their investments in automation aiming to improve their operation, process control and safety. The challenges of managing a Natural Gas Distributor go beyond the difficulties related to its decentralized assets. Therefore, the present work suggests the implementation and integration of systems to assist the management and decision-making inside a Gas Distributor company. The integration of the systems allows a better data analysis helping assertively the management decisions. This work present an integration proposal between a Geographic Information System (GIS) and a Process Information Management System (PIMS), in order to centralize all the company's information in a unique Human Machine Interface (HMI). This proposal has being implemented on an oil, gas and energy company in the country.

Keywords: management; integration; PIMS; GIS.

1. INTRODUÇÃO

As empresas de distribuição de gás, como quaisquer outras, possuem processos fundamentais e específicos ao desenvolvimento do negócio. Em linhas gerais, eles seguem uma lógica simples que começa com uma solicitação do cliente, passando pela área comercial, projetos, suprimento, montagem, finalizando com a operação e manutenção [1]. Permeando toda essa cadeia, existe uma gama de informações que precisam ser coletadas, armazenadas e gerenciadas. Em geral, na maioria das empresas esse trabalho é feito de modo desassociado, gerando uma grande quantidade de bancos de dados, informações dispersas e muitas vezes repetidas. Essa “desorganização” tem consequências na eficiência dos processos, gerando constantes retrabalhos que ocupam desnecessariamente os funcionários.

A grande competitividade existente no mercado mundial tem levado as empresas a investirem cada vez mais em processos que possam alavancar sua eficiência operacional, aumentando sua produção, reduzindo os custos, e mais do que nunca, minimizando os eventos de risco ao meio ambiente e às pessoas. Para as empresas de distribuição de gás natural, este é um desafio bem grande, já que as redes de distribuição muitas vezes estão em áreas habitadas, suscitando cuidado redobrado em segurança e minimização de riscos. Não é incomum que as próprias empresas muitas vezes nem saibam por onde passam seus respectivos dutos, pois nem sempre esses são construídos exatamente nos locais especificados nos projetos. Estas alterações muitas vezes se perdem entre papéis e arquivos digitais, podendo resultar em um gerenciamento não adequado da rede de dutos e em consequentes riscos ao meio ambiente e à segurança das pessoas.

O primeiro passo para gerenciar qualquer empresa é conhecê-la bem. Antes de propor qualquer melhoria num processo é necessário saber se uma operação é boa ruim ou indiferente [2]. Numa empresa de distribuição de gás natural não é diferente. Muito além de conhecer o posicionamento correto de cada duto, é necessário conhecer seus clientes, demandas, fornecedores, controle de manutenção, escala de inspeção, possíveis riscos entre outros fatores. Neste cenário uma gama de ferramentas computacionais para gerenciamento de redes de distribuição entra em cena. Implantadas, elas favorecem a integração entre sistemas, centralizam banco de dados e garantem maior segurança e eficiência nos processos.

Neste trabalho, a proposta baseia-se em um modelo que utiliza um Geographic Information System (GIS), que conecta com uma base relacional que hospeda dados geográficos de todo o sistema, e um Process Information Management System (PIMS), como banco de dados temporal para armazenamento de dados de processo. Neste contexto, um GIS não realiza apenas a descrição física da rede, como um arquivo CAD, mas armazena também dados necessários ao cálculo da rede, como topologia e consumo. O GIS permite que a modelagem de dados seja realizada apenas uma vez – dados estes que serão utilizados por diferentes sistemas como montagem, operação, despacho de serviços, gestão de ocorrências, gerenciamento de ativos e das atividades de manutenção e inspeção. Alguns PIMS disponíveis no mercado permitem a integração com certos modelos de GIS, tornando possível a visualização de dados de processo em tempo real georreferenciado. Em outras palavras os dados históricos de processo podem ser visualizados e analisados através de um simples clique no mapa.

2. AUTOMAÇÃO INTEGRADA

A automação consiste em “qualquer sistema apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança de pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos” [3]. Com o avanço da tecnologia, os sistemas de automação de uma indústria tornam-se cada vez mais complexos. Para facilitar o entendimento, tais sistemas podem ser distribuídos em camadas ou níveis, separados por suas funcionalidades. A figura 1 traz uma representação gráfica dessa distribuição. O presente artigo se concentra no nível três da arquitetura do sistema, conhecido como gestão de operação ou controle do processo produtivo do qual faz parte o PIMS e a integração com o GIS situado no nível 5 da pirâmide, conhecido como nível de gestão.

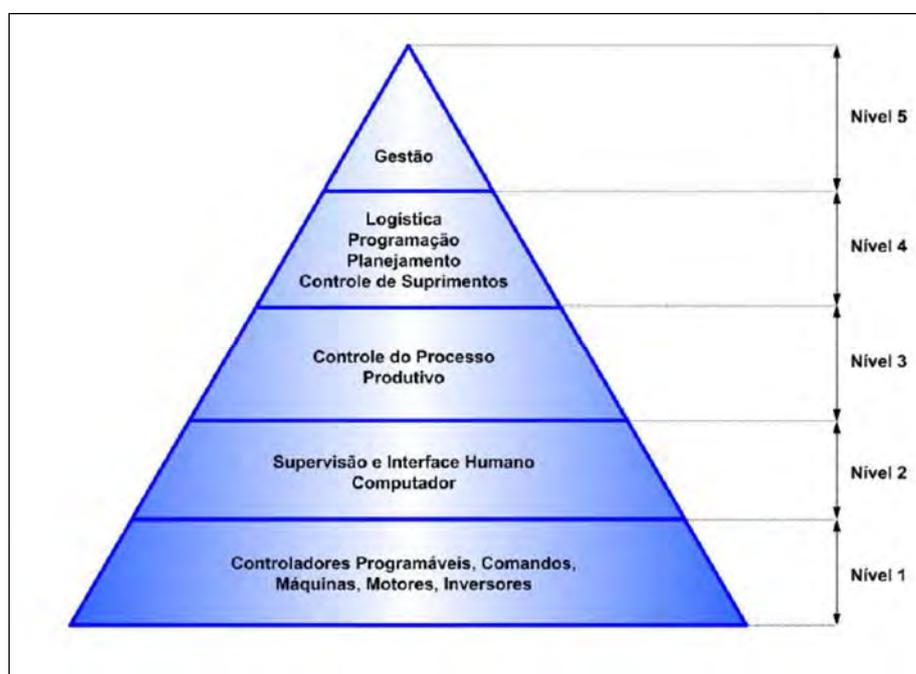


Figura 1 – Pirâmide de Automação[4]

Conforme explica Carvalho [5] a necessidade de automatizar os processos atende a necessidade de responder com maior velocidade e competitividade às exigências dos clientes uma grande preocupação das empresas na atualidade. Além disso, a automatização deve ser focada no negócio e nos resultados a serem alcançados. Para tanto, é imprescindível o acesso e o tratamento adequado a informações atualizadas e precisas.

“Integrar as informações do chão de fábrica com os sistemas de tomada de decisão não é uma tarefa fácil e instantânea” [6]. Sistemas de gerência de informação, entre eles o PIMS, atuam como um intermediário entre o chão de fábrica e os sistemas corporativos de gestão de planta.

3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Uma companhia de distribuição de gás natural tem uma peculiaridade relacionada ao seu espaço geográfico. Diferente da maioria das indústrias, seus ativos não são delimitados por muros e cercas, mas permeiam entre as estradas e ruas das cidades abastecidas por seu produto. Isso torna o gerenciamento de ativos um trabalho complexo. É exatamente por esse motivo que um GIS é sugerido a fim de fornecer uma plataforma de informações espaciais que mais se adequa a muitos de seus processos. Não é incomum que os desenhos de uma rede de distribuição de gás sejam ainda realizados em mapas estáticos. Isso gera uma grande dificuldade na atualização desses mapas assim como no compartilhamento dessas informações nos setores da companhia.

Segundo Chang apud Souza [7] o GIS “é um sistema projetado para capturar, armazenar, integrar, analisar e exibir dados de uma perspectiva geográfica” proporcionando assim um grande potencial para análise de dados espaciais. Chang DeMers apud Castro [8] diz que o GIS “está mudando a maneira como os mapas são tratados, como as informações geográficas são pensadas, até mesmo a maneira em que os dados geográficos são coletados e compilados, tornando comuns tarefas que eram impossíveis com mapas tradicionais”.

Segundo Souza [7] “uma das maiores vantagens do GIS é a sua capacidade de armazenar e integrar diferentes conjuntos de dados em um único sistema”. O coração do Sistema de Informação Geográfica é a sua base de dados. Nela, todas as informações sobre o sistema são armazenadas de uma forma que cada registro tenha um identificador único. Assim, selecionando um objeto, é possível ter acesso a todos os seus atributos. Selecionando um registro na base de dados, é possível georreferenciá-lo e visualizá-lo num mapa. De acordo com Baqueiro [9] “o GIS permite compatibilizar as informações provenientes de diversas fontes, com informações de sensores espaciais, informações recolhidas de GPS ou obtidas por métodos tradicionais de topografia”. O GIS separa as informações coletadas em diferentes camadas. Essa forma de armazenamento de dados torna o acesso aos dados simples e rápido. Na figura abaixo é possível visualizar as camadas de um GIS.

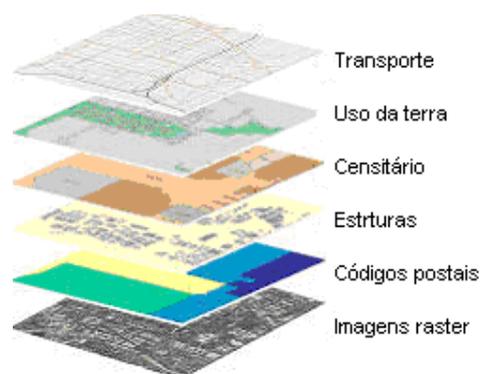


Figura 2 – Camadas do GIS[9]

Ainda de acordo com Baqueiro [9] os exemplos abaixo são os mais comuns na utilização de um GIS:

Identificação e localização de redes de transmissão e distribuição de gás, água e energia

elétrica;

Identificação e localização de tipos de vegetação, juntamente com a declividade, aspectos, altitude e presença de água;

O efeito de desastres ambientais na paisagem, por exemplo, os padrões de erosão após um grande incêndio, área de precipitação a partir de uma erupção vulcânica, as áreas de devastação, após um tsunami ou um furacão;

Análise de rotas de transporte;

Análise do posicionamento ideal para redes de telefone, energia e gás;

Planejamento urbano;

Modelagem de cenários para a formação estratégica e tática, por exemplo, rotas e planos de evacuação em caso de desastre natural.

4. PIMS – PROCESS INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM

O PIMS (Process Information Management System), ou Sistema de Gerenciamento de Informações de Processo são ferramentas destinadas à aquisição e armazenamento de dados de processos industriais com inúmeras fontes de campo. Possuem grande capacidade de armazenamento dados, e também são conhecidos como bases temporais ou historiadores de processos industriais. São capazes de disponibilizar tais informações para consulta em diversas formas de maneira rápida e eficiente [10]. Os dados historiados pelo PIMS podem ser provenientes de um sistema SCADA, ou diretamente dos CLP e remotas. É possível tratar grandes volumes de: dados em tempo real, séries históricas, e com eles montar tabelas, gráficos, relatórios dinâmicos.

Torres, Santos e Fonseca [11] destacam cinco principais benefícios gerados pela implantação de um sistema PIMS em qualquer processo industrial. São eles:

Centralização de dados do processo;

Democratização da informação;

Visualização do processo produtivo em tempo real e histórico;

Maior interatividade com os dados do processo;

Histórico de dados.

5. SIMULADORES DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Simuladores comerciais estão sendo cada dia mais utilizado nas indústrias nos dias atuais. As companhias de distribuição de gás não fogem a regra. Simuladores específicos para redes de distribuição ou transmissão de gás estão disponíveis no mercado. Essas ferramentas permitem projetar e analisar as inúmeras variáveis de uma rede de distribuição de gás através da modelagem de todo o ativo, incluindo tubulações, reguladores, compressores, válvulas, campos e poços de produção.

De acordo com Salas *et al.* [12] uma ferramenta de simulação deve refletir a unidade real e com isso auxiliar na execução de projetos, otimizações e na resolução de problemas operacionais. Não é incomum também tais ferramentas auxiliarem processos de treinamento, disponibilizando para instrutores e alunos uma ferramenta poderosa, que pode trazer para a sala de treinamento a unidade de operação, pronta para ser manipulada quando e quantas vezes se desejar, com segurança e sem limitações.

Com um simulador de rede é possível modelar grandes e complexos sistemas integrados com diferentes níveis de pressão. Além disso, o simulador permite que sejam controladas as propriedades físico-químicas do gás, tais como: gravidade, poder calorífico e viscosidade, os cálculos de coeficiente de atrito e os métodos de transferência de calor. Permite a análise de relações entre vazão e pressão no estado estacionário de sistemas com longos trechos de tubulações, incluindo estações de regulação e compressão, permitindo o estudo dos sistemas por hora ou por dia; e modelar um sistema com poços de gás interligados a campos de armazenagem, compressores, reguladores e tubulações [7].

7 A PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO

A proposta definida para o presente trabalho, no âmbito do gerenciamento de uma rede de distribuição de gás natural, se baseia na implantação e integração das ferramentas acima mencionadas proporcionando o aumento da eficiência e confiabilidade nos processos do ciclo de vida de uma empresa distribuidora de gás.

A empresa mencionada como campo de prova do presente trabalho já possui uma plataforma PIMS realizando a coleta de dados do processo. O PIMS instalado é o Plant Information (PI) da OSI Software. O sistema de georreferenciamento utilizado é o ArcGIS da ESRI.

O próximo passo neste processo de integração é a implementação da conexão entre o PIMS e o GIS. Esta integração possibilitará a visualização dos dados de processo, como pressões, vazões, temperaturas provenientes de sensores, bem como informações calculadas no próprio sistema supervisor, de forma georreferenciada e em tempo real.

A arquitetura disposta na figura 3 apresenta esta proposta de integração. Os dados de campo, coletados pela instrumentação disponível são coletados pelos CLP e remotas instaladas ao longo das malhas de gasodutos. Os dados são disponibilizados pelo sistema supervisor. Os dados armazenados no PIMS são coletados diretamente do sistema supervisor. Para esta conexão PIMS/Supervisor utilizou-se o padrão OLE for Process Control (OPC). Esta arquitetura garante que as informações cheguem ao GIS nas unidades de engenharia corretas, além de possibilitar que informações calculadas no sistema supervisor também sejam

disponibilizadas. Através da integração do PIMS com o GIS, os dados de processo em tempo real e dados históricos serão disponibilizados nos mapas da rede de distribuição.

Para complementar o sistema é sugerido também a integração de um simulador hidráulico específico para redes de distribuição de gás ao GIS. Muitas das ferramentas disponíveis no mercado já dispõem desta conexão. Tal conexão permitirá que o *as-built* cadastrado no GIS seja utilizado para a construção de modelos a serem simulados de forma automatizada. Por outro lado essa integração também permite que o *as-built* cadastrado no GIS seja ‘auditado’ matematicamente garantindo a qualidade dos dados armazenados. Alguns dos simuladores disponíveis permite ainda uma conexão com o Sistema de Gerenciamento de Informações de clientes (SGIC) da empresa. A utilização do banco de dados do SGIC facilita os estudos relacionados com tempo, carga e localização do cliente. Quando selecionado um tubo, ou grupo de tubos (ou nós), o sistema deverá mostrar uma lista dos clientes e informações atribuídas a esses clientes incluindo endereço, número da conta, os fatores de carga e outros. Esse módulo deverá também ser capaz de usar as informações de faturamento histórico no SGIC e dados meteorológicos para cada cliente além de ser capaz de analisar padrões do histórico de uso de gás de cada cliente para determinar a respectiva base e fatores para o cálculo de demandas. A partir dos dados dos clientes é possível identificar cargas grandes em uma área selecionada e identificar os clientes afetados por uma interrupção do serviço ou devido a alterações no sistema.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

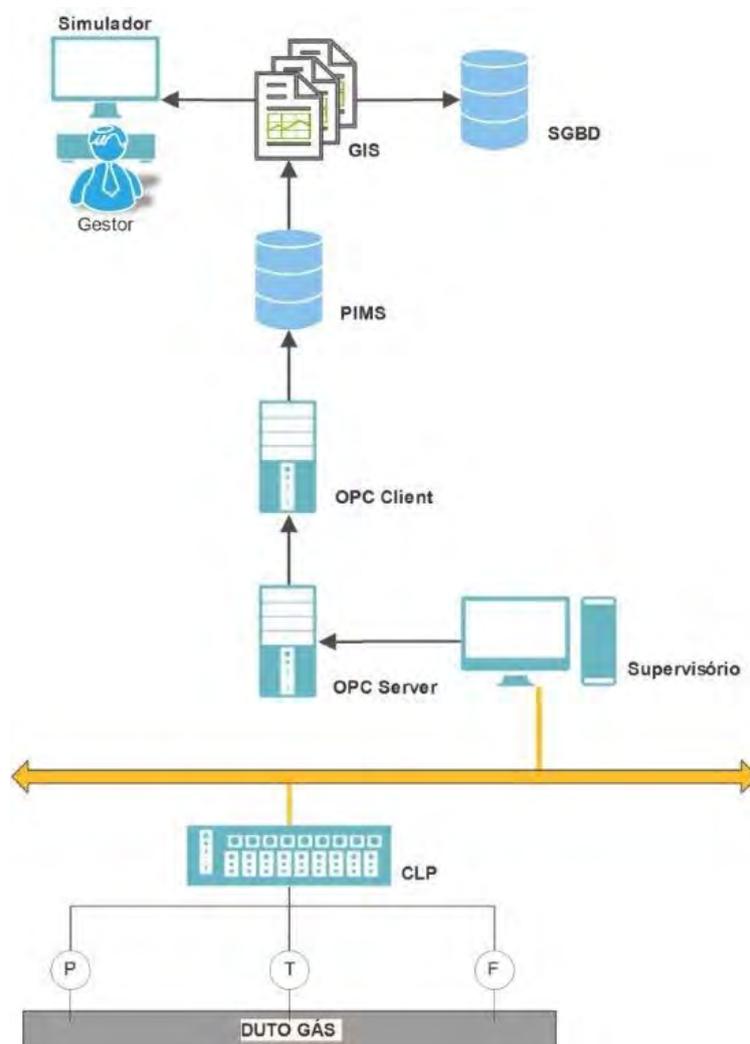


Figura 3 – Arquitetura Proposta

6.1. Utilização do GIS na Manutenção e Inspeção

Inspeção de ativos e atividades de manutenção programada são partes essenciais da gestão da integridade. Estas atividades ajudam a garantir o desempenho seguro e confiável do negócio. Inspeções programadas e tarefas de manutenção são requisitos obrigatórios impostos por entidades reguladoras.

Com o uso do GIS através dispositivos de campo os sistemas de gás serão mantidos com maior precisão e informações atualizadas. Através destes é possível eliminar as tabelas de manutenção, delimitando precisamente as áreas sensíveis e com alta umidade. Um sistema GIS permite visualizar os ativos relacionando-os com a sua localização além de permitir conhecer o entorno de cada um dos seus ativos, mostrar dados como idade, última manutenção realizada e até o custo de manutenção. Um sistema integrado permitirá um melhor planejamento das atividades de manutenção.

A integração com o PIMS permitirá que os dados da rede sejam visualizados em tempo real e georreferenciado pelas equipes de manutenção e inspeção durante a execução de suas atividades. Por exemplo, podem ser configurados alarmes e notificações para serem visualizadas nos dispositivos de campo das equipes ao se aproximar de ativos específicos. Além disso, informações sobre a manutenção dos ativos, podem ser inseridas no GIS ainda durante a manutenção, evitando erros na transcrição das informações.

7. CONSIDERAÇÕES

As pesquisas realizadas para o desenvolvimento deste trabalho explicitam uma série de vantagens no uso do GIS como ferramenta computacional adotada para uma integração de sistemas. Um sistema mais integrado permite um melhor planejamento das atividades de rotina de uma empresa de distribuição de gás. A implantação de um GIS, não tem como objetivo desenhar mapas e sim usar a informação espacial para capacitar o usuário a melhorar seu desempenho global. É verdade que o GIS produz mapas, mas, esses mapas são frequentemente uma forma de visualizar melhores formas de operar, melhorar a utilização da equipe e evitar erros custosos. Integrado a um PIMS abre-se uma gama de possibilidades adicionais a exemplo da determinação do estado operacional de um equipamento, aliado a visualização de dados históricos de um equipamento específico. A facilidade de acesso às informações de processo, de fora das salas de controle agilizarão processos e darão embasamento para tomadas de decisões mais assertivas. Como mostrado nos capítulos acima, entendendo o GIS como uma plataforma estratégica, isto integrado a um PIMS, espera-se que esta conjunção tecnológica provoque um impacto considerável sobre o processo decisório de uma empresa como um todo.

O conhecimento da localização, das condições físicas dos ativos e o meio em que estes se encontram, aliados a uma fonte de dados confiáveis para a previsão de demanda, permitirá a realização de um melhor planejamento. Desta forma, a implantação de tal sistema traz uma série de benefícios qualitativos. Abaixo estão listados alguns desses benefícios.

Maior precisão no detalhamento dos projetos;

Menor tempo de execução dos projetos;

Base para alteração contratual de compra;

Maior embasamento para repassar obrigações contratuais;

Melhor distribuição de recursos da empresa;

Melhor condição para atender a demanda dos clientes;

Maior eficiência na realização dos serviços;

Geração automática de relatórios gerenciais de planejamento de redes;

Maior precisão na avaliação das condições da rede;

Base para identificar possíveis vazamentos;

Maior precisão na análise de atendimento ao cliente;

Confiabilidade das informações.

Tão importante quanto os sistemas de planejamento e engenharia são os de manutenção e inspeção. Um aplicativo integrado ao GIS permite visualizar os ativos relacionando-os com a sua localização, permite conhecer o entorno de cada um dos seus ativos, mostrar dados como a idade ou, até mesmo o custo de manutenção de um ativo. Com um sistema mais integrado, conhecendo o plano de expansão da rede definido pelo planejamento e engenharia, permitirá um melhor planejamento das atividades de manutenção. Dentre os benefícios alcançados com a implementação deste sistema pode-se citar:

Conhecimento da localização exata dos ativos;

Valor atual dos ativos depreciados;

Possibilidade de realizar uma manutenção proativa;

Redução de custos com manutenção desnecessária.

7.1 Trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros propõe-se que após a finalização desta implantação, seja realizada uma análise dos resultados iniciais para determinação de um possível Retorno Sobre os Investimentos ou ROI (Return Over Investment), principalmente devido à otimização do processo decisório em planejamentos e execução de operações das áreas de manutenção e inspeção de equipamentos.

A partir do momento em que estiverem integradas as informações de processos e de georreferenciamento pode-se propor uma pesquisa com objetivo de se otimizar o processo de manutenção dos gasodutos da empresa utilizada como campo de prova desta pesquisa. A implementação de métodos de Reconciliação de Dados sobre os dados de processos armazenados no PIMS possibilitará a identificação e dimensionamento de anomalias, a exemplo de vazamentos na malha de gasodutos. Isto posto, é esperado que informações reconciliadas de balanços de massa das malhas de gás, juntamente com a informações georreferenciadas, aumentem a eficiência das equipes de manutenção.

8. REFERÊNCIAS

¹MEEHAN, B. Empowering electric and gas utilities with GIS. 1st ed. California: ESRI Press, 2007. 258p

²SLACK, Nigel et al. Administração da produção. Edição Compacta, São Paulo: Atlas, 2006.

- ³MOREIRA, M. V., Automação de um processo de convecção de calor e massa. **2009**. 49 f. Monografia (Trabalho final de Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – UFOP– Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- ⁴SÁ BARRETO, S. T. Desenvolvimento de metodologia para atualização em tempo real de modelos matemáticos de processos decisórios. **2009**. 191f. Dissertação (Pós Graduação em Mecatrônica) – UFBA – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ⁵CARVALHO, P. C. de. MES - Sistemas de Execução da Manufatura - "Manufacturing Execution System" Revista Mecatrônica Atual - Nº19 - Dez/04.
- ⁶NOGUEIRA, T. A. Redes de comunicação para sistemas de automação industrial. **2009**. 80f. Monografia (Trabalho final de Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – UFOP– Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- ⁷SOUZA, J. M. Simulação e monitoramento de rede de distribuição de gás natural com integração a um GIS. **2011**. 85 f. Monografia (Trabalho Final de Graduação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia e Arquitetura, UNIFACS – Universidade Salvador, Salvador.
- ⁸CASTRO, Marco Aurélio Holanda de., TIBÚRCIO, Eulimar Cunha. Uma implementação em GIS para suporte ao dimensionamento hidráulico em sistema de fornecimento de água. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, São Paulo, **2007**. 18 f.
- ⁹BAQUEIRO, J. M. Modelagem e simulação de redes de distribuição de gás natural. **2010**. 60 f. Monografia (Trabalho Final de Graduação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia e Arquitetura, UNIFACS – Universidade Salvador, Salvador.
- ¹⁰SÁ BARRETO, S. T, Automação integrada na PETROBRAS: Disponibilização de informações de processo industrial em arquitetura aberta. **2006**. 87 f. Monografia. (Trabalho final de pós-graduação em Sistemas de Informação com Ênfase em Componentes Distribuídos e Web) Faculdade Ruy Barbosa
- ¹¹TORRES, B. S.; SANTOS, D. G. dos; FONSECA, M. de O. Implementação de estratégias de controle multimalha utilizando a norma IEC 61131-3 e ferramentas PIMS. Disponível em:<http://plcopen.org/pc2/Implementing_Multiloop_Control_Strategy_using_IEC61131.PDF>. Acesso em: 03 jun. 2015.
- ¹²SALAS, Edwin F. M.; FARIAS, Hélio M.; COSTA, Carla V. R.. System analysis and planning of a gas distribution network. In: Rio Pipeline Conference And Exposition, 2009, Rio de Janeiro.

PROSPECÇÃO DE PUBLICAÇÕES EM BASE DE DADOS SOBRE EMISSÃO DE HPA ORIUNDOS DA QUEIMA DE DIESEL E BIODIESEL

Rodrigo P. Vieira¹, Lillian L. N. Guarieiro^{1,2}

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil

²INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.

E-mails: profrodrigovieira@yahoo.com.br; lillian.guarieiro@fieb.org.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo prospectar os principais periódicos que tratam dos temas que englobam a emissão de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, proveniente da queima de biodiesel utilizado em veículos automotores. Este trabalho visou identificar as revistas indexadas que mais publicam sobre o tema e o número de publicações que abrangem as bases de dados disponíveis para pesquisa através do método de dedução frequencial. Foi identificado um maior número de periódicos disponíveis associados ao tema na plataforma Sciente Direct com destaque para os periódicos Atmospheric Environment Fuel, Fuel and Energy Abstract, Renewable and Sustainable Energy Review e o Science of the Total Environment.

Palavras-Chaves: Biodiesel; Diesel; Emissão veicular; HPA

ABSTRACT

This study aimed to prospect the main journals that deal with topics that include the issuance of polycyclic aromatic hydrocarbons from the burning biodiesel used in automobiles. This study aimed to identify indexed journals that publish more on the topic and the number of publications that cover the databases available to search through the frequencial deduction method. A greater number of available journals associated with the topic in plataforma Sciente Direct highlighting Periodicals Atmospheric Environment Fuel, Fuel and Energy Abstract, Renewable and Sustainable Energy Review and Science of the Total Environment has been identified.

Keywords: Biodiesel; Diesel; Emission vehicle; PAH

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e industrial traz consigo inúmeras vantagens como o dinamismo na categorização dos transportes, aceleração da produtividade por meio de máquinas modernas, automação de processos empresariais dentre outros fatores. Contudo o aumento dos maquinários, e do crescimento da indústria automobilística e industrial e da urbanização, reflete na modificação de processos naturais atmosféricos incluindo a poluição.

O ar é composto em proporções maiores por oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) representando cerca de 95% de sua composição. Além destes existem em proporções menores o argônio, o dióxido de carbono, o hidrogênio e o neônio, chamados de compostos de traços (Tabela 1). Entretanto estes últimos devem-se ressaltar que sem sua presença combinados com os outros gases alguns processos não aconteceriam. ²

Existem além dos compostos gasosos, alguns sob a forma de partículas sólidas ou líquidas, denominados de aerossóis atmosféricos que possuem um ciclo de vida que são designados por alguns fatores como no caso de reações químicas ou processos de remoção por precipitação e por sedimentação.

Tabela 1. Gases traço de importância ambiental.

Gás	Sigla	% em volume
Nitrogênio	N ₂	78,084
Oxigênio	O ₂	20,948
Argônio	Ar	0,934
Dióxido de carbono	CO ₂	0,033
Neônio	Ne	0,00182
Hidrogênio	H ₂	0,0010
Hélio	He	0,00052
Metano	CH ₄	0,0002
Monóxido de carbono	CO	0,00001
Ozônio	O ₃	0,000002
Âmônia	NH ₃	0,000001
Dióxido de nitrogênio	NO ₂	0,0000001
Dióxido de enxofre	SO ₂	0,00000002

Fonte: Andrade, 2011 ²

Existe uma forte ligação entre a urbanização, geração de riquezas e a população com o processo de geração de resíduos sólidos urbanos e esta razão tende a evoluir exponencialmente. Todavia, o conhecimento científico advindo de pesquisas na área de poluição atmosférica torna ainda mais visível e quantificável o impacto que a poluição do ar causa à vida.³

Na China, por exemplo, são demonstradas correlações entre a geração de resíduos de um país ou região com o produto interno bruto (PIB) e com o consumo de produtos e de energia per capita.⁵ A complexidade do desenvolvimento tecnológico que acarreta um aumento no uso de recursos naturais e no refluxo de novas substâncias das indústrias requer que a questão da saúde da humanidade seja estudada de maneira integrada aos fenômenos ambientais e questões econômicas já que o desenvolvimento de processos sustentáveis está ligado a melhora da saúde ambiental.⁶

A poluição do ambiente conceitualmente é separada em dois quesitos: a poluição natural e a poluição antropogênica. Em relação a poluição antropogênica, ocasionada pela ação do homem, os poluentes podem ser oriundos de fontes estacionárias (ex. indústrias) ou móveis (ex. veículos).³

A Figura 1 representa de forma esquemática o que pode interferir no aumento ou redução dos níveis de poluentes que são emitidos de suas fontes de poluição.⁴

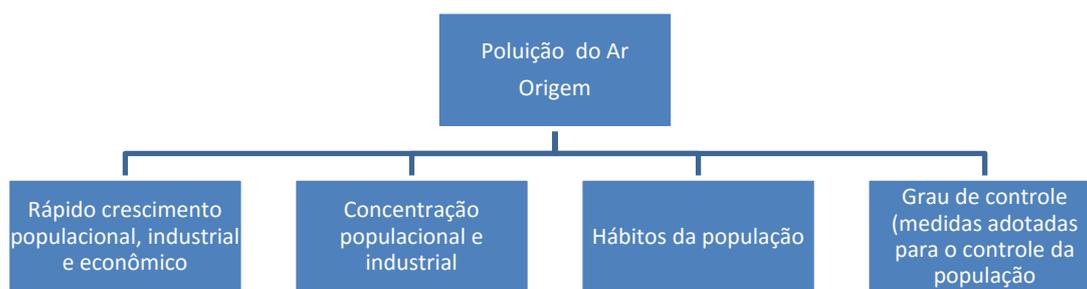


Figura 1. Origem do aumento ou redução de Poluentes atmosféricos. Fonte: CETESB, 2008.⁴

Objetivando um controle adequado e efetivo da poluição é necessário compreender as causas da poluição atmosférica e, dentre outros fatores, a natureza e efeitos dos poluentes atmosféricos e suas causas³, para que se consiga por meio de políticas públicas minimizar os impactos desta poluição.

A principal fonte de degradação da qualidade do ar são os veículos automotores já que por meio deles são emitidos gases e partículas através da queima de combustíveis, dos vapores emitidos pelas vias de ligação do combustível, dos gases e vapores oriundos do cárter e também partículas devido ao desgaste de pneus e freios.⁷

Os poluentes regulamentados por lei de origem veicular são: Material Particulado (MP); Hidrocarbonetos (HC); monóxido de carbono (CO); óxidos de nitrogênio (NOx). Outros compostos emitidos na queima de combustíveis que não são regulados por lei, mas que são considerados tóxicos devido sua comprovada ação carcinogênica e mutagênica, são os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e os compostos carbonílicos (CC).

Ao serem emitidos na atmosfera, os HPA são considerados contaminantes com efeitos nocivos biologicamente. A atenção com este poluente deve ser eminente pelo seu potencial de bioacumulação, seu grau de unbiqüidade sendo identificado em diversas partes do ambiente.⁸

Os HPA são bastante lipossolúveis e podem ser absorvidos pelos pulmões e pele, tanto de animais como de homens e intestino. Eles são ativados metabolicamente de forma que se derivam em reativos de grupos nucleofílicos encontrados em macromoléculas celulares. Pessoas que tem o hábito de se alimentar de comida defumada, fumam ou ficam expostos em locais contaminados por HPA possuem propensões grandes de aparecimento de tumores e câncer.⁹

Os HPA são caracterizados como genotóxicos e potencialmente carcinogênicos devido a suas moléculas conterem uma região de baía contendo ramificações na sequência dos anéis benzênicos ¹⁰, contudo não são considerados uma prova de periculosidade à saúde.

A queima de diesel pode gerar a emissão de HPA para a atmosfera. Sabe-se hoje que existe um grande incentivo para o uso de biocombustíveis na matriz energética tendo como vantagem a redução da emissão de alguns poluentes para atmosfera. O Biodiesel, substituto parcial do diesel, apresenta-se como uma alternativa aos combustíveis que são derivados do petróleo, por ser produzido a partir de fontes renováveis (girassol, soja, mamona dentre outros insumos). Estudos apontam para o fato que seu uso pode gerar uma redução na emissão de alguns poluentes quando relacionado com o uso do óleo diesel ¹¹. Porém, existem na literatura algumas divergências quanto a emissão de HPA quando é adicionado biodiesel no óleo diesel. Assim, este trabalho visou primeiramente identificar as revistas indexadas e base de dados que tratam do assunto em questão, buscando identificar as fontes mais seguras para uma construção futura de um inventário de emissões de HPA quando é utilizado diferentes tipos de misturas diesel/biodiesel em motores do ciclo diesel.

METODOLOGIA

No desenvolvimento do presente trabalho, foram analisados estatisticamente os dados quantitativos de três dos principais bancos de dados de publicações mundiais: a Science Direct (www.sciencedirect.com), Scopus (www.scopus.com) e a Web of Science (apps.webofknowledge.com).

A análise estatística possui um valor ímpar, especialmente por se tratar de uma ciência cujo objetivo é fornecer métodos e técnicas para análise racional de situações sujeitas a incertezas e ainda que não seja a única maneira de organizar e elucidar dados de pesquisa, ela serve como meio de observação de relações e mensurações que não teriam valia se não por meio dela.¹²

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Foram utilizados quatro crivos de análise de dados. i) Publicações sobre HPA na área de emissões provenientes da queima do diesel; ii) Publicações sobre HPA na área de emissões provenientes da queima de biodiesel; iii) Publicações sobre HPA e sua relação com a queima de ambos os combustíveis, biodiesel e diesel; e vi) Publicações sobre HPA na área especificamente de emissões veiculares provenientes da queima de biodiesel.

Foram apontados por meio do método dedução frequencial os principais periódicos das referidas plataformas e quantificadas as publicações destes periódicos nas três plataformas para que após a análise estatística, fossem evidenciados os cinco principais periódicos com evidência mundial. O período de tempo utilizado foram os últimos vinte anos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados referem-se ao quantitativo de publicações nas plataformas Science direct, Scopus e Web of Science. Para se identificar a relação na temática base (emissão veicular, biodiesel e HPA cujas traduções são respectivamente emissions vehicle, biodiesel e PAH), foram feitos crivos de pesquisa e quantificado o total de publicações disponibilizadas nas plataformas conforme identificados na Figura 2.

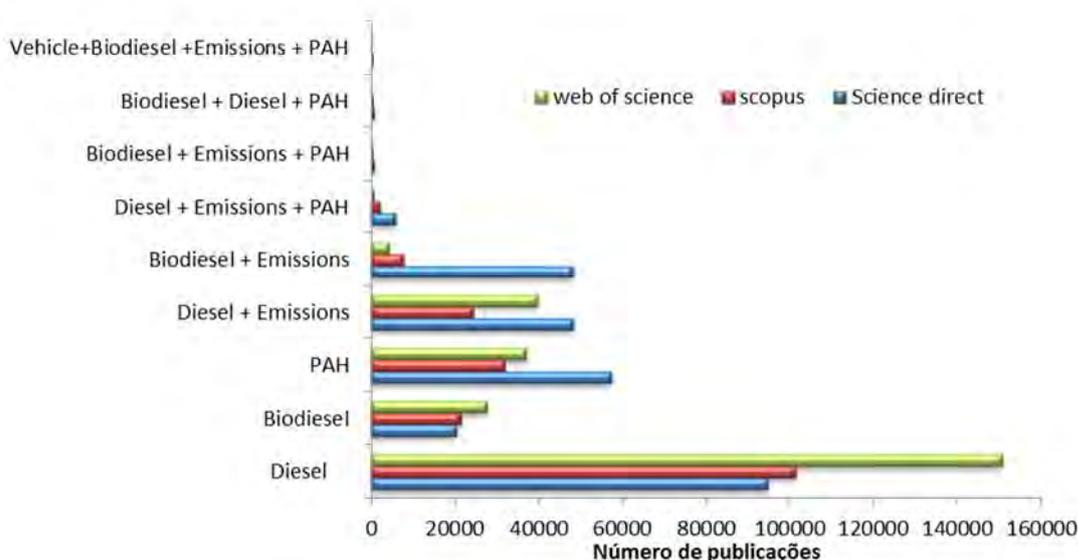


Figura 2. Pesquisa e quantitativo de publicações sobre emissões de HPA oriundas da queima de diesel e biodiesel no período de 1996 à 2015.

De uma forma geral, através dos dados obtidos na base Science Direct (base onde foram obtidas maiores publicações sobre o tema da pesquisa) pode-se observar que todas as publicações que envolvem estudos sobre a emissão de HPA na queima de diesel podem trazer informações também da queima de biodiesel como comparativo para identificar a

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

redução ou aumento da emissão deste composto. Isto porque, o número de publicações obtidas foram bastante próximos.

A Figura 3 identifica o quantitativo de publicações nos últimos vinte anos cujo interesse é predominantemente da temática HPA na área de emissões e a relação com o combustível diesel. Observou-se que entre 1996 e 2015 foram disponibilizados 5680 trabalhos no Science Direct, 2127 no Scopus e 673 na Web of Science.

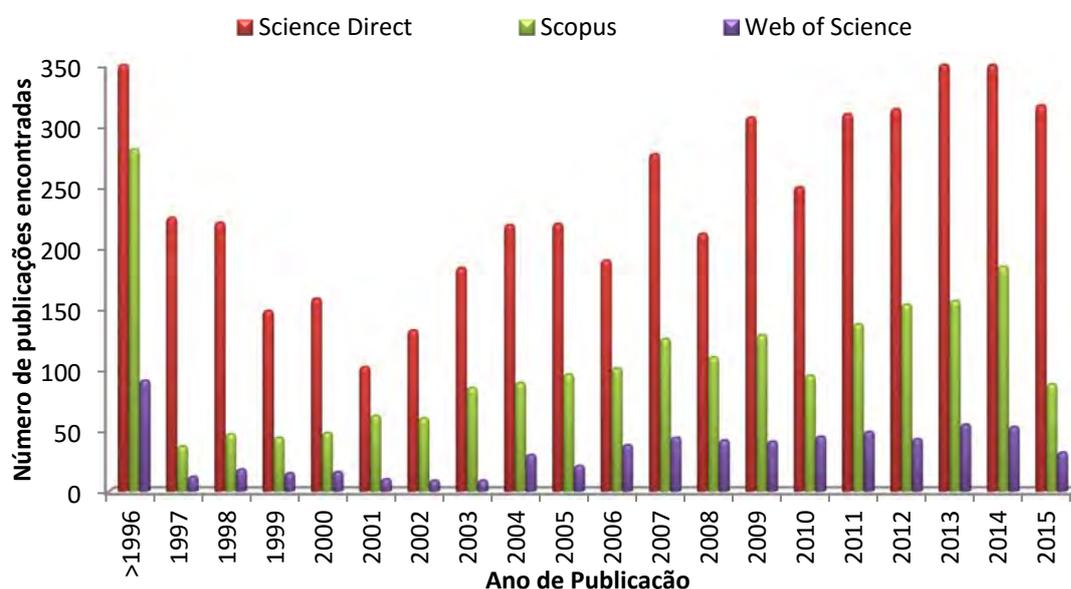


Figura 3. número de publicações obtidas nas três bases estudadas, no período de 1996 à 2015, utilizando como filtro a emissão de HPA na queima de diesel.

Dentre as bases de dados avaliadas pode-se perceber que o Science Direct é a base que possui o maior número de artigos publicados sobre o tema em questão, seguido pelo Scopus e por último a Web of Science. Durante o período de busca, foi observado que essa diferença pode chegar a três vezes o número de publicações encontradas na base Scopus e aproximadamente quinze vezes o número de publicações da Web of Science.

A Figura 4 identifica o quantitativo de publicações nos últimos vinte anos cujo interesse é predominantemente da temática de emissões de HPA provenientes da queima de biodiesel. Observou-se que entre 1996 e 2015 foram disponibilizados 737 trabalhos no Science Direct, 379 no Scopus e 122 no Web of Science. Ressalta-se que a maioria das pesquisas sob o crivo biodiesel apontam para os últimos 10 anos, o que pode estar diretamente relacionada com a inserção do biodiesel na matriz

energética brasileira em 2005 com a mistura B2 (2% de biodiesel adicionado ao óleo diesel) comercializada em todos os postos de combustíveis. Atualmente esta mistura é de 7% de biodiesel adicionado ao óleo diesel (B7).

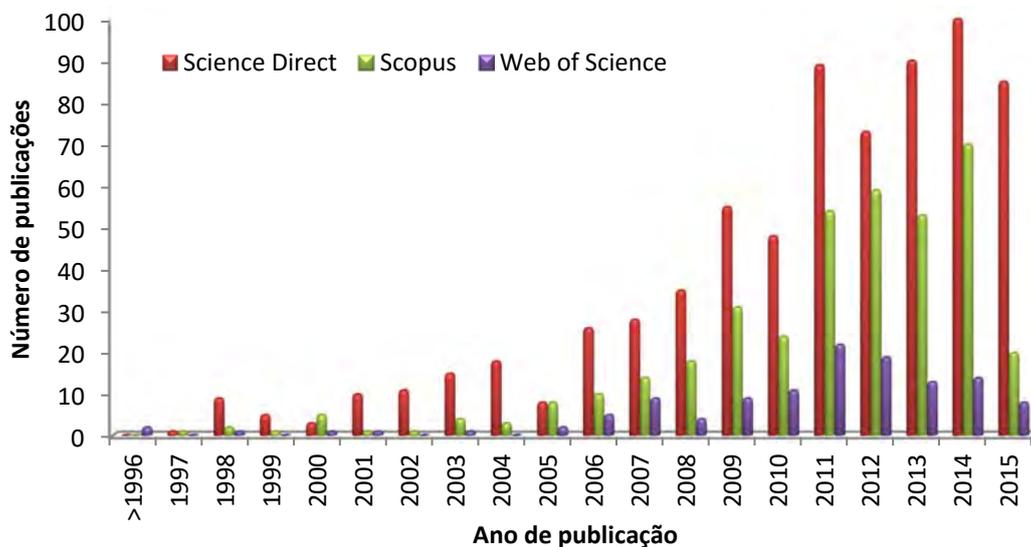


Figura 4. Número de publicações sobre emissões de HPA oriundas da queima de Biodiesel

Os principais periódicos na área do tema da pesquisa do presente trabalho, que possuem maior número de publicações, estão descritos na Tabela 2, com suas respectivas qualificações no portal qualis da capes (área interdisciplinar) e listados pelas plataformas Science Direct, Scopus e a Web of Science. A quantidade de publicações da plataforma Science direct é superior ao das outras duas plataformas. Além disso, é possível notar que os periódicos com maiores publicações sobre o tema do trabalho não são semelhantes quando se compara as bases de dados estudadas.

Tabela 2. Quantitativo de publicações dos periódicos indexados nas bases de dados estudadas.

Science Direct	Qualis	HPA e Diesel	HPA e Biodiesel	HPA, Diesel e Biodiesel	HPA, Vehicle e Biodiesel
Fuel and Energy Abstract	B5*	764	81	102	78
Atmospheric Environment	A1	656	46	45	37
Science of the total Enviroment	A1	309	12	11	11
Fuel	A1	158	76	79	37
Renewable and sustainable energy reviews	A1	72	69	62	49
Scopus					

Enviromental Sciences	A1	1228	173	196	127
Engineering	A1	531	99	103	32
Energy	A1	355	150	158	32
Chemistry	A1	348	83	87	37
Earth And Planetary sciences	A1	286	37	40	21
Web of Science					
Enviromental Sciences Ecology	A1	452	61	65	28
Enviromental occupational Health	B1**	222	32	36	10
Engineering	A1	218	52	51	28
Toxicology	A1	127	24	26	6
Energy Fuels	A1	83	37	36	17

*Periódico não consta qualis Interdisciplinar. Avaliado como B5 para Engenharia e Materiais

** Periódico não consta qualis Interdisciplinas. Avaliado como B1 para área de Saúde Coletiva

Mediante o quantitativo disponibilizado pelas três plataformas analisadas identifica-se a plataforma Science Direct com uma maior aplicação ao tema proposto já que os valores apontados nos respectivos crivos correspondem a praticamente o dobro das outras duas plataformas. Mas esta questão não significa que uma prospecção na literatura deva ser realizada exclusivamente através do banco de dados do Science Direct, uma vez que os bancos de dados avaliados não possuem em seu ranking de publicações as mesmas revistas. Dessa forma, a busca de publicações sobre o tema deve ser realizada nas três bases de dados de forma a ter uma maior abrangência de informações no mapeamento de prospecção científica e tecnológica sobre o tema.

Com exceção dos periódicos *Fuel and Energy Abstract* e *Enviromental occupational Health*, que não possuem classificação Qualis para área Interdisciplinar, todos os periódicos destacados como principais fontes de publicação para o tema da prospecção possuem classificação Qualis A1 na modalidade interdisciplinar (Tabela 2).

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta prospecção apontou para importância de não ser utilizada apenas uma base de dados na busca por publicações sobre um determinado tema de pesquisa. Dentre as bases de dados estudadas foi verificado que o Science Direct é uma base mais

abrangente, que possui maior número de periódicos indexados em relação as demais bases. Publicações sobre emissões de HPA oriundos da queima de combustíveis (Diesel e Biodiesel) são mais fortemente encontrados nos periódicos disponibilizados no Science Direct. Atmospheric Environment, Fuel, Fuel and Energy Abstract, Renewable and sustainable energy review e o Science of the total environment.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Wu, Z. Hua, M. Peg,L.; Liu S.; Wehner, B.; Wiedensohler, A. Particle number size distribution in the urban atmosphere of Beijing. Atmospheric Environment. **2008**, 42, 7967–7980.
- [2] Andrade,M.F. Poluição Atmosférica. Condigital.PUC-Ri. **2011**. Disponível em <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital>, acessado 03 julho de 2015.
- [3] Olmo, N.R.S. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, **2010**.
- [4] CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório da qualidade do ar do Estado de São Paulo. **2008**. Page Disponível em <http:Cetesb.sp.gov.br>, acessado em 04 julho de 2015.
- [5] Tian, H.; Gao, J.; Hao, J.; Lu, L.; Zhu, C.; Qiu, P.. Atmospheric pollution problems and control proposals associated with solid waste management in China: A review.Journal of Hazardous Materials, **2013**, 252-253, 142-154.
- [6] Brillhante, O.M; Caldas, L.Q.A.. Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental. Fiocruz **1999**, 155.
- [7] Dultra;L.G; Tese de Doutorado, Univ. Federal de Minas Gerais, **2007**.
- [8] Haritash, A. K.; Kaushik C. P. Biodegradation aspects of PAH: A review, Journal of Hazardous Materials, **2009**, 169, 1-15.
- [9] Meire, R.O., Azeredo, A.; Torres, J. P. M .Aspectos Ecotoxicológicos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. Oecol. Bras, **2007**, 11, 188-201.
- [10] Pedrete, T.D.A. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica, RJ. **2013**
- [11] Chang, k.a. et al. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Asia. Environmental Pollution, **2006**, 142.
- [12] Silva Filho, A.M.D. A importância da estatística na formação do profissional pedagógico. Cairu em Revista.**2014**, 3.

SISTEMA DE QUANTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES

Rodrigo Matos¹, Vinícius Santiago², Charles Soares³, Márcio Soussa⁴

¹Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: rodrigo.matos17@hotmail.com;

² Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: vinciussantiago91@gmail.com;

³ Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: charles.soares@unijorge.edu.br;

⁴ Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: marcio.soussa10@gmail.com.

RESUMO

Devido ao aumento nos casos de fraudes reportadas em postos de combustível, percebe-se um crescimento da desconfiança de donos de veículos automotores no momento do abastecimento dos seus veículos. Há uma incerteza quanto ao real volume de combustível abastecido. Portanto, no intuito de tentar mitigar esse problema, este trabalho tem como objetivo propor um sistema de medição que utiliza um modelo computacional capaz de mensurar o volume de combustível inserido em um compartimento e informar ao condutor do veículo, através do uso de um conjunto de equipamentos eletrônicos integrados, como sensores e microcontroladores. Espera-se com isso, evitar ou reduzir prejuízos financeiros para os condutores de veículos e melhorar a sensação de segurança no momento do abastecimento. Os testes realizados com o protótipo criado e o algoritmo proposto apresentaram taxas de erro inferiores a 5,8%.

Palavras-Chaves: Arduino; Sensor; Abastecimento.

ABSTRACT

Due to the increase in cases of fraud reported at the time of supply in gas stations, it is noticed an increase in distrust of vehicle owners. There is an uncertainty about the real volume of supplied fuel. Therefore, in order to try to mitigate this problem, this project aims to propose a measurement system that uses a computational model capable of measuring the real volume of fuel inserted into a fuel compartment and informing it to the driver, through the use of a set of integrated electronic equipments such as sensors and microcontrollers. It is expected to avoid or reduce financial losses for the drivers and improve the sense of security at the time of supply. Tests realized with the created prototype and proposed algorithms presented error rate below 5.8%.

Keywords: Arduino; Sensor; Supply.

1. INTRODUÇÃO

Quando um veículo automotor é abastecido em um posto de combustível, a única maneira de o condutor saber o volume de combustível abastecido é através dos *displays* das bombas de combustível, que se estiverem desreguladas ou adulteradas, poderão apresentar valores distorcidos e gerar prejuízo financeiro para o usuário.

Azevedo e Faustini [1] apresentam um mecanismo que alguns postos de combustíveis utilizam para adulterar o volume de combustível inserido nos automóveis. Eles informam que a estratégia consiste na substituição da placa original instalada das bombas de combustível, que é um circuito eletrônico, por outra, adulterada, que desvia parte do combustível, de volta para o tanque do estabelecimento. Conseqüentemente, é apresentado no *display* da bomba de combustível, um volume maior do que o realmente abastecido, chegando, em alguns casos, a superar 12% do volume real. Essas placas são ativadas e desativadas através de controle remoto, dificultando as chances de serem identificados por parte dos consumidores, ou mesmo, por fiscais.

Com os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, a capacidade de desenvolvimento de dispositivos e sistemas eficientes e baixo custo foram ampliados, principalmente por conta da evolução da microeletrônica, que tornou possível o desenvolvimento de peças eletrônicas de tamanhos reduzidos e com baixo custo.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo principal propor um sistema de medição que utiliza composto por um conjunto integrado de sensores e microcontrolador, que permita mensurar o volume de líquido que é inserido em um recipiente controlado e informar esse volume em um *display*. Espera-se com isso, propor uma alternativa para garantir uma maior confiabilidade aos donos de veículos, no momento do abastecimento nos postos de combustível.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Microcontrolador

Segundo Tanenbaum [2], um microcontrolador é um dispositivo eletrônico composto por processador, memória e unidades de entrada e saída (E/S). Estas habitualmente são utilizadas para detectar os botões e interruptores do aparelho e controlar suas luzes. Na maioria dos casos, o software está incorporado no chip, na forma de uma

memória somente de leitura, e funciona em tempo real, ou seja, quando recebe o estímulo deve responder instantaneamente.

De acordo com Batista [3], os microcontroladores são utilizados quando é necessário que um circuito realize operações e procedimentos que variam conforme estímulos externos ou condições de ambiente. Abreu [4] afirma que os microcontroladores são dispositivos capazes de efetuar o controle de equipamentos eletrônicos ou mesmo máquinas de pequeno porte, através de programação realizada em diferentes tipos de linguagem.

Na atualidade é encontrada no mercado uma variedade de placas de prototipagem que possuem um ou mais microcontroladores embutidos, como é o caso do Arduino, *Beaglesboard*, *Cubieboard*, *Raspberry Pi*, dentre outros. Neste projeto optou-se pelo uso do Arduino pela familiaridade dos autores, por ser mais acessível, tanto no que diz respeito à aquisição do equipamento, quanto à quantidade de referências bibliográficas, além de apresentar baixo custo, ser *open-source* e compatível com vários tipos de sensores.

2.2. Arduino

O Arduino é uma plataforma de hardware *open source* de fácil utilização, ideal para a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente, dispositivos estes que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, som etc., e como saída *leds*, motores, *displays*, alto-falantes etc [5].

Evans [6] afirma que até o momento todas as series dos Arduino foram baseadas em microprocessadores de 8 *bits* ATMEL AVR, sendo esses baseados na arquitetura RISC. De acordo com Antônio [7], o Arduino possui uma versão, denominada Arduino Uno, que é uma placa microcontroladora baseada no microprocessador ATmega328, composto por 14 pinos digitais de entrada e saída, 6 entradas analógicas, *clock* de 16 MHz, uma conexão USB, conector ICSP e um botão de *reset*, conforme pode ser visto na Figura 1.

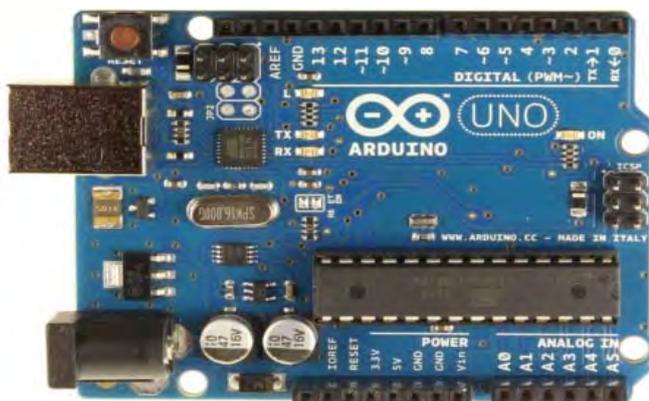


Figura 1. Placa Arduino Uno. Fonte: <http://s.glbimg.com/po/tt/f/original/2013/10/03/arduino.jpg>

2.3. Sensor

Thomazini [8] afirma que sensor é um termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, que pode ser luminosa, térmica, cinética e que está relacionada com informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição e etc. Essas grandezas são chamadas de variáveis e para Wendling [9], servem para transmitir informações de um evento que ocorre externamente e sobre o qual o sensor atua ou no qual deve executar uma determinada ação.

Na atualidade, há uma grande variedade de sensores disponíveis e dentre eles, o sensor ultrassônico foi escolhido para ser utilizado neste projeto, porque além de possuir a capacidade de medir uma distância até um determinado objeto, possui baixo custo.

Cardozo [10] informa que o sensor ultrassônico opera baseado no tempo decorrido entre a emissão e recepção de ondas acústicas ultrassônicas entre o sensor e algum objeto, o transmissor ultrassônico é acionado por um curto tempo e as ondas produzidas ficam entre 30 – 300 kHz faixas inaudíveis para o ser humano. Com base no tempo desse retorno, obtém a distância. A Fórmula a seguir apresenta o cálculo da distância (s), que é obtida através da multiplicação do tempo (t) que o sinal leva para ir até o objeto e retornar, pela velocidade do som (v), que é de aproximadamente 340 m/s [11].

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \equiv v = \frac{2 \cdot s}{t} \equiv s = \frac{v \cdot t}{2} \equiv s = 170 \cdot t \quad (1)$$

O modelo de sensor ultrassônico utilizado no projeto foi o HC_SR04, conforme pode ser visto na Figura 2. Conforme os dados técnicos, possui um alcance que varia de 2 cm a 4 m, uma angulação que varia de 15° a 30° e uma taxa de erro de 3 mm. A sua saída é digital e possui 4 pinos: VCC, que é a entrada de energia (positivo); TRIG, que envia o pulso; ECHO, que obtém o retorno do pulso e GND, que a densidade neutra (negativo).



Figura 2. Sensor ultrassônico. Fonte: http://seriallink.com.br/loja/images/prod_sensor_ultrassonico_gde.png

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Para construir o protótipo foram analisados três diferentes tipos de sensores. Na proposta inicial, planejou-se utilizar sensores infravermelhos, mas como eles geram calor e o combustível é inflamável, então essa solução foi descartada. Posteriormente, foi construído um protótipo utilizando um sensor de fluxo, mas os testes realizados apresentaram taxas de erro maiores que 50%; e por fim, o protótipo final foi concebido utilizando sensores ultrassônicos, pelo fato de não gerarem calor e apresentarem taxas de erro menores.

3.2. Modelo Proposto

O modelo proposto é composto por um recipiente trapezoidal que simula um tanque de combustível; quatro sensores ultrassônicos, modelo HC_SR04, instalados nas extremidades da parte superior do recipiente e conectados a uma placa Arduino Uno. Vale a pena salientar que a escolha do formato trapezoidal se deu pelo fato de que grande parte dos veículos produzidos no Brasil apresenta esse formato.

Cada sensor ultrassônico tem como função calcular a distância do topo do recipiente até o combustível para permitir que o sistema calcule o volume de combustível existente no recipiente. É importante salientar que são usados quatro sensores, por conta de possíveis inclinações no recipiente. Percebe-se que o modelo se propõe a mensurar o volume de combustível no tanque através do cálculo de distância, diferentemente dos sistemas dos veículos atuais que utilizam boias para identificar o nível do combustível.

Para o seu correto funcionamento, o modelo possui dois botões. O primeiro, denominado “Modo Abastecimento”, deve ser pressionado antes do início do abastecimento, com o intuito de obter a distância entre cada um dos quatro sensores e o combustível. Com base nessas distâncias, em milímetros, e nas dimensões do tanque, o sistema calcula o volume (V) de combustível existente no tanque, armazena em uma variável denominada “ V_0 ” (em mililitros) e apresenta no *display*.

Em seguida, pode-se iniciar o abastecimento e ao seu término, deve-se pressionar o segundo botão, para que seja realizado um novo cálculo do volume de combustível presente no tanque, V . Em seguida, subtrai-se V de V_0 e exibe-se, *no display*, o resultado, que representa o volume abastecido e a taxa de erro.

A Fórmula 2 apresenta o cálculo do volume do recipiente [12].

$$V = ((b1 + b2) \cdot a \cdot 0.5 \cdot l) \cdot 0.0010000 \quad (2)$$

Onde $b1$ representa a base menor, $b2$, a base maior, a , a altura do recipiente e l , a largura do recipiente. A multiplicação pelo valor 0.0010000 objetiva converter o valor de milímetros cúbicos para mililitros. Os dados do cálculo podem variar de acordo com a posição do sensor, tamanho e espessura do recipiente.

3.3 Protótipo

A Figura 3 apresenta o protótipo construído com o objetivo de testar o modelo proposto. Nela é possível visualizar os quatro sensores ultrassônicos, instalados nos cantos da parte superior do recipiente e integrados a uma placa arduino, também instalada na parte superior central do recipiente.

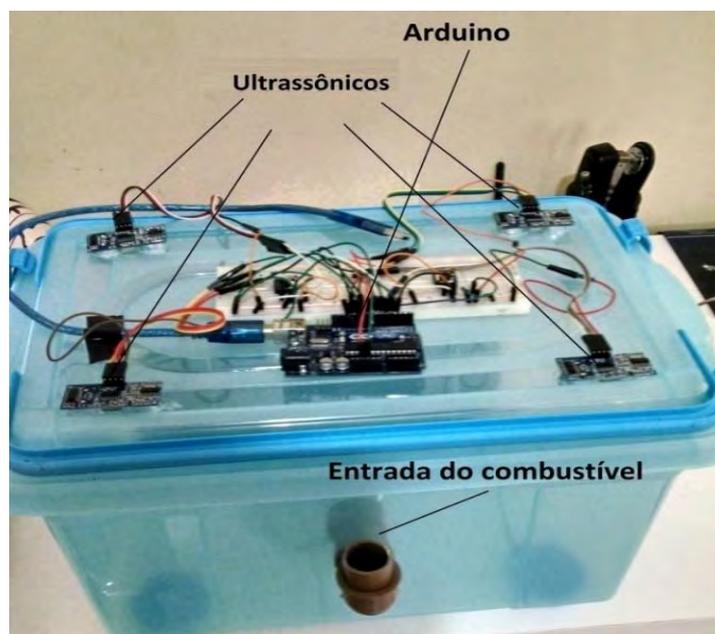


Figura 3. Protótipo.
Fonte: Autoria Própria

O recipiente utilizado possui as seguintes dimensões: base menor $b1 = 320 \text{ mm}$, base maior $b2 = 340 \text{ mm}$, largura $l = 222 \text{ mm}$ e a altura $a = 220 \text{ mm}$, porém, varia de acordo com a quantidade de combustível no tanque.

Vale a pena chamar a atenção que, por questões de segurança, não foram feitos testes com líquidos inflamáveis. Os testes foram feitos com água e ocorreram da seguinte forma: o sistema era iniciado com o volume do recipiente vazio, e em seguida, era introduzido 1 litro de água e posteriormente verificado o volume de água, apresentado no *display* e as taxas de erro registradas.

A primeira versão do algoritmo desenvolvida calculava o volume inicial (recipiente vazio), o final (recipiente com 1 litro de água) e apresentava a diferença entre os valores, simulando a quantidade abastecida. Contudo, nos primeiros testes realizados, foram identificadas taxas de erro de até 15,4%, para mais ou para menos.

Portanto, foi desenvolvido um segundo algoritmo com o objetivo de reduzir a taxa de erro e ele funciona da seguinte forma: durante um intervalo de tempo configurável, os sensores ultrassônicos obtêm a maior quantidade de distâncias possíveis entre eles e o líquido e posteriormente calcula a média aritmética dessas variações e o resultado encontrado representará a altura (a), neste caso uma altura média, no cálculo de volume. As etapas seguintes são as mesmas do primeiro algoritmo. Com essa mudança, a taxa de erro foi reduzida para até 5,8%.

A título ilustrativo, segue um exemplo do funcionamento dessa etapa do algoritmo: supondo que a distância real entre os sensores e o líquido seja de 200 mm e sabendo-se que taxa de erro é de 3mm, então qualquer distância calculada estará no intervalo de 197 a 203 mm. Se durante 5 segundos o algoritmo obtiver as seguintes distâncias: 197, 198, 201 e 202 mm, então o somatório totalizará 798 mm e após a divisão por 4 (4 medições), o valor da distância será de 199,5 mm. Este valor será o utilizado na fórmula de cálculo de volume, como a altura.

Após o desenvolvimento do algoritmo, alguns testes foram realizados, utilizando um tempo de espera de 5 segundos e os resultados estão apresentados na próxima seção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os resultados dos testes realizados com o protótipo. A taxa de erro foi calculada com base na variação entre o volume real e a maior diferença entre as medidas encontradas.

No primeiro cenário, isto é, antes dos ajustes feitos para o segundo algoritmo (aqui denominado 1º Algoritmo), a maior diferença encontrada foi entre 1000 ml (volume real) e 856 ml (menor volume medido), representando uma taxa de erro de 15,4%, enquanto no 2º cenário, isto é, após utilizando o segundo algoritmo (2º Algoritmo), a maior diferença encontrada foi entre 1000 ml e 1057 ml, com uma taxa de erro de 5,8%.

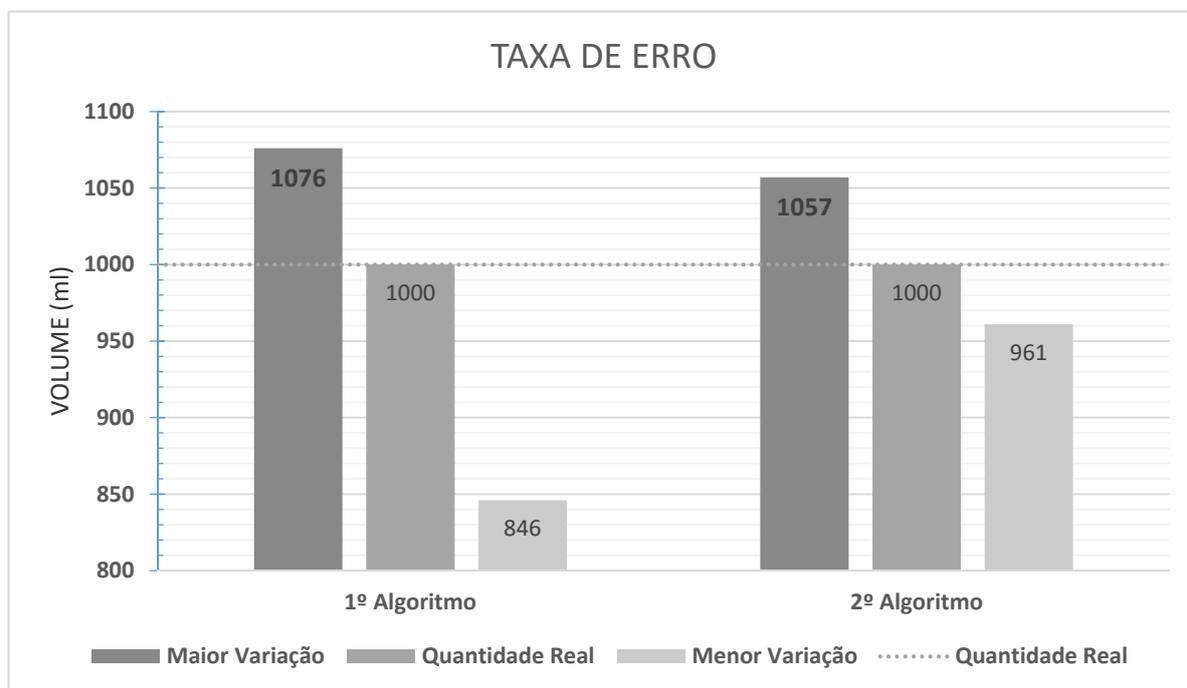


Figura 4. Medidas encontradas nos testes realizados.

Fonte: Autoria Própria

Os resultados apontam uma melhoria em torno de 38% na taxa de erro, após os ajustes do algoritmo. Portanto, percebe-se que a taxa de erro diminuiu por conta da média das distâncias calculadas. Isto traz uma perspectiva de que aumentando o número de medidas de distância encontradas pelos sensores, espera-se obter volumes mais precisos, contudo, maior deverá ser o tempo necessário para obter esses resultados.

Os testes também foram realizados com o recipiente levemente inclinado e os resultados obtidos foram os mesmos quando sem a inclinação. Contudo, nos testes onde o líquido esteja em movimento, valores incoerentes foram encontrados.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a concepção e a prototipação de um sistema de medição que utiliza um modelo computacional para abastecimento de combustíveis líquidos, cujo objetivo é mensurar o volume abastecido em postos de combustíveis, deixando o consumidor ciente do real ou mais próximo do volume abastecido, possuindo, contudo, uma determinada taxa de erro, que pode variar de acordo com as configurações do modelo.

Percebeu-se que o uso desta abordagem trouxe resultados satisfatórios, sobretudo pelo fato dos testes realizados terem apresentado taxas de erro inferiores a 5,8% e uma perspectiva de redução ainda maior, caso haja um aumento no tempo máximo de espera. O modelo apresenta algumas desvantagens, como a inicialização manual, um tempo de espera maior e imprecisão no cálculo do volume do combustível, quando o líquido está em movimento.

Uma questão importante a ser abordada é quanto à sensibilidade do modelo ao posicionamento e robustez dos sensores ultrassônicos utilizados. Nos testes realizados, em alguns poucos casos, houve a necessidade de calibrar o sistema, alterando dados para a realização do cálculo. Ao investigar os experimentos, percebeu-se que a falha pode ter ocorrido devido à posição do sensor ultrassônico ter sido alterada, implicando em valores incoerentes. Para sanar esse problema, sugere-se fixar os sensores ultrassônicos de modo que a sua posição não possa ser alterada e nem sua angulação inclinada, ficando o sensor posicionado paralelo ao fundo do recipiente, podendo o recipiente inclinar juntamente com ele.

Quanto a sua utilização em um tanque real, faz-se necessário realizar uma série de testes de resistência para saber se o tipo de sensor utilizado no protótipo suportaria as condições internas de um tanque. O formato do tanque também é uma questão a ser avaliada, pois o modelo foi concebido apenas para tanques trapezoidais e mesmo para tanques com esse formato, é preciso avaliar o posicionamento adequado dos sensores.

Espera-se que esse trabalho possa fomentar discussões e um estudo para a proposição de sistemas alternativos de controle de abastecimento de combustível, que possam mitigar possíveis fraudes no momento do abastecimento dos veículos, auxiliando os donos e condutores de veículos.

6. REFERÊNCIAS

¹Azevedo, A. L.; Faustini E., Postos fraudam bombas de combustível com controle remoto. Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2012/01/postos-fraudam-bombas-de-combustivel-com-controle-remoto.html>>. Acesso em: 5 de maio de 2014.

²Tanenbaum, A. S.; *Organização Estruturada de Computador*, 5a. ed., Pearson education-Br, 2006.

³Batista, S. L.; *Método Complementar para Avaliação de um Microcontrolador de Código Aberto*, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/cpgei/Ano_2009/dissertacoes/Dissertacao_494_2009.pdf>. Acesso em 13 de julho de 2014.

⁴Abreu, A. D. S.; *Arduino – Plataforma Eletrônica Microcontrolada*, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFxPIAH/antonio-diego-monografia-arduino>>. Acesso em: 17 de julho de 2014.

⁵Souza, A. R.; Paixão, A. C.; Uzêda, D. D.; Dias, M. A.; Duarte, S.; Amorim H. S. A Placa Arduino: Uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, 2011.

⁶Evans, M.; Noble, J.; Hochenbaum, J.; *Arduino em ação*. Novatec, 2013.

⁷Antônio, L. T.; Brandão, E. L. G.; Uma solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais, instituto nacional de telecomunicações, Minas Gerais, 2013.

⁸Thomazini, D.; Albuquerque, P. U. B.; *Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações*, 4a. ed., Érica, 2011.

⁹Wendling, M.; *Sensores*. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: Acesso em 08 de agosto de 2015.

¹⁰Cardozo, R. F.; *Apostila de Automação Industrial*, Universidade federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005. Disponível: em <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA03.pdf>. Acesso em: 08 de agosto de 2015.

¹¹Loneiton, F. S.; Scherer, D. Praxedes/; Protótipo de um Kit Educacional de Robótica Baseado na Plataforma Arduino, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/ead/article/viewFile/2654/1492>>. Acesso em: 08 de agosto de 2015

¹²Paiva, M.; *Matemática 1a. ed.*, Moderna, 1999, cap.10.

SUBSTITUIÇÃO DE UMA VÁLVULA LIGA-DESLIGA POR UMA DE CONTROLE NO CICLO DE VULCANIZAÇÃO DE PNEUS DE MOTOCICLETAS

Marcelo Macedo Matos¹ , Marcelo Henrique Souza Bomfim²

¹ Senai – Cimatec/ Borrachas Vipal, Email: matos_marcelo2005@ig.com.br

² Senai Cimatec, Email: marcelo.bomfim@fieb.org.br

RESUMO

Sistemas de vulcanização de pneus, necessitam manter a temperatura para ocorrer a transferência de calor necessária no aquecimento e ocorrer a reação termo-química do composto de borracha para obter sua cura. Muitas vezes o sistema adotado no controle de temperatura destes processos é do tipo on-off. Esta nova estratégia de controle implica em substituir essa válvula on-off por uma contínua a fim de melhorar o desempenho em uma planta de vulcanização de pneus de motocicleta convencionais mantendo a temperatura mais próximo do valor desejado, obtendo o mínimo de variação possível e conseqüentemente diminuindo o ciclo de vulcanização. Este trabalho propõe retirar a válvula on-off e colocar uma de controle. Como conclusão os resultados obtidos mostram que além dos ganhos na qualidade do produto também houve uma redução de consumo energético e um melhor desempenho na produtividade.

Palavras-chave: *Planta de vulcanização; Controle Contínuo; Ciclo de Vulcanização;*

ABSTRACT

Tire vulcanization systems, need to keep the temperature to occur the transfer of heat needed for heating and occur thermo- chemical reaction of the rubber compound for their healing. Often the system adopted in temperature control of these processes is the on-off type. This new control strategy involves replacing this on-off valve by a continuous in order to improve performance in a vulcanization plant conventional motorcycle tires while maintaining the temperature closer to the desired value, obtaining the least possible variation and consequently decreasing the vulcanization cycle. This paper proposes removing the valve on-off and put a control. In conclusion the results show that in addition to gains in product quality there was also a reduction of energy consumption and better performance in productivity.

Keywords: *Vulcanization plant; Continuous control; Vulcanization Cycle;*

INTRODUÇÃO

Ao encontrar ótimos trabalhos que retratam sobre vulcanização de pneus⁽¹⁾, modelos numéricos aplicados a vulcanização⁽²⁾, estabilidade das propriedades⁽³⁾, processo de curas de pneus⁽⁶⁾, em que contestam a presença de fenômenos para obter sua performance de cura e que a maioria destes trabalhos ou artigos não comentam que os sistemas de vulcanização destes processos utilizam uma válvula de vapor do tipo liga-desliga e as perdas de um sistema térmico. Esta abordagem consiste em algo inédito, que até então não foi encontrado material ou citações em revista científicas retratando o assunto através de análise e avaliação da substituição de uma válvula liga-desliga de vapor por uma de controle, utilizando uma estratégia de PID para o ciclo de vulcanização. Caetano (2014) mostrou em seu trabalho que o pneu é constituído por uma grande diversidade de componentes e por um grande número de materiais compósitos com características diferenciadas. No entanto, observa-se que alguns problemas relacionados com a vulcanização acontecem, devido a estrutura do pneu sofrer acentuadas variações de espessura.

Pinheiro (2001) afirma que o pneu não é simétrico do ponto de vista da vulcanização e que além dessas variáveis citadas, similarmente durante o processo de vulcanização, surgem problemas relacionados com a condensação de vapor nas partes internas da câmara de vulcanização.

Para resolver este problema relacionado a perda de temperatura devido o pneu ter variações de espessuras e por surgir condensação de vapor no interior do bladder, modelos numéricos matemáticos foram aplicados separadamente a reação termo-química como também a transmissão de calor afim de melhorar a performance de vulcanização, como também a adição de óxidos de zinco para obter maior estabilidade dos compostos de borracha e também minimizar ou retardar seu envelhecimento pós-vulcanizado. Assim, este trabalho de pesquisa diferencia pois aborda o ajuste teórico utilizando técnicas de controle PID, consistindo em calcular um valor de atuação sobre a variável de processo aquecimento (vapor).

O objetivo é garantir um maior controle, fazendo com que a saída fique mais estável minimizando o erro ao valor de temperatura desejável obtendo ganhos já que com a temperatura mais controlada e com perda praticamente nula o tempo de cura pode ser diminuído. A Figura 01 apresenta a variação típica de temperatura e pressão num ciclo de vulcanização de pneus, pela figura pode ser visto que segue-se uma sequência de tempos, temperaturas e pressões, com entradas de fluidos, troca de fluidos, até aos momentos finais do ciclo, com o corte de alimentação dos fluidos de pressão e de aquecimento (CAETANO, 2014).

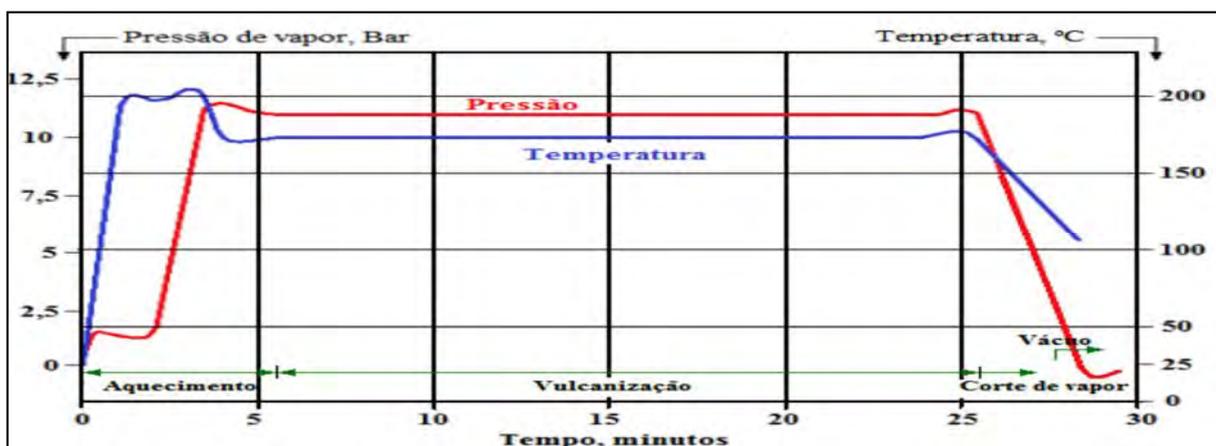


Figura 01: Variação típica de pressão e temperatura num ciclo de vulcanização de pneus

Fonte: (CAETANO, 2014)

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Arco de borracha, aro de borracha, claramente mais conhecido como pneu, pode ser definido como um produto de borracha que pode ser inflado e reforçado com diversos materiais para a rodagem de veículos como carros, caminhões, motocicletas, bicicletas e até mesmo por carrinhos de mão (SANTOS & AGOSTINHO, 2010).

A Figura 02 apresenta um corte no pneu com seus principais componentes e estruturas.



Figura 02: Estrutura de um pneu de motocicleta

Fonte: Moto.com.br

Nesse contexto, o presente trabalho tem a finalidade de analisar e validar melhorias em função de uma situação que ocorre no que diz respeito ao fenômeno de transmissão de calor durante o ciclo de vulcanização.

Pinheiro (2001) explica que dois fenômenos acontecem em paralelo quanto a vulcanização, sendo a reação termoquímica entre o enxofre e as cadeias poliméricas que promove a cura da borracha e a transmissão de calor entre os fluidos de aquecimento diante do conjunto constituído por molde, pneu e câmara de vulcanização. No entanto, cabe ressaltar que o fenômeno da transmissão de calor é complexo de modelar devido a variações de espessuras que compõem o pneu (anisotropia Térmica) e ao fato da borracha possuir baixa condutibilidade térmica, sofrendo variações de temperatura na parte interna durante a cura. Já o molde ou cúpula, por ser constituído por aço e alumínio em sua estrutura, auxilia na vulcanização por não perder temperatura externa por ser 240 vezes melhor condutor de calor que a borracha.

Pinheiro (2001) ressaltava ainda que a câmara de vulcanização (bexiga, bladder ou CV) constituída de borracha, sofre a vapor sobpressão saindo de uma geometria não tensionada para uma segunda geometria, onde a CV ganha diâmetro externo e simultaneamente diminui suas espessuras. Assim, essas variações dependem de cálculo para determinar espessuras

corretas para CV e um mau dimensionamento desta espessura e dimensão pode representar perdas de temperatura interna no pneu em um processo de vulcanização (PINHEIRO, 2010). De fato, o fenômeno relacionado a transmissão de calor e o fato do sistema ser térmico com uma válvula liga-desliga são fatores favoráveis a perda de temperatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

O campo de estudo é o setor de vulcanização da planta de pneus de moto em uma fábrica do segmento de borrachas localizada na cidade de Feira de Santana BA, que além de fornecer recapagem ou reforma também produz pneus de motocicleta convencional. A capacidade desta planta de pneus é para uma produção de 5.000 pneus/dia nos modelos Street, Trail, Cross e Tubeless (unicamente sem câmara).

Os tempos de vulcanização dependem da dimensão, da estrutura, das características dos compostos utilizados, dos tipos de prensas e fluidos de aquecimento. (CAETANO, 2014) Os modelos Street possuem os tempos de 9 minutos e 45 segundos, os modelos Trail 14 minutos e 45 segundos, as medidas Tubeless e Cross possuem tempos de 15 minutos e 45 segundos.

A figura 03 representa como o sistema de vulcanização funciona através da válvula liga-desliga de vapor.

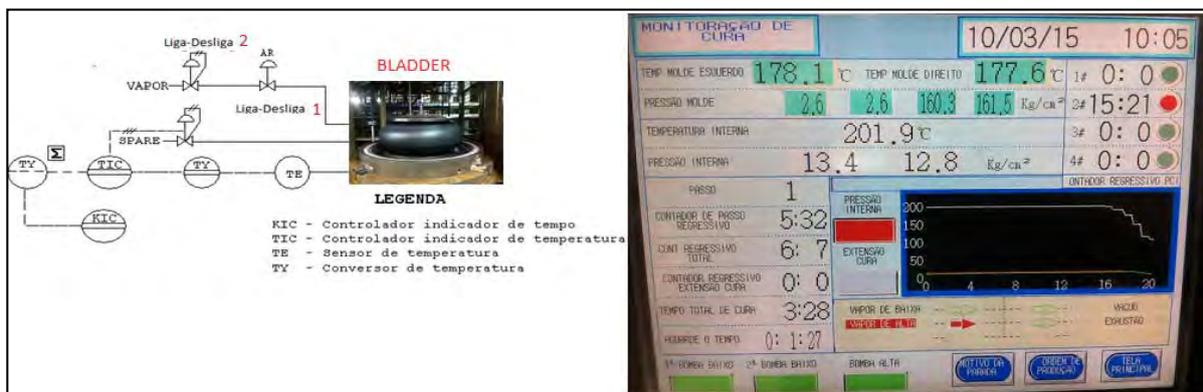


Figura 03: (a) Diagrama esquemático da câmara de vulcanização de pneus de motocicletas e (b) IHM que apresenta os parâmetros de controle durante a vulcanização.

A esquerda da Figura 03 (a) apresenta um diagrama esquemático do processo onde está localizado a válvula liga-desliga (1) de ar comprimido e a válvula liga-desliga (2) de vapor, a foto mostra uma cavidade apenas do bladder localizado sobre a parte inferior do molde.

A direita da Figura 03 (b) apresenta os parâmetros de temperatura do molde esquerdo e direito, pressão do molde, temperatura interna, pressão interna, ambos no bladder, seguidos pela sequência dos passos e contagem de cura juntamente com um gráfico indicado.

A válvula (1) liga-desliga de ar comprimido tem a finalidade obter duas conformações que irão ter a função de enformar o pneu-verde, sendo a 1ª conformação a uma pressão de 0,5 bar ocorrendo na 1ª pausa durante o fechamento da prensa e a segunda conformação de 1.0 bar na 2ª pausa com a prensa totalmente fechada, após isso, a válvula (2) liga-desliga de vapor irá abrir para obter pressão e temperatura, sendo 14 bar e 200°C, dentro do bladder. A

temperatura e pressão no interior do bladder inicia em torno de 100 °C e 0 bar até atingir a forma especificada durante o tempo de cura e a temperatura externa do molde encontra-se com 178 °C conforme especificação desta planta.

Na tubulação de saída do bladder encontra-se também um transmissor de temperatura (PT-100 -15° C a 230° C) e uma válvula proporcional “spare”, cujo o controle de funcionamento para manter a temperatura no interno do bladder acontece da seguinte forma.

O vapor entra no bladder, durante os 2 minutos iniciais da contagem do tempo de cura, a válvula “spare” permanece normalmente fechada de 0 a 8 segundos iniciais fazendo a temperatura interna subir. Após isso, a válvula “spare” fica normalmente aberta de 9 a 20 segundos retirando resíduos, condensado e ar de dentro do bladder, depois mantem-se fechada de 21 a 120 segundos contínuos da contagem do tempo de cura, onde somente irá abrir se caso a temperatura no interno do bladder for menor que o setpoint estipulado de 185°C.

A figura 04 nos fornece a resposta da temperatura interna ocorrendo durante os 20 primeiros segundos do ciclo de vulcanização.



Figura 04: Temperatura Interna da Prensa Vulcanizadora

Para validar este processo a análise constitui em substituir a válvula (2) liga-desliga de vapor por um controle PID para deixar a temperatura mais estável dentro do bladder para minimizar a condensação de vapor e evitar perda de temperatura. A modelagem matemática utilizada segue as regras do Primeiro Método de Ziegler e Nichols para sistema de primeira ordem já que se trata de um sistema térmico. A figura 05 nos mostra a mesma temperatura interna encontrada na figura 4 (IHM) porém já plotada em Matlab para serem encontrados os valores conforme PMZN.

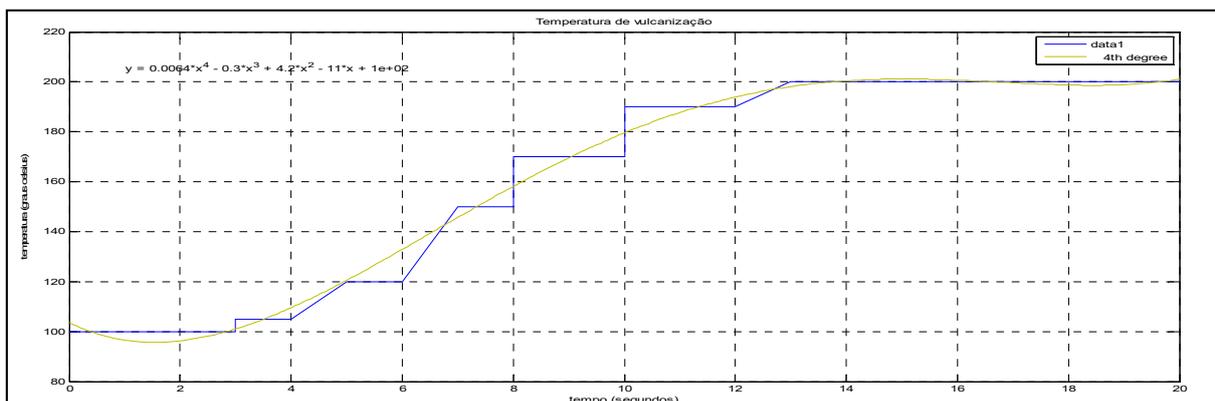


Figura 05: Gráfico Temperatura Interna retirado IHM e plotado em Matlab

Desta forma, as curvas de resposta característica de sistemas térmicos são tipicamente de primeira ordem, não apresentando sobresinal.

O método utilizado para sintonia do controlador PID emprega resposta do processo em malha aberta a uma entrada degrau, obtendo determinada curva de resposta e nela uma reta tangente pelo ponto de inflexão da curva conforme figura 06, chegando através de métodos gráficos aos valores do atraso de tempo “L” e a constante de tempo “T” e o ganho “K”. De posse disto, pode-se usar a Tabela 1 de acordo com os parâmetros de Ziegler-Nichols para o cálculo do Controlador PID. (SILVA, 2012)

Tabela 1: Cálculo dos parâmetros do controlador PID.

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

MODELAGEM DO SISTEMA

Através da figura 06 podemos identificar os valores, L, T e K e obter a função transferência da planta.

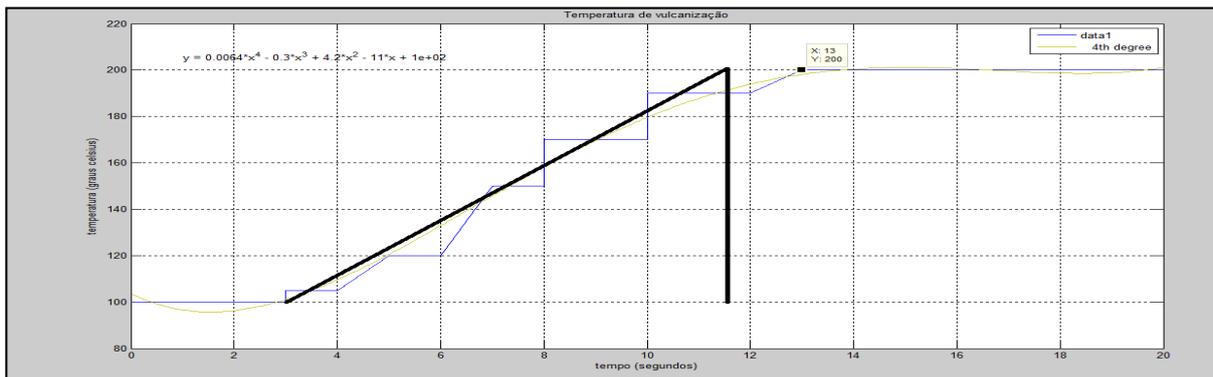


Figura 06: PMZN aplicado ao gráfico de resposta do sistema a um degrau de 200 graus celsius de temperatura.

Pela Figura 06 têm-se que: Os eixos “x” e “y” estão os valores $x = 13$ e $y = 200$

Ganho estático $K = 200/9.8 = 20.4$;

$L =$ Tempo de atraso = 3.2 seg.;

$T =$ Constante de tempo = $13 - 3.2 = 9.8$ seg.

Função de transferência da planta = $20.4 * e^{-3.2s} / (9.8s + 1)$;

Aplicando um degrau de 200 graus celsius têm-se:

A Figura 07 apresenta a resposta transitória do sistema quando submetido a uma entrada em degrau, o erro é apresentado e por se tratar de um sistema de primeira ordem do tipo 0.

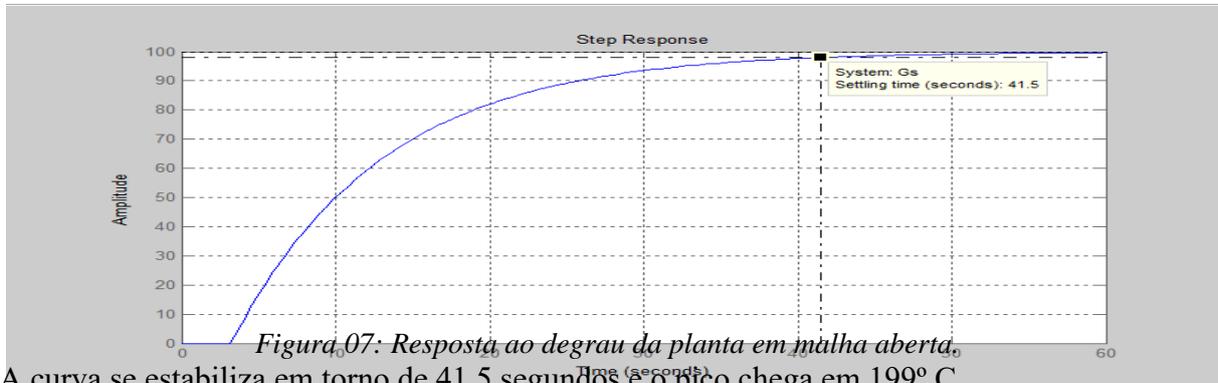


Figura 07: Resposta ao degrau da planta em malha aberta.

A curva se estabiliza em torno de 41,5 segundos e o pico chega em 199° C.

Cálculo ERRO e(ss):

$$K = \lim_{S \rightarrow 0} G(s) = \frac{20,4 * e^{-3,2 S}}{9,8 s + 1} \quad (c) e(ss) = \frac{1}{K+1} = \frac{1}{20,4 + 1} = \frac{1}{21,4} = 0,05$$

$$K = \lim_{S \rightarrow 0} G(s) = \frac{20,4 * e^{-3,2 (0)}}{9,8 (0) + 1} = 20,4 \quad (d) e(ss) = 5\%$$

A função transferência da planta não possui integrador no seu denominador caracterizando um sistema de 1º ordem do tipo 0, sendo assim e aplicando uma entrada degrau esse sistema sempre irá existir erro ocasionando perda de temperatura.

No caso da função transferência da planta, a vulcanização do pneu que se inicia em 200 ° C ocorre uma perda de 5% deixando a resposta da temperatura em torno de 190 ° C sendo mais um fator que determina perda de temperatura além dos citados no último parágrafo do capítulo da revisão bibliográfica.

5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Substituindo os valores de *L* e *T* na Tabela 2 proposta pelo PMZN, chega-se aos valores melhorados dos parâmetros *Kp*, *Ti* e *Td* para cada tipo de controlador (SILVA, 2012).

Tabela 2 – Valores Calculados para cada tipo de controlador pelo PMZN

Controlador	Kp	Ti	Td
PID	3,68	6,40	1,60

Diante destes dados serão simulados em MATLAB as respostas para confirmação de como se comportará a dinâmica do processo com a nova implementação da melhoria.

$$\text{Formula: PID}(s) = K * \frac{(1 + 1 + Td s)}{Ti s}$$

$$\text{Equação 1: PID} = 3,68 * \frac{(1 + 1 + 1,60 s)}{6,40s} \quad (1)$$

As Figuras 08 e 09 apresentam os parâmetros das funções do bloco PID de controle e o diagrama em blocos. Fonte MATLAB

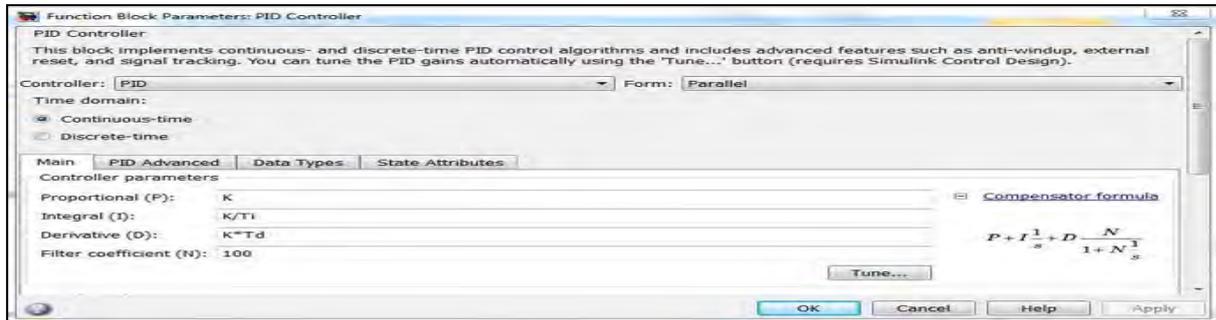


Figura 08: Bloco PID definindo os parâmetros

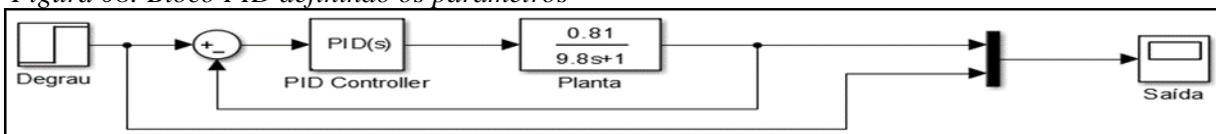


Figura 09: Diagrama de blocos da representação Simulink Matlab

A Figura 10, mostra através do scope pelo Simulink MATLAB que o controlador PID atinge a temperatura desejada e um tempo de estabilização sem muito excessos, ou seja, a resposta se estabiliza em 11 segundos obtendo um ganho de quase 30% no tempo de resposta comparada a resposta da planta que antes estava em torno de 41,5 segundos.

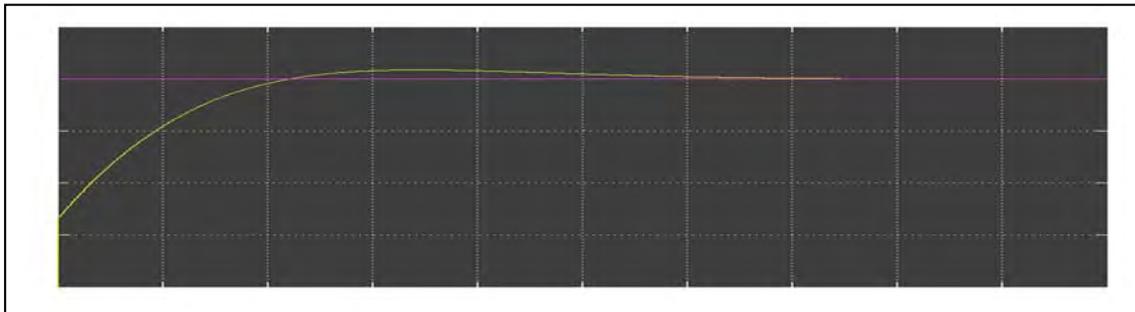


Figura 10: Resposta ao PID aplicado a planta malha fechada. Simulink MATLAB

Além de apresentar um ótimo resultado como mencionado esse maior controle da temperatura no interno do bladder pode ser beneficiado em ganhos de produtividade reduzindo o tempo de cura. (CAETANO, 2014) mostra, que a representação de $\log K$ em função de $1/T$ é uma linha reta, cujo declive corresponde à energia de activação E_a . Isso possibilitará ser calculada a energia de ativação para todos os compostos utilizados na fabricação do pneu. Observa-se também que os compostos utilizados durante os ensaios realizados apresentavam energias de ativação compreendidos entre 18,64 e 20,71 kcal.mole⁻¹.

Na literatura ou em cálculos demonstrados pela equação de Arrhenius, foram encontrados valores de 20 kcal/mol e de 24 kcal/mole (para uma série de compostos para pneus). Seu conjunto, o valor médio dos vários compostos aproxima-se de 22 kcal.mole⁻¹ que é o valor que pode ser considerado na construção da figura 11, onde são mostrados, para temperaturas compreendidas entre 100°C e 204,5°C, os fatores que permitem a determinação dos tempos de vulcanização equivalentes ao tempo de vulcanização considerado base, de 1 minuto a 143°C (290°C). Estas referências citadas requer um estudo mais aprofundado sobre o domínio do assunto e será recomendado como trabalhos futuros.

Exemplo: Uma vulcanização de 85 minutos a uma temperatura de 114°C é equivalente a uma vulcanização de $85 \times 0,1361 / 6,6932 = 1,73$ minutos a 175°C. A primeira parte do cálculo (de $85 \times 0,1361$) corresponde à determinação do tempo equivalente à vulcanização a uma temperatura de 143°C; ao dividir pelo fator correspondente a 175°C (6,6932), obtemos o tempo de vulcanização correspondente a esta temperatura. (CAETANO, 2014)

A figura 11 apresenta tempos equivalentes e alguns exemplos que a determinação de tempos de vulcanização é possível. (CAETANO, 2014)

°C	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
100	0,0465	0,0484	0,0503	0,0524	0,0545	0,0567	0,0589	0,0613	0,0637	0,0662
105	0,0689	0,0716	0,0744	0,0773	0,0803	0,0835	0,0867	0,0901	0,0936	0,0972
110	0,1009	0,1048	0,1088	0,1130	0,1173	0,1218	0,1264	0,1311	0,1361	0,1412
115	0,1465	0,1520	0,1577	0,1635	0,1696	0,1759	0,1824	0,1891	0,1960	0,2032
120	0,2106	0,2183	0,2262	0,2344	0,2429	0,2517	0,2607	0,2701	0,2798	0,2898
125	0,3001	0,3107	0,3217	0,3331	0,3449	0,3570	0,3695	0,3824	0,3958	0,4096
130	0,4238	0,4384	0,4536	0,4692	0,4854	0,5020	0,5192	0,5369	0,5551	0,574
135	0,5934	0,6135	0,6341	0,6554	0,6774	0,7001	0,7234	0,7475	0,7723	0,7979
140	0,8242	0,8514	0,8793	0,9082	0,9379	0,9685	1,0000	1,0325	1,0659	1,1003
145	1,1358	1,1723	1,2099	1,2486	1,2885	1,3295	1,3718	1,4152	1,4600	1,5060
150	1,5534	1,6021	1,6523	1,7039	1,7570	1,8116	1,8678	1,9256	1,9850	2,0462
155	2,1090	2,1737	2,2401	2,3084	2,3787	2,4509	2,5251	2,6014	2,6798	2,7604
160	2,8432	2,9283	3,0158	3,1056	3,1979	3,2928	3,3902	3,4903	3,5930	3,6986
165	3,8070	3,9183	4,0327	4,1500	4,2706	4,3943	4,5213	4,6517	4,7856	4,9230
170	5,0640	5,2087	5,3572	5,5096	5,6660	5,8264	5,9911	6,1599	6,3332	6,5109
175	6,6932	6,8802	7,0719	7,2686	7,4703	7,6771	7,8892	8,1066	8,3295	8,5580
180	8,7923	9,0325	9,2786	9,5309	9,7895	10,0545	10,3261	10,6044	10,8896	11,1818
185	11,4811	11,7878	12,1020	12,4239	12,7536	13,0913	13,4372	13,7914	14,1542	14,5257
190	14,9061	15,2956	15,6945	16,1028	16,5209	16,9488	17,3869	17,8354	18,2944	18,7643
195	19,2451	19,7372	20,2408	20,7561	21,2834	21,8230	22,3750	22,9398	23,5176	24,1087
200	24,7133	25,3318	25,9644	26,6114	27,2731	27,9498	28,6419	29,3496	30,0732	30,8131

Figura 11: Fatores para determinação de tempos equivalentes de vulcanização

CONCLUSÃO

Nota-se que o sistema apresenta um erro de 5% entre a resposta transitória do sistema quando submetido a uma entrada em degrau mostrando o sistema estabilizando no tempo de 41,5 segundos.

A substituição da válvula de controle on-off pela de controle PID mostrou-se satisfatória, pois o erro em regime permanente foi reduzido consideravelmente a zero e a resposta do sistema apresentou-se mais rápida e estável em torno de 11 segundos.

Com o controle da válvula de vapor a variável do processo fica mais estável e acurada na parte interna da câmara de vulcanização mantendo a temperatura interna entre 195° a 200 °C durante todo o ciclo de vulcanização.

A Tabela 3 é uma planilha de simulação elaborada em Excel que através dos dados de tempo de cura e temperatura atual em graus Celsius obtidos podemos encontrar o tempo de cura e temperatura estimado para ocorrer a equivalência, porém testes com termopares também deverão ser realizados para obter comprovação mais precisa.

Tabela 3: Cálculo equivalente X Tempo de Cura

Cálculo equivalente versus tempo de cura						
TEMP.°F	Equação Arrhenius		Tempo de Cura Minutes		Transformar de °C para ° F	
383	1,74	43,9	Estimado	7,73	195	383
374	1,51	43,9	Atual	9,75	190	374

Conforme a demonstração feita na tabela 3 e a análise e avaliação de substituir uma válvula (liga-desliga) por uma de controle PID, possibilita um ganho de produtividade da planta já que o tempo de cura estabelecido anteriormente de 09 minutos e 45 segundos na linha street a uma temperatura de 190 °C pode ser reduzido para 07 minutos e 44 segundos com uma temperatura encontrada de 195°C/200°C. Isso representa 20 % de redução do tempo e consequentemente um melhor desempenho energético minimizando perdas e desperdício de vapor ao aquecimento interno da câmara de vulcanização e aumentando a produção da linha street.

Vale salientar que com a nova resposta do sistema e para obter o tempo de cura menor o composto de borracha deve ser trabalhado para responder a esse novo processo sem ocorrer problemas na sua reação antes, durante e depois a vulcanização. Esse e outros complementos serão abordados em uma nova oportunidade de estudo futuros

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão de atividade futura é descobrir mais sobre o processo de vulcanização de pneus, métodos de termopar e equação de Arrhenius, para entender melhor sobre tempos de vulcanização equivalentes para o levantamento mais preciso do modelo de primeira ordem da planta, o que fornecerá uma melhor sintonia do controlador PID.

7. AGRADECIMENTOS

A empresa Borrachas Vipal, por acreditar que o conhecimento científico aplicado dentro da indústria pode trazer resultados significativos para toda a sociedade e aos professores do curso pós-graduação especialização Automação, Controle e Robótica pelas orientações em relação a este trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAETANO, M. J. *Vulcanização de Pneus*. Fonte: Ciência e Tecnologia da borracha: <http://www.ctborracha.com> Acesso de Abril a Julho (2014).
- [2] PINHEIRO, E. G. Modelos Numéricos Aplicados a Vulcanização de Pneus. *Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, (2010). p. 125.
- [3] RODRIGUES, E. B. (S/Data de S/Data de 2010). Estudo da estabilidade das propriedades mecânicas e químicas de compostos de borracha vulcanizados com enxofre após envelhecimento térmico e oxidativo. *Dissertação (Mestrado)*, p. 68.
- [4] SANTOS, S. S., & AGOSTINHO, T. C. A Reciclagem de Pneus Inservíveis. *Trabalho de Curso (Graduação em Gestão Empresarial) – Curso de Administração, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha, (S/Data de S/Data de 2010)*. p. 70.

[5] SILVA, C. E. Sintonia de um Controlador PID no Aquecimento de uma Câmara Térmica. *REVISTA CIÊNCIAS EXATAS*, (2012). P. 50-58.

[6] IN-SU HAN, C.-B. C.-G.-J.-J.-C. (1999). Optimal Cure Steps for Product Quality in a Tire Curing Process. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 74, 2063–2071 (1999), 74.

[7] MICHELIN BRASIL – Disponível em: <<http://www.michelin.com.br/>>. Acesso em: 14 Abril 2015.

[8] RIBEIRO, C.M.C. - Gerenciamento de Pneus Inservíveis: Coleta e Destinação Final – Centro Universitário SENAC – São Paulo, 2005.

UM ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS PARA MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS: BPM

Jander S. de Cerqueira¹, Leandro B. Santos²

¹Instituição/Empresa: UNIME, E-mail: jander.cerqueira@gmail.com;

²Instituição/Empresa: SENAI CIMATEC, E-mail: lsbritto@gmail.com;

RESUMO

O artigo a seguir propõe a comparação de alguns aspectos que são importantes ao escolher qual ferramenta BPM (Business Process Management) será utilizada dentro de uma organização, priorizando a etapa de modelagem de processos. Devido ao alto custo para implantar ferramentas BPM, alternativas surgem nas versões gratuitas afim de reduzir custos dentro das empresas. As ferramentas escolhidas para o estudo foram as mais citadas nas pesquisas iniciais. Serão comparadas duas ferramentas open source (código aberto) o BonitaSoft e Intalio, bem como uma ferramenta freeware (gratuita) o Bizagi. Além dos custos financeiros outras necessidades devem ser analisadas como: interface em Português, validação de modelos, interface intuitiva, formatos de importação e exportação, documentação, compatibilidade com SO (Sistemas Operacionais), multiplataforma e suporte ao padrão BPMN (Business Process Modeling Notation). Para uma melhor análise será utilizado um protótipo de um modelo de processos para ser utilizado nas ferramentas.

Palavras-Chaves: BPM; ferramentas; BPMN; open-source;

ABSTRACT

The following article proposes the comparison of some aspects that are important when choosing which tool BPM (Business Process Management) will be used within an organization, prioritizing the step of process modeling. Due to the high cost for deploying BPM tools, free versions appear alternatives in order to reduce costs within the company. The tools chosen for the study were the most cited in the initial research. Will be compared two open source tools (open source) the BonitaSoft and Intalio, as well as a freeware tool (free) the Bizagi. Beyond the financial costs other needs should be analysed as: Portuguese interface, validation of models, intuitive interface, import and export formats, documentation, compatibility with OS (operating systems), and cross-platform support to standard BPMN (Business Process Modeling Notation). For a better analysis will be used a prototype of a process model to be used in tools.

Keywords: BPM; tools; BPMN; open-source;

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade entre as empresas, as inovações voltadas para os processos estão ganhando espaço dentro das organizações. O BPM está cada vez mais presente, já que consegue ter uma visão ampla das etapas dos processos. A ABPMP (*Association of Business Process Management Professionals*) (2009) define o BPM como uma abordagem disciplinar para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócio, automatizados ou não, para alcançar resultados consistentes e alinhados com os objetivos estratégicos da organização.

Ao imaginar BPM, não podemos ficar restritos apenas a diagramas, procedimentos, custos e lucros. Tudo isso está incluído, no entanto devemos pensar principalmente como uma transformação de mentalidade, e que essa mudança, que nasce com os profissionais, expande-se entre as organizações e difunde seus resultados por toda a sociedade (CAPOTE, 2012).

Para que o BPM funcione de forma perfeita e prática dentro da organização, é essencial um BPMS (*Business Process Management System*), Amaral e Sastre (2008) dão a seguinte definição: BPMS são ferramentas (*softwares*) que derivam da evolução de outras tecnologias tais como *Workflow*, EAI e *WebServices*, oferecendo aos usuários a execução, monitoramento e administração de processos e permitindo interação entre as pessoas, áreas e sistemas da organização.

Como o foco desse trabalho é a modelagem de processos de negócios, é importante que a escolha do BPMS tenha suporte a versão mais recente da BPMN. Como temos a UML (*Unified Modeling Language*) como uma notação padrão para modelagem orientada a objetos, o BPMN é uma notação padrão que representa processos de negócios por meio de diagramas de processos de negócio. Essa notação foi criada pela BPMI (*Business Process Management Initiative*) e atualmente é mantida pela OMG (*Object Management Group*). A versão atual do BPMN é a 2.0.1, liberada em março de 2011 (ARANTES, 2014).

2. METODOLOGIA E ESCOLHA DE FERRAMENTAS BPM

Foi realizado um estudo bibliográfico sobre modelagem de processos de negócios, após esse estudo foram analisados os trabalhos de (Zuchetto e Nicolao, 2007) e (Marques e Silva, 2012), onde ambos os trabalhos realizam análise comparativas entre BPMS, porém, utilizando ferramentas privadas e gratuitas, além disso os trabalhos analisados não focaram apenas na etapa de modelagem de processo e sim em todas as etapas do ciclo BPM.

Devido ao alto custo para implantar ferramentas BPM pagas, alternativas surgem nas versões gratuitas possibilitando as empresas, mesmo que de pequeno porte, utilizá-las. A proposta do nosso artigo foi aproveitar os critérios de avaliações utilizados nos artigos de referência, mas, apenas os que avaliavam a etapa de modelagem de processos, e o protótipo utilizado por eles aplicando apenas em ferramentas gratuitas.

Outro fator relevante nos resultados dos trabalhos citados acima, foi a capacidade dos BPMS gratuitos em atender todos requisitos necessários na análise. Como exemplo podemos citar a pesquisa de Zuchetto e Nicolao, o Intalio que foi comparado com a ferramenta da Oracle, não

atendeu as necessidades na etapa de monitoração de processos, o que acabou impactando no resultado final. Com base nesse exemplo citado, o objetivo da nossa pesquisa também é de afirma que ferramentas gratuitas oferecem recursos a nível de produção tão adequada quanto as pagas.

As ferramentas escolhidas para o estudo foram as mais citadas nas pesquisas iniciais, sendo que, duas ferramentas são *open-source*: o Bonitasoft e o Intalio; e um outro BPMS bastante utilizado no mercado, o Bizagi, que disponibiliza sua versão de modelagem de processos de negócios gratuitamente. A seguir é feita uma breve apresentação de cada ferramenta.

2.1 Bizagi

O Bizagi Process Modeler, é uma ferramenta própria para realizar a construção de fluxogramas, mapas e diagramas em geral. Ela também possibilita com que os usuários, organizem graficamente diversos processos e as relações existentes em cada fase do negócio. Possui uma estruturação capaz de visualizar os processos bem como um todo, isto possibilita melhor identificação de possíveis problemas juntamente realizando um apontamento da solução para o respectivo processo. A plataforma de automatização Bizagi, quando bem utilizada pode realizar várias melhorias quanto ao aprimoramento da performance dos processos de negócio, juntamente diminuindo o tempo de novas ideias e conceitos empresariais para promover um avanço contínuo e significativo para a organização (JUNIOR, 2011).

O Bizagi é dividido em três componentes que são: Modeler, Studio e Enginer, existe também a versão Suite que são os três anteriores integrados em um único componente. Não é uma ferramenta *open-source*, porem o Modeler e o Studio são disponibilizados de forma gratuita (*freeware*). Foi utilizada para modelagem dos processos a versão 2.8.0.8 (BIZAGI, 2014).

2.2 Bonitasoft

O Bonita Open Solution é uma suíte de BPM *open-source*, desenvolvida inicialmente pelo governo francês e hoje mantida pela BonitaSoft S.A. Ela é dividida em três componentes: o Bonita Studio, para modelagem gráfica de processos usando BPMN, baseada no Eclipse; o Bonita BPM Engine, uma API Java para interagir com os processos baseada no Hibernate; e o Bonita User Experience, uma interface *web* para o usuário final interagir com os processos nas tarefas em que estiver envolvido, baseada no GWT (Google Web Toolkit) (BONITASOFT, 2014).

A versão utilizada para a pesquisa foi a 6.3.7. O Bonita Studio é utilizado para fazer a modelagem do processo, ele também acompanha mais de 100 conectores nativos para bancos de dados, e-mails, ERP, CRM, ECM, entre outros. Sendo possível adicionar novos com o criador de conectores do Bonita Studio. Utiliza a licença GNU General Public License v2. (BONITASOFT, 2014).

2.3 Intalio

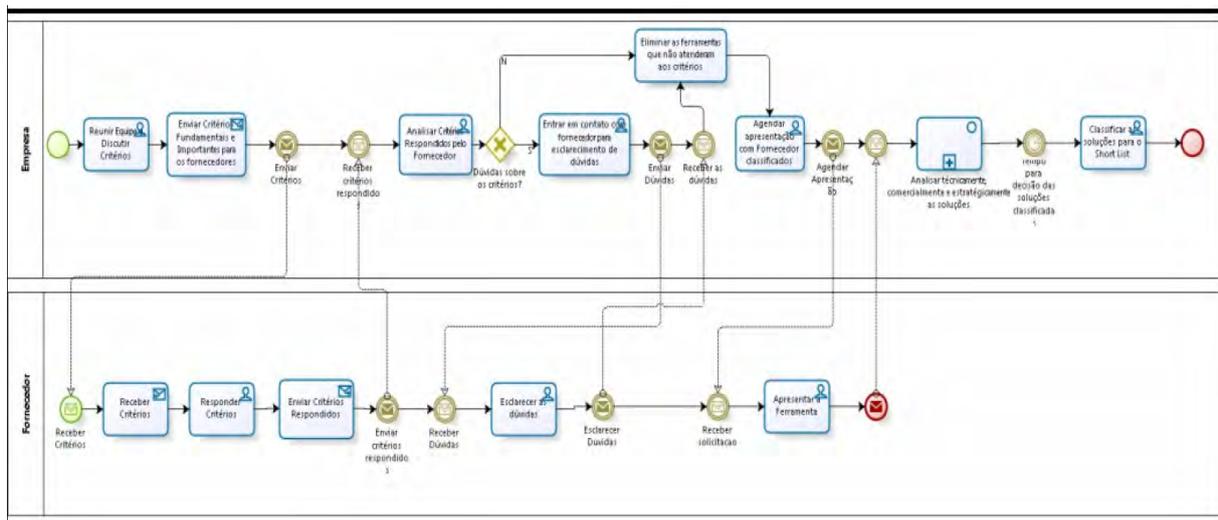
O Intalio BPMS, também é uma ferramenta *open-source*, mas com uma limitação na versão *Community*, a qual só libera acesso a 80% do código fonte do software, no entanto a versão *Enterprise* tem acesso 100% liberado. É dividido em sete componentes que são: Designer, Server, BAM (Business Activity Monitoring), BRE (Business Rules Engine), Records, EBS e Sharepoint Connector. Sendo o componente Designer responsável pela modelagem através da IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse. Na pesquisa foi utilizada a versão 7.0 (INTALIO, 2014).

A ferramenta Intalio foi reescrita para suportar as novas especificações da notação BPMN. Nesta ferramenta, existem funções para importar e exportar projetos. Em sua versão mais recente, fornece algumas melhorias significativas que apoiam tanto a área de Negócio quanto a área de TI (*Information technology*) (JUNIOR, 2011).

3. CRIAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo a seguir ilustrado na figura 1 foi utilizado para avaliar as ferramentas a partir da pesquisa de Marques e Silva (2012), onde eles analisaram ferramentas para empresas de médio porte e não restringiram o uso apenas de ferramentas gratuitas. A escolha do modelo de processos desses autores, foi devido a nitidez da ilustração e o detalhamento das etapas do processo, requisitos que não foram encontrados nos outros trabalhos.

O processo consiste em etapas de aquisição de uma ferramenta BPM, onde inicialmente a empresa realiza uma reunião para definir as informações necessárias no critério de escolha, após isso é enviado um *e-mail* para o fornecedor. Este recebe os critérios e envia a resposta para a empresa, com a resposta do fornecedor, a empresa verifica se ainda existe alguma dúvida, caso haja, envia novamente um *e-mail*, se não houver, segue para a atividade em que se elimina as ferramentas que não atendem os critérios, após isso é feito o agendamento para apresentação da ferramenta, o fornecedor então realiza a apresentação. A próxima atividade da empresa é reunir com os outros setores para então definir a *short list*. (MARQUES E SILVA, 2012).



Figural: Processo Aquisição de Ferramenta BPM (MARQUES e SILVA,2012).

4. AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Para avaliar as ferramentas foram utilizados os critérios de avaliação de acordo com o foco principal dessa pesquisa, que nesse caso é a etapa de modelagem de processos, com isso foram selecionados alguns critérios dos autores: Zuchetto e Nicolao (2007), Marques e Silva (2012), e de Junior (2011), cujo o objetivo se adaptava com a nossa meta, os critérios definidos foram: *interface* em Português - BR, validação de modelos de processos, *interface* intuitiva, formatos de importação e exportação de arquivos, documentação oficial, compatibilidade com os principais SO (Linux, Mac OS (Macintosh Operating System) e Windows), multiplataforma (desktop, mobile e web) e suporte ao padrão BPMN (Business Process Modeling Notation).

4.1. Instalação das Ferramentas

O Bonitasoft tem um site totalmente em português e simples para realizar o *download*, o Intalio tem um site brasileiro (<http://www.intaliobrasil.com.br/>) porém o *link* não funciona sendo necessário utilizar o site oficial que é em inglês, em ambos é necessário o cadastro na comunidade para utilizar a ferramenta. O Bizagi tem o site em inglês e espanhol, para realizar o *download* do componente Modeler, e não é necessário realizar cadastro.

As três ferramentas possuem as versões para Windows, a única ferramenta que fica limitada apenas para uso em Windows é a Bizagi, as demais são compatíveis com Linux e Mac OS.

O processo de instalação das três ferramentas é simples já que a interface é totalmente em português, sem nenhuma complexidade para realiza-la. Após instalado o Bizagi precisa ser configurado manualmente para o idioma português, nas outras duas ferramentas isso já é feito de forma automática basta escolher o idioma na etapa de instalação.

4.2. Utilização

Antes de começar a utilizar a ferramenta é necessário estudá-la ou receber algum tipo de treinamento, das três ferramentas a Bonitasoft tem como destaque o apoio a essa etapa, pois assim que é realizado o cadastro na comunidade e o *download* da ferramenta, é enviado um e-mail com agradecimento pela escolha e *links* para tutoriais e vídeos. As outras duas ferramentas possuem em seus *sites* oficiais páginas para treinamento online e material de apoio tudo de forma gratuita. As três possuem treinamento e suporte feitos de forma privada onde o valor pode ser diferenciado de acordo com o nível de uso ou o método de aprendizagem (aula presencial, treinamento *online*, certificação, etc.).

As *interfaces* do Bonitasoft e do Bizagi são ótimas, bem simplificadas e com ícones dos principais recursos bem visíveis, possibilitando uma pessoa que nunca teve acesso às ferramentas a criar uma modelagem de um processo simples de maneira rápida. O Intalio, que utiliza a IDE do Eclipse, não tem a *interface* simplificada, sendo necessário uma orientação para criar nem que seja um simples processo.

Para criar o protótipo nas ferramentas não houve muitas dificuldades já que era um modelo bem simplificado, porém no Intalio, por haver uma quantidade maior de objetos na paleta, em alguns momentos dificultava a busca do objeto adequado. Outra função que não tem no Intalio é a de sugestão de próximo evento, sendo necessário sempre ir na paleta e arrastar um novo evento, nas outras ferramentas existe esse recurso que facilita a criação do modelo.

A validação do modelo foi utilizada no Bonitasoft e no Bizagi, como o modelo é pequeno as validações foram feitas de forma rápida. Na versão Designer do Intalio não tem opção de validação de modelo.

Os testes foram realizados em um computador com o processador Intel Core I3 M 350, com frequência de 2.27 Ghz e memória RAM de 6 GB (Gigabyte), em nenhum momento houve algum tipo de problema com o desempenho do computador.

4.3. Exportação e Importação de Arquivos

Todas as ferramentas dão suporte a importação do padrão BPMN 2.0, já na exportação de arquivos o Intalio não tem esse suporte, porém é a ferramenta que mais tem opções de importação e exportação de arquivos e configurações como por exemplo WSDL (Web Services Description Language) e LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

Além do padrão BPMN o Bonitasoft tem suporte para importação de arquivos: XPDL (XML Process Definition Language) e jBPM. Para exportação tem os formatos de imagens mais conhecidos (JPG (Jpeg), PNG (Portable Network Graphics), GIF (Graphics Interchange Format), BMP (Bitmap) e SVG (Scalable Vector Graphics)) e PDF (Portable Document Format).

O Bizagi além do BPMN, importa arquivos em: Visio, XPDL e XML. Para exportação além dos citados, os formatos de imagens (JPG, PNG, BMP e SVG), PDF, DOCX, HTML (HyperText Markup Language) e Wiki.

4.4 Criação do Protótipo

Após ter definido que o protótipo que seria utilizado nos testes seria o de Marques e Silva (2012), nas ilustrações a seguir (figura 2, figura 3 e figura 4) temos os resultados obtidos, todos foram exportados diretamente das ferramentas para o formato de imagem JPG.

Podemos notar uma pequena diferença nos formatos dos ícones, apesar do BPMN ser um formato padrão, cada ferramenta tem uma pequena variação no formato e cor dos objetos. O Bizagi foi a única ferramenta que publicou sua logo marca na imagem exportada.

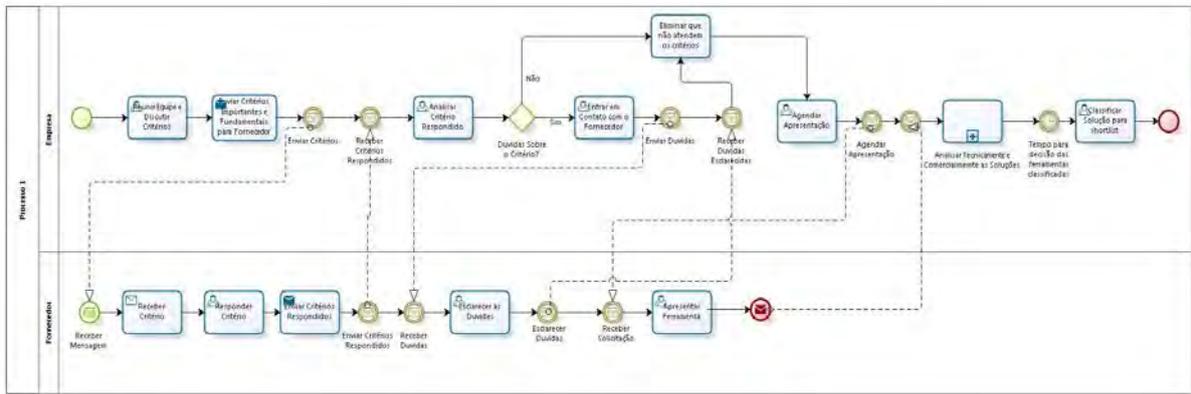


Figura2: Protótipo Modelado no Bizagi

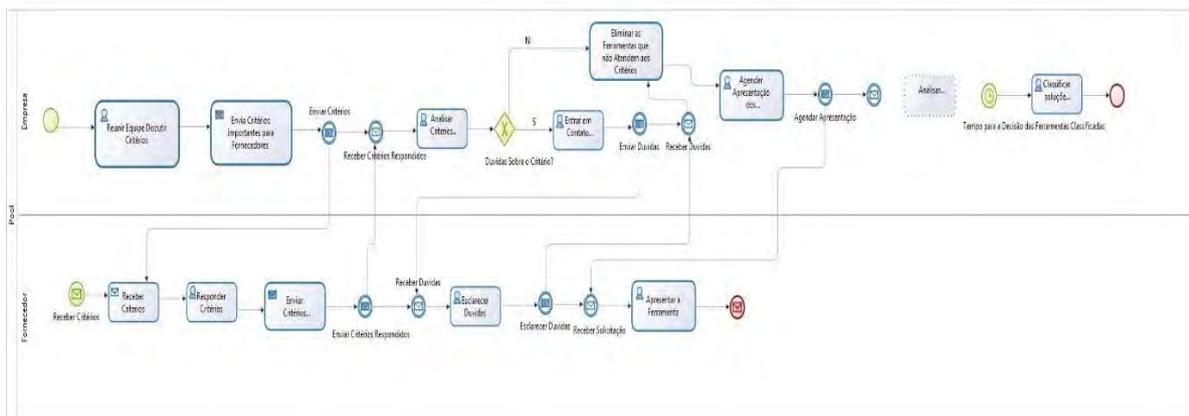


Figura3: Protótipo Modelado no BonitaSoft.

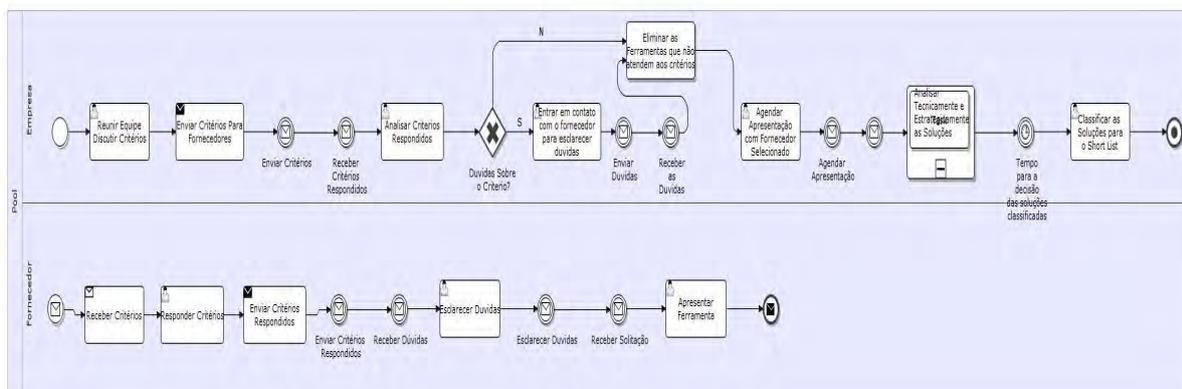


Figura4: Protótipo Modelado no Intalio.

4.5. Quadro Comparativo

Para um melhor entendimento da avaliação foi criado um quadro comparativo apresentado na tabela 1, onde cada ferramenta foi avaliada se possuía ou não os critérios exigidos.

Tabela 1: Quadro Comparativo

AVALIAÇÃO FERRAMENTAS BPM							
Ferramenta	Interface Pt-BR	Validação de Modelo	Interface Intuitiva	Diversos Formatos de Importação e Exportação	Documentação	Compatibilidade SO	Multiplataforma
Bizagi	√	√	√	√	√	X	X
BonitaSoft	√	√	√	√	√	√	X
Intalio	√	X	√	√	√	√	X

5. CONCLUSÃO

Com os testes realizados e o quadro comparativo preenchido, o Bonitasoft obteve os melhores resultados, atendendo a maioria dos critérios de avaliações. Mesmo com poucas opções de formatos de exportações, suas outras vantagens acabam compensando como a facilidade de acesso à documentação.

O Bizagi tem uma boa usabilidade, permitindo a utilização do componente Modeler sem nenhum tipo de estudo aprofundado. O destaque do Bizagi é a exportação para DOCX e HTML.

Apesar de não ter uma boa usabilidade como as outras ferramentas citadas, o Intalio é uma boa ferramenta para usuários avançados, permitindo comunicação direta com Webservices através do padrão WSDL, entre as ferramentas citadas, esta foi a que teve mais opções de importação e exportação de arquivos.

O ponto negativo das três ferramentas é que o componente para modelagem de processos é limitado apenas para o uso desktop, sabendo que no atual cenário, dispositivos moveis (*Smartphone e Tablet*) estão ganhando cada vez mais espaço no mercado.

Essa pesquisa foi só um pequeno comparativo entre essas três ferramentas gratuitas, sabendo que hoje existem diversos BPMS privados no mercado, porém de custo elevado. O mais importante é saber que o que define a escolha da organização é a sua necessidade real e se a ferramenta vai atender à todas elas. E independente da ferramenta a gerência de processos tem que ocorrer buscando monitorar com detalhes cada etapa e realizar melhorias.

6. REFERÊNCIAS

[1] ABPMP (*Association of Business Process Management Professionals*). **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócios Corpo Comum de Conhecimento (BPM CBOK)**. 2009 - Versão 2.0.

[2] CAPOTE, G. **BPM Para Todos: Uma Visão Geral Abrangente, Objetiva e Esclarecedora sobre Gerenciamento de Processos de Negócio** 1. ed. Rio de Janeiro: Gart Capote, 2012.

[3] AMARAL, F.P; SASTRE, P.T.N; AMARAL, D.M; MONTEIRO, D.W e ABRAHIM, G.S; **O Papel das Ferramentas para Sistematização de Processos de Negócio (BPMS)**. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_076_536_11940.pdf >. Acesso em: 22 de out. de 2014.

[4] ARANTES, R.N. **Introdução ao Business Process Modeling Notation (BPMN)**. Disponível em: < <http://www.devmedia.com.br/introducao-ao-business-process-modeling-notation-bpmn/29892> >. Acesso em: 21 de out. de 2014.

[5] ZUCHETTO, R.K e NICOLAO, M. **Comparando Ferramentas de Business Process Management: Uma Avaliação Prática**. Disponível em: < <http://guaiba.ulbra.br/seminario/eventos/2007/artigos/sistemas/234.pdf> >. Acesso em: 22 de out. de 2014.

[6] MARQUES, A.C e SILVA, C.L.S. **Análise Comparativa entre Ferramentas de BPMS (Business Process Management Suite) para Organizações de Médio Porte**. Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/alexandercorreiamarques/anlise-comparativa-entre-ferramentas->

de-bpms-business-process-management-suite-para-organizaes-de-mdio-porte >. Acesso em 13 de mar. de 2015.

[7] JUNIOR, M.A.F. **Análise Comparativa entre Ferramentas Bpm Gratuitas**. Disponível em: <http://www.revistauniplac.net/ojs/index.php/tc_si/article/download/894/604>. Acesso em 24 de out. de 2014.

[8] BIZAGI. **Os principais benefícios do Bizagi Modeler**. Disponível em: <<http://www.bizagi.com/en/bpm-suite/bpm-products/modeler>>. Acesso em 23 de out. de 2014.

[9] BONITASOFT. **Bonita BPM, BPM De Código Aberto**. Disponível em: <<http://br.bonitasoft.com/produtos/bonita-bpm-bpm-de-codigo-aberto>>. Acesso em: 23 de out. de 2014.

[10] INTALIO. **Intalio Process Management**. Disponível em: <<http://www.intalio.com/products/bpms/features/>>. Acesso em 23 de out. de 2014.

UM MODELO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE ANOMALIAS DENTÁRIAS EM IMAGENS DE ORTOPANTOMOGRÁFIA

Gil Jader Oliveira da Silva¹, Valter de Senna² e Luciano Rebouças de Oliveira³

¹Doutorando em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, E-mail: gil.jader@gmail.com;

²Professor Adjunto da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: valter.senna@gmail.com;

³Professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia, E-mail: luciano.reboucas@gmail.com.

RESUMO

Na Odontologia, a Ortopantomografia (raio-X panorâmico) é um exame complementar de diagnóstico que possibilita a visualização de todos os dentes em uma única imagem, porém mostrando também detalhes da área nasal e maxilares, apresentando excesso de informação não utilizável que dificulta a avaliação individual dos dentes. O objetivo do trabalho aqui proposto é desenvolver um modelo baseado em Visão Computacional que possibilite dividir o raio-X (panorâmico) em suas unidades significativas (dentes), utilizando métodos de segmentação de imagens. Em seguida, a partir dos resultados obtidos com a segmentação das imagens de ortopantomografia, pretende-se desenvolver uma ferramenta computacional capaz de reconhecer automaticamente anomalias dentárias em imagens de raio-X panorâmico. Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia comumente utilizada em pesquisas da área de Visão Computacional é adotada, realizando análise qualitativa durante as primeiras etapas que são a coleta e anotação de datasets (catalogando as imagens que serão analisadas), pré-processamento (Utilizando técnicas para preparar as imagens para as etapas subsequentes) e extração das características (Algoritmos são utilizados para extração das informações que caracterizam os objetos de interesse). Por fim, será realizada análise quantitativa e experimental durante as etapas de segmentação e classificação das imagens, onde são novamente utilizados algoritmos responsáveis por separar os conjuntos de características extraídas, entre aquelas mais prováveis de pertencerem ao objeto de interesse e aquelas menos prováveis. Finalizando com a análise dos resultados a partir da utilização de gráficos de medição de desempenho. Portanto, o intuito da presente pesquisa é que o modelo proposto (ainda em fase de desenvolvimento) possa auxiliar os profissionais da área Odontológica, contribuindo para análise de possíveis anomalias dentárias e produzindo informações que servirão de base para uma segunda opinião ao diagnóstico médico dentário.

Palavras-Chaves: *Segmentação; Visão Computacional; raio-X panorâmico; Extração de características; Detecção automática de anomalias dentárias.*

ABSTRACT

In dentistry, the Orthopantomography (panoramic X-ray) is a complementary diagnostic test that enables the visualization of all the teeth in a single image, but also showing details of the nasal and jaw area, with excess unusable information it difficult to assess individual teeth. The objective of here proposed work is to develop a model based on Computer Vision that allows split the X-ray (panoramic) on their significant units (teeth) using image segmentation methods. Then, from the results obtained from the segmentation of panoramic radiography for images, it is intended to develop a computational tool capable of automatically recognizing anomalies in dental panoramic X-ray images. To achieve the proposed objective, the methodology commonly used in research of Computer Vision area is adopted, performing qualitative analysis during the early stages are the collection and annotation datasets (cataloging the images to be analyzed), preprocessing (Using techniques to prepare the images for subsequent steps) and feature extraction (Algorithms are used for extraction of information that characterize the objects of interest). Finally, it will be held quantitative and experimental analysis through the steps of segmentation and classification of images, which are again used algorithms responsible for separate sets of extracted features, among those most likely to belong to the object of interest and those less likely. Ending with the analysis of the results from the use of performance measurement charts. Therefore, the aim of this research is that the model (still under development) can assist Dental professionals, contributing to analysis of potential dental anomalies and producing information as a basis for a second opinion to the dental medical diagnosis.

Keywords: *Segmentation; Computer Vision; Panoramic x-ray; Feature extraction; Automatic detection of dental anomalies.*

1. INTRODUÇÃO

Na Odontologia os raios-X estão divididos em duas categorias: **Exames radiográficos intraorais**, são técnicas radiográficas efetuadas com a película posicionada na cavidade bucal (a imagem de raio-X é obtida no interior da boca do paciente) e os **Exames radiográficos extraorais**, são as técnicas nas quais o paciente fica posicionado entre o filme radiográfico e a fonte de raios-X (a imagem de raio-X é obtida no exterior da boca do paciente).

A partir do exame radiológico (raio-X), o odontólogo pode analisar toda a estrutura dentária e constituir (caso necessário) o plano de tratamento do paciente. Dentre os exames radiológicos existentes na Odontologia destaca-se a Ortopantomografia (também conhecido como raio-X panorâmico), que oferece uma vista panorâmica do maxilar superior e inferior, todos os dentes e as articulações entre a mandíbula e o crânio. Entretanto, devido a inexistência de recursos automatizados adequados para auxiliar na análise das imagens de raio-X dentais, a avaliação desses exames ocorre de maneira empírica, isto é, valendo-se apenas da experiência do dentista, tornando a mensuração dos resultados inteiramente sob a percepção visual desse profissional. Se tratando das radiografias panorâmicas, a dificuldade é ainda maior, pelo fato

dessas imagens não serem restritas apenas a uma parte isolada dos dentes como ocorre nas imagens radiográficas intraorais, pois além dos dentes, elas mostram regiões temporomandibulares (articulações entre os maxilares e o crânio) e outros detalhes originados pelos ossos das áreas nasais e da face. Outros detalhes existentes nas radiografias panorâmicas e que dificultam a análise destas imagens são: variações dos dentes de paciente para paciente, artefatos usados para restaurações e próteses, as baixas qualidades das imagens causadas por algumas condições, tais como o ruído, baixo contraste, homogeneidade nas regiões próximas aos objetos de interesse, espaço existente por um dente faltando, e limitação dos métodos de aquisição, o que resulta no desenvolvimento mal sucedido de ferramentas computacionais automatizadas para auxílio ao diagnóstico médico dentário.

Partindo do cenário apresentado anteriormente e falando dos motivos que levaram a presente pesquisa, foram formados os seguintes questionamentos: É possível extrair características de imagens radiográficas (raio-X panorâmico) e dividir a imagem em suas unidades significativas (dentes) para facilitar a sua análise? Como reconhecer de forma automática anomalias dentárias (alterações dos dentes causadas por fatores locais, sistêmicos ou hereditários) em imagens de raio-X panorâmico?

Com essas questões postas, a presente pesquisa tem a hipótese de que por meio da utilização de métodos de segmentação de imagens, pode-se dividir as imagens radiográficas (raio-X panorâmico) em suas unidades significativas (dentes), de modo que, possibilite facilitar a sua análise. O processo de decompor uma imagem nas suas partes constituintes designa-se por segmentação (divisão em segmentos). Em geral, segmentação completamente autônoma é uma das tarefas mais difíceis de serem realizadas na área de Visão Computacional, permanecendo como um ativo campo de pesquisa. Segmentação se refere ao processo de dividir uma imagem digital em múltiplas regiões (conjunto de *pixels*) ou objetos, com o objetivo de simplificar e/ou mudar a representação de uma imagem para facilitar a sua análise e possibilitar reconhecer de forma automática objetos em imagens. Sendo assim, o objetivo do trabalho aqui proposto consiste em utilizar métodos de segmentação para identificar corretamente, em imagens de raio-X panorâmico, cada dente individualmente, ou ainda, próteses, implantes, dentes quebrados ou restaurados, de modo que ocorra a separação destes objetos em relação às outras partes da imagem (detalhes da área nasal e maxilares), separando os dentes dos não dentes. Em seguida, de posse dos resultados obtidos com a segmentação, desenvolver uma ferramenta computacional para reconhecer de forma automática anomalias dentárias em imagens de ortopantomografia.

Seguindo o contexto apresentado no parágrafo anterior, os objetivos específicos do trabalho aqui proposto são:

- Reconhecer de forma automática cada dente individualmente em imagens de raio-X (panorâmico), utilizando métodos de segmentação de imagens;
- Treinar um classificador para detectar de forma automática anomalias dentárias nas imagens de ortopantomografia;
- Validar os resultados alcançados a partir da utilização de métricas e gráficos de medição de desempenho existentes na área de Visão Computacional e por meio de testes realizados em conjunto com profissional da área de Medicina Dentária.

A principal contribuição da presente pesquisa envolverá a construção de um modelo baseado em Visão Computacional para detecção automática de anomalias dentárias em imagens de ortopantomografia. Assim, espera-se que os benefícios aos pacientes a partir dos resultados alcançados pelo presente estudo, sejam diagnósticos mais precisos por meio de uma segunda opinião, por um sistema especialista, dada ao odontologista.

2. METODOLOGIA

A pesquisa proposta encontra-se em fase de desenvolvimento. A metodologia comumente utilizada em pesquisas da área de Visão Computacional foi adotada para realização do presente estudo, desenvolvendo análise **qualitativa** durante as primeiras etapas e atualmente, está sendo realizada a análise **quantitativa** e **experimental** a partir da fase de segmentação (etapa atual da presente pesquisa). Após finalização da etapa de segmentação será dada continuidade a partir classificação e reconhecimento de padrões nas imagens, onde serão utilizados algoritmos responsáveis por separar os conjuntos de características extraídas, entre aquelas mais prováveis de pertencerem aos objetos de interesse e aquelas menos prováveis. Finalizando, será realizado a análise dos resultados. As etapas do trabalho aqui proposto são descritas nas próximas seções.

2.1. Aquisição / Coleta de imagens do *Dataset*

Na primeira etapa, coleta-se um conjunto de imagens referente ao problema (fenômeno visual) que o sistema se propõe a solucionar. Neste sentido, a presente pesquisa formou um *dataset* com 10000 imagens de raio-X panorâmico. As imagens possuem significativas variações estruturais em relação aos dentes, no que se refere ao número de dentes, existência de restaurações, existência de implantes, existência de aparelhos, ou a existência de dentes supranumerários (referente a pacientes com mais de 32 dentes). Além de variarem em relação ao tamanho da boca e das maxilas e mandíbulas. Todas as imagens foram obtidas pelo ortopantomógrafo (aparelho usado para geração das imagens de ortopantomografia) de modelo: ORTHOPHOS XG 5 / XG 5 DS / Ceph, fabricado pela empresa *Sirona Dental Systems GmbH*. As radiografias possuem dimensões 2440 X 1292 *pixels*. As imagens foram capturadas em níveis de cinza e estão no espaço de cor RGB (*Red, Green, Blue*). Todas as radiografias utilizadas nesta pesquisa foram obtidas no Centro de Diagnóstico por Imagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. O uso das radiografias na pesquisa foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP), através do parecer de número 646.050 aprovado em 13/05/2014.

2.1.1. Categorização das imagens do *dataset*

As imagens do *dataset* do presente trabalho foram distribuídas em 10 categorias. Apenas foram categorizadas as imagens que também foram anotadas. **As imagens foram nomeadas utilizando números inteiros, em ordem sequencial por categorial visando a não identificação do paciente no referido estudo.** O processo de categorização das imagens foi realizado de forma manual, selecionado imagem a imagem individualmente, contando dente a dente e verificando as suas características estruturais. A Tabela 1 apresenta os resultados das imagens que foram categorizadas do *dataset* do trabalho aqui proposto.

Tabela 1. Classificação das imagens do *dataset*. Fonte: Os Autores.

Nº	Nome da Categoria	Imagens	M*
1	Imagens com todos dentes contendo dentes com restauração e com aparelho	73	32
2	Imagens com todos dentes contendo dentes com restauração e sem aparelho	220	32
3	Imagens com todos dentes contendo dentes sem restauração e com aparelho	45	32
4	Imagens com todos dentes contendo dentes sem restauração e sem aparelho	140	32
5	Imagens contendo IMPLANTE	120	18
6	Imagens contendo mais de 32 dentes	170	37
7	Imagens faltando dentes contendo dentes com restauração e com aparelho	115	27
8	Imagens faltando dentes contendo dentes com restauração e sem aparelho	457	29
9	Imagens faltando dentes contendo dentes sem restauração e com aparelho	45	28
10	Imagens faltando dentes contendo dentes sem restauração e sem aparelho	115	28
Total Geral		1500	

M=Média de dentes por categoria

2.1.2. Anotação das imagens do *dataset*

As imagens do *dataset* do presente trabalho foram anotadas pela técnica conhecida como máscara binária que preservam a forma dos objetos de interesse. O processo de anotação por máscara binária resulta em uma matriz binária, onde os *pixels* brancos correspondem aos objetos de interesse, enquanto que todo o restante da imagem é representado por *pixels* pretos (ou vice-versa). A realização da anotação de imagens, também é conhecido como processo de definição do *ground truth*, pois corresponde ao resultado ideal que se deseja obter de forma automática pelos algoritmos de segmentação, ou seja, a imagem anotada é comparada com os resultados dos algoritmos de segmentação, desse modo, avaliando o desempenho de cada um deles. A presente pesquisa realizou anotações dos dentes de 1500 imagens do *dataset* do trabalho aqui proposto. As imagens anotadas foram distribuídas entre as categorias do *dataset* utilizando números inteiros em ordem sequencial equivalente aos nomes das imagens originais.

2.2. Pré-processamento de Imagem

Técnicas de pré-processamento visam melhor preparar a imagem para etapas subsequentes. Pode-se, por exemplo, realçar ou suavizar determinados aspectos da imagem para facilitar o processamento posterior. A principal operação de pré-processamento realizada com as imagens do *dataset* da presente pesquisa, corresponde a determinação do ROI (Região dos Objetos de Interesse) nas imagens. O processo de determinação do ROI foi efetuado de forma manual, ou seja, por meio da multiplicação, entre os elementos da matriz de cada imagem de raio-X panorâmico e a sua matriz binária correspondente, resultante do processo de anotação bucal. Figura 1 ilustra um exemplo de como foi realizado o processo para determinação do ROI nas imagens de raio-X panorâmico utilizadas na presente pesquisa.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

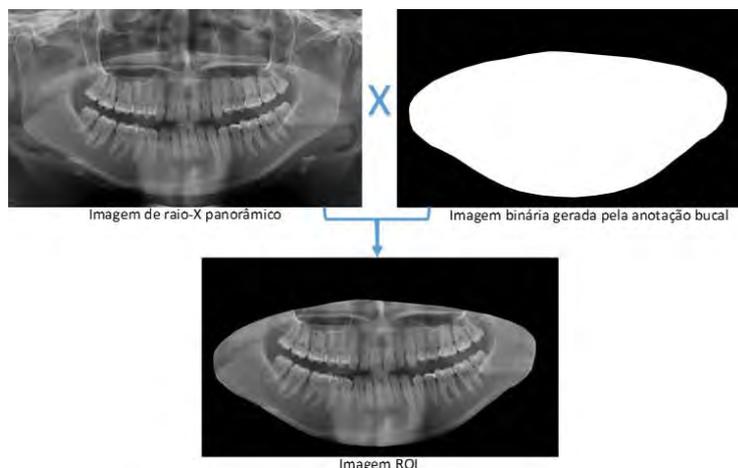


Figura 1. Exemplo do Processo de Determinação Manual do ROI nas Imagens do Dataset. Fonte: Os Autores.

Pretende-se automatizar o processo de determinação do ROI das imagens apresentado na Figura 1 durante o desenvolvimento da presente pesquisa.

2.3. Segmentação

A Segmentação é a etapa atual em que se encontra a presente pesquisa. Em análise de imagem o resultado pretendido não é, geralmente, outra imagem, mas sua descrição. Essa descrição refere-se, em regra, a partes específicas da imagem, correspondentes a regiões que são chamadas de objetos de interesse e fundo da imagem. De acordo com [7], os métodos de segmentação são categorizados de acordo com as características (forma, histograma, adaptação local de limiar, região, entropia, correlação espacial dos *pixels*, dentre outras) procuradas na imagem para gerar o ponto de corte (valor que determina o que são os objetos de interesse e o que não são na imagem analisada). A Tabela 2 apresenta alguns dos métodos de segmentação que já foram avaliados na presente pesquisa e as suas respectivas categorias, conforme são geralmente classificados na literatura revisada. **A partir das referências bibliográficas apresentadas na Tabela 2, pode ser verificado a descrição e os detalhes de implementação de cada método de segmentação estudado na presente pesquisa.**

Tabela 2. Métodos de segmentação avaliados na presente pesquisa. Fonte: Os Autores.

Categoria	Método de Segmentação	Referência
Histograma	Limiarização Básica Global	[3]
Adaptação Local de Limiar	Método <i>Niblack</i>	[4]
Região	Crescimento de Região	[3]
Região	Divisão e União de Regiões	[8]
Entropia	Método <i>Pun</i>	[5]
Entropia	Método <i>Renyi</i>	[7]
Divisor de Águas	<i>Watershed Segmentation</i>	[6]

Uma breve descrição dos resultados obtidos pela avaliação dos métodos de segmentação analisados no presente estudo é apresentado na Tabela 4 da seção 3 do presente documento. Entretanto, outros métodos de segmentação estão sendo analisados com objetivo de melhorar os resultados já alcançados pela presente pesquisa. Espera-se obter com os resultados da segmentação a separação com relação aos dentes dos não dentes nas imagens de ortopantomografia. Neste sentido, o algoritmo de segmentação a ser desenvolvido deverá ser capaz de reconhecer de maneira autônoma os dentes nas imagens de raio-X panorâmico do *dataset* utilizado na presente pesquisa.

2.4. Extração de Características

Na quarta etapa do trabalho aqui proposto, serão utilizados algoritmos capazes de extrair informações que caracterizam o objeto a ser detectado (referente a anomalia dentária) em um espaço de representação específico (Imagens obtidas com o processo de segmentação). Quanto mais exclusivas (únicas) do objeto de interesse forem às características extraídas, mais eficaz será a classificação desse objeto. Alguns algoritmos já são comumente utilizados na literatura como o Histograma de Gradientes Orientados (HOG), momentos invariantes de HU, descritores de *Haralick*, *haar-like features*, dentre outros, para extração de características das imagens. Durante o desenvolvimento da presente pesquisa será definido qual dos algoritmos será utilizado para realizar a extração de características das imagens de raio-X panorâmico, podendo ser a combinação de algoritmos ou ainda adaptação de algoritmos.

2.5. Classificação/Reconhecimento

O processo de classificação será responsável por separar os conjuntos de características extraídos, na etapa anterior, entre aqueles mais prováveis de pertencerem ao objeto de interesse e aquelas menos prováveis. Esta etapa é chamada de classificação de padrões em imagens ou reconhecimento de padrões, onde serão utilizados algoritmos de classificação, dentre os quais destacam-se: As Redes Neurais Artificiais (RNA) e a Máquina de Vetor de Suporte (SVM). Neste sentido, a partir das imagens segmentadas de ortopantomografia, pretende-se criar um classificador automático de anomalias, estas detectadas na arcada dentária a partir das imagens de ortopantomografia, que contribuirá significativamente para área Odontológica, pois possibilitará uma melhor interpretação da imagem médica/odontológica auxiliando na análise dos diagnósticos realizados.

2.6. Avaliação de Resultados

A última etapa da presente pesquisa será destinada à avaliação da solução a ser desenvolvida. Para isso, serão utilizadas métricas que comparam os resultados produzidos pelo algoritmo com aqueles obtidos por meio do processo de anotação manual dos dentes, algumas métricas já estão sendo utilizadas para avaliar os resultados já alcançados, dentre as quais destacam-se: *Accuracy*, *Specificity*, *Precision*, *Sensitivity/Recall* e *F-score*, que são métricas existentes na área de Visão Computacional para medição de desempenho de algoritmos de segmentação. Os resultados serão apresentados em tabelas e gráficos de curvas para medição de desempenho (exemplo: Curva *Precision/Recall*). Para validação dos resultados alcançados correspondentes a identificação automática de anomalias dentárias por meio do modelo proposto, o

profissional (odontólogo) responsável pelo fornecimento das imagens de raio-X Panorâmico (Dr. Matheus Pithon do Centro de Diagnóstico por Imagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.), irá realizar testes com o objetivo de comprovar a eficiência do experimento realizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa encontra-se em fase de desenvolvimento. Entretanto, Conforme já discutido na seção anterior, alguns métodos de segmentação já foram avaliados pela presente pesquisa. A Tabela 3 apresenta as métricas com as suas respectivas equações que foram utilizadas para avaliar o desempenho de cada método de segmentação já estudado.

Tabela 3. Métricas usadas para avaliação dos métodos de segmentação. Fonte: Os Autores.

Medidas da Detecção de Sinais	
Verdadeiros Positivos (VP)	O elemento de entrada é positivo e o algoritmo classifica como positivo.
Verdadeiros Negativos (VN)	O elemento de entrada é negativo e o algoritmo classifica como negativo.
Falsos Positivos (FP)	O elemento de entrada é negativo e o algoritmo classifica como positivo.
Falsos Negativos (FN)	O elemento de entrada é positivo e o algoritmo classifica como negativo.
Métricas Usadas para Avaliação de Desempenho dos Algoritmos	
Taxa de Acerto (<i>Accuracy</i>)	Relação entre o total de acertos sobre o conjunto total de erros e acertos. Esse valor é calculado por: $(VP + VN)/(VP + FN + FP + VN)$.
Especificidade (<i>Specificity</i>)	Porcentagem de amostras negativas identificadas corretamente sobre o total de amostras negativas. Esse valor é calculado por: $VN/(FP + VN)$.
Precisão (<i>Precision</i>)	Porcentagem de amostras positivas classificadas corretamente sobre o total de amostras classificadas como positivas. Esse valor é calculado por: $VP/(VP + FP)$.
Sensibilidade (<i>Sensitivity/Recall</i>)	Porcentagem de amostras positivas classificadas corretamente sobre o total de amostras positivas. Esse valor é calculado por: $VP/(VP + FN)$.
Medida <i>F-score</i>	Representa a média harmônica entre a precisão e a sensibilidade.

A Tabela 4 apresenta as médias gerais obtidas com o cálculo das métricas: *Accuracy*, *Specificity*, *Precision*, *Recall (Sensitivity)* e *F-score*, que foram aplicadas para avaliar o desempenho de cada método de segmentação já estudado. Para cada uma das métricas calculou-se a média dos seus resultados por categoria do *dataset* utilizado na presente

pesquisa. O número de imagens classificadas é diferente em cada categoria, desse modo, a média geral dos resultados de cada métrica apresentada na Tabela 4 é uma média ponderada dos valores calculados das categorias, obtida a partir do cálculo da média da métrica e multiplicando-se pelo número de imagens da sua respectiva categoria. Em seguida, soma-se os valores encontrados de todas as categorias e o resultado do somatório é dividido por 1500, que representa o total de imagens do *dataset* do presente trabalho que foram utilizadas para avaliar os métodos de segmentação já estudados.

Tabela 4. Média Geral dos Resultados dos Métodos de Segmentação. Fonte: Os Autores.

Método	<i>Accuracy</i>	<i>Specificity</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Fscore</i>
Limiarização Básica Global	0,79	0,82	0,52	0,69	0,56
Método Niblack	0,82	0,82	0,51	0,83	0,61
Crescimento de Região	0,68	0,69	0,36	0,63	0,44
Divisão/União de Regiões	0,81	1,00	0,82	0,08	0,14
Método Pun	0,82	0,83	0,52	0,81	0,61
Método Renyi	0,85	0,93	0,69	0,41	0,43
Divisor de Águas	0,78	0,76	0,48	0,86	0,59

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostraram que os Métodos de segmentação Niblack, Pun e Divisor de Águas alcançaram o maior valor de sensibilidade (*Recall*), indicando que as imagens segmentadas por estes métodos, apresentaram maior número de verdadeiros positivos (*pixels* que correspondem aos objetos de interesse nas imagens analisadas) e, portanto, pouca quantidade de falsos negativos em relação aos demais métodos de segmentação avaliados. Além de também obterem aproximadamente 80% de acerto em relação a métrica especificidade (*Specificity*), que corresponde aos verdadeiros negativos que foram corretamente identificados. O Método Niblack alcançou 83% de acerto da métrica sensibilidade (*Recall*), desse modo obteve o melhor resultado desta métrica em relação aos demais métodos analisados.

4. CONCLUSÃO

O presente texto apresentou uma visão geral da pesquisa que está sendo realizada, onde o objetivo principal consiste no desenvolvimento de um modelo computacional para detecção automática de anomalias dentárias em imagens de ortopantomografia. A etapa atual em que se encontra a presente pesquisa é a segmentação das imagens de raio-X panorâmico. Neste sentido, já foram realizados estudos para avaliação de métodos de segmentação de imagens (correspondente a um dos objetivos específicos do trabalho aqui proposto), por meio da aplicação em imagens de ortopantomografia, onde o interesse consistiu em verificar se cada algoritmo de segmentação estudado consegue dividir as imagens de raio-X panorâmico em suas unidades significativas (dentes). Para realizar avaliação dos resultados da segmentação, foram estudadas e aplicadas as métricas: *accuracy*, *specificity*, *precision*, *recall* (*sensitivity*) e *F-score* para medir o desempenho dos algoritmos de segmentação e avaliar os resultados encontrados. Após o estudo realizado e até a data da escrita do presente texto, pode-se concluir que nenhum dos algoritmos já estudados conseguiu isolar de maneira eficaz os objetos de interesse (dentes) nas imagens do *dataset* utilizado no trabalho aqui proposto.

Entretanto, de modo geral, observou-se que o algoritmo de segmentação baseado no Método *Niblack* alcançou os melhores resultados em relação aos demais algoritmos de segmentação analisados. Atualmente, a presente pesquisa encontra-se em análise de métodos de segmentação baseados em aprendizagem por classificação de padrões. Então, estão sendo avaliados métodos que aprendem a segmentar ao invés de utilizar métodos com critérios pré-definidos como os que já foram estudados. Desse modo, pretende-se alcançar melhores resultados separando os dentes dos não dentes nas imagens de ortopantomografia.

5. REFERÊNCIAS

- ¹Filho, O. M.; Neto, H. V. *Processamento Digital de Imagens.*: Brasport, 1999.
- ²Kreich, E. M.; Leal, G. A.; Slusarz, P. A. A.; Santini, R. M. *Imagem digital na odontologia.* UEPG Ciências Biológicas e da Saúde, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p.53-61, 2005.
- ³Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. *Digital Image Processing, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 3rd ed., 2008.*
- ⁴Niblack, W. *An introduction to digital image processing.* Strandberg Publishing Company Birkerød, 1985. 215 p.
- ⁵Pun, T. *Entropic thresholding: A new approach.* *Comput. Graph. Image Process*, v. 16, p. 210-239, 1981.
- ⁶R. Audigier and R. A. Lotufo. *The tie-zone watershed: Definition, algorithm and applications.* *In Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 05)*, pages 654-657, 2005.
- ⁷Sezgin, M.; Sankur, B. *Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation.* *Journal of Electronic Imaging*, v. 13, n. 1, p. 146-165, 2004.
- ⁸Solomon, C.; Breckon, T. *Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab.*: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2013.

UMA NOVA PROPOSTA PARA ANÁLISE DA ESTABILIDADE NO PROCESSO DE COMBUSTÃO USANDO A DISTÂNCIA DE HAMMING

Jefferson Willes Gomes de Souza¹, Hernane Pereira^{1,2}, Alex Álisson Bandeira Santos¹,
Valter Senna¹, Marcelo A. Moret^{1,3}

¹ Programa de Modelagem Computacional - SENAI CIMATEC, 41.650-010 Salvador, Bahia, Brazil;

² Departamento de Educação - UNEB, 41.150-000 Salvador, Bahia, Brazil;

³ Universidade do Estado da Bahia - UNEB, 41.150-000 Salvador, Bahia, Brazil.

RESUMO

Neste trabalho, analisou-se a concentração de fuligem dos gases combustíveis Acetileno (AC) e Gás Natural (GN) no processo de combustão controlada. Avaliou-se a estabilidade, nos padrões espaços-temporais, gerada por uma evolução do sistema usando uma técnica de medida conhecida como distância de Hamming (Hd). Observou-se que Hd apresenta um estado transiente, para AC, na concentração de 21% de oxigênio, considerando pequenas unidades de tempo que, ao longo deste, atinge um valor médio de equilíbrio ($Hd = 0.035$) mostrando um aumento significativo na oxidação da chama na combustão e uma formação ideal de fuligem. Para o GN, em todas as concentrações de oxigênio, há tendência à oxidação da chama, o que leva a um aumento na formação de fuligem, isso sugere que a Hd oscila sem um valor definido com pequenos pulsos ao longo do tempo, denotando que há uma diminuição de temperatura da chama.

Palavras-Chaves: *Distância de Hamming; Processo de Combustão; Autômatos Celulares.*

ABSTRACT

In this paper, the concentration of soot during controlled combustion is analyzed using two fuels: Acetylene (AC) and Natural Gas (NG). The stability was evaluated within the spatio-temporal standards generated by the system evolution, which was based on the measuring technique known as the Hamming distance (Hd). It was observed that Hd presented a transient state for AC at a 21% oxygen concentration for small time units and achieved a medium equilibrium value ($Hd = 0.035$), showing a significant increase in flame oxidation during combustion and ideal soot formation. For NG, at all oxygen concentrations, there was a tendency toward flame oxidation and an increase in soot formation, which suggests that Hd oscillates without a defined value with small pulses over time, indicating a decrease in flame temperature.

Keywords: *Hamming Distance, Combustion Process, Cellular Automata.*

1. INTRODUÇÃO

Compreender a reação de combustão vinculada à radiação térmica no processo de formação de fuligem (partículas formadas durante o processo de combustão) constitui um conteúdo de grande interesse para as indústrias, principalmente as do ramo da siderurgia, pois este recurso interfere diretamente na eficiência e na economia de combustível.

No processo de combustão é liberada uma grande quantidade de energia na forma de calor e luz. A fuligem tem uma participação importante nesse sistema, pois através da sua interação é possível conhecer e, conseqüentemente, melhorar a eficiência térmica nos queimadores, elevando, com isso, a economia de combustível. Nesta relação, quanto mais eficiente o processo, menor será a formação de NOx.

As aplicações com uso de chama enriquecida com oxigênio (OEC) visam obter uma melhor eficiência na produção de fuligem e, portanto, uma melhor transferência de calor durante a combustão, o que acarreta numa redução de poluentes durante este processo.

Dessa forma, o enriquecimento da chama aumenta sua temperatura e promove a formação de fuligem e de oxidação, isso pode diminuir emissões de poluentes. Processos envolvendo OEC, podem ser vistos no trabalho de Wang et al, [1], onde os autores apresentam um modelo de dinâmica dos fluidos que inclui uma descrição detalhada na formação de fuligem no processo de combustão.

A proposta inicial deste trabalho consiste em estudar pequenas variações temporais no processo de formação de fuligem em chamas confinadas usando um método de medida, conhecido como distância de Hamming baseado nas teorias dos autômatos celulares. Os autômatos celulares são modelos matemáticos simples capazes de explicar fenômenos físicos complexos a partir de uma evolução dinâmica. Com intuito de estudar a física de sistemas dinâmicos, Kauffman [2] incorporou, um método de propagação de danos (perturbação). Este método consiste basicamente no monitoramento da evolução temporal de duas ou mais configurações de um mesmo sistema, com diferentes condições iniciais, sujeitas a uma dinâmica específica e a um mesmo ruído térmico.

1.1. Geometria Fractal e Autômatos Celulares

Na geometria fractal, um conjunto espacial manifesta uma relação escalar entre o número de seus elementos constituintes e a sua classe de mensuração (tamanho, densidade e intensidade). Essa definição inclui fenômenos dinâmicos que podem ser espacialmente representados e, portanto, mensurados. Considera-se também fractal uma estrutura física que tem forma irregular ou fragmentada em todas as escalas de medida, sendo uma de suas características, o escalonamento ou invariância geométrica sob certas transformações, essa característica é conhecida como auto similaridade.

Existem estruturas que não podem ser visualizadas em todas as escalas de ampliação, mas apresentam a característica de auto similaridade (também conhecida como auto afinidade ou auto afim), o que permite a possibilidade da análise sob o ponto de vista da geometria fractal. Para estas formas da natureza, a noção de auto afim deve ser vista cuidadosamente e necessita ser encarada como pequenas partes de uma mesma estrutura ou uma distribuição estatística

idêntica. Uma característica fractal é dita auto afim quando um conjunto de sistemas de funções, ao serem alteradas, ainda apresenta simetria escalar. Não obstante, o fator de redução pode ser diferente para algumas dimensões do fractal [7], (i.e não mantém sua forma original em todas as escalas para um mesmo fator de alteração de escala).

Por outro lado, algumas evoluções temporais são modelos matemáticos discretos no tempo, no espaço e nas variáveis dinâmicas cujas evoluções são regidas por regras, no caso um CA. Um CA pode ser definido como um conjunto de elementos idênticos, usualmente localizados em uma rede regular dimensional [3]. Cada elemento pode possuir k estados que podem se alterar ao longo do tempo, como por exemplo, estados binários e outros. Os valores evoluem, em passos de tempo discretos, de acordo com regras determinísticas que especificam os valores de cada célula em termos dos valores das células vizinhas, ou seja, cada unidade influencia outras unidades vizinhas enviando um sinal resposta de sua interação.

Essas evoluções obedecem um modelo simples tendo uma maior compreensão através das classes de Wolfram. Os autômatos celulares podem servir como modelos úteis para a descrição de sistemas complexos, tais como as características dos fractais. De fato, os autômatos celulares são sistemas complexos formados por unidades simples que interagem fortemente entre si e à medida que o sistema evolui dinamicamente.

O modelo dos autômatos pode ser compreendido usando com a técnica de análise, chamada *Hd* ou simplesmente *dano*. Hamming aplicou um parâmetro de medida com a finalidade de corrigir erros nos códigos de telecomunicações [4] e hoje esta técnica é usada também para medir a estabilidade de um autômato celular onde as classes de Wolfram podem ser descritas pela *Hd*.

Esse modelo já foi empregado em diversas áreas científicas, por exemplo, na biologia, pode explicar como se dá a transmissão viral das relações evolutivas de uma mesma espécie [5]; na química os autômatos celulares podem explicar como as moléculas se agrupam durante uma reação química [6]. Como a *Hd* pode explicar modelos de evoluções dinâmicas e, muitas vezes, complexas, será feito um estudo usando a teoria dos autômatos com base na *Hd* para dois combustíveis usando *OEC*.

Os autômatos de Wolfram [3] são classificados em quatro classes com base nos padrões de uma evolução temporal que descrevem o comportamento dos CA desde um estado estável e homogêneo até padrões desordenados.

1.2. Distância de Hamming

Dentre os modelos empregados para avaliar a estabilidade dos autômatos celulares, um deles consiste em comparar a evolução conjunta do sistema original e de sua réplica na qual foi introduzida uma perturbação em qualquer uma das células (a conversão do estado ativo para inativo). Comparando-se a trajetória das configurações original e perturbada, pode-se definir a *Hd* entre elas. A *Hd* é o número total de células que diferem entre si, considerando os estados na configuração original e na réplica perturbada, dividido pelo número total de células (N). A *Hd* pode ser aplicada na comparação das sequências genômicas, onde as medidas de amostras

de classes têm como base a Hd [8], no problema do fluxo de custo mínimo, cujas modificações podem ser ponderadas usando a Hd [9], nos modelos de infecção, pois em alguns casos as regras de infecção de um indivíduo pode ser descrito por uma autômato celular, assim os danos são descritos sob o aspecto da Hd [10]. A Hd também é muito utilizada nas técnicas para contadores binários [11].

Para um AC unidimensional com N células, a Hd é dada pela Equação 1.

$$hd = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\sigma_i(t) - \beta_i(t)| \quad (1)$$

Onde $\sigma_{i(t)}$ e $\beta_{i(t)}$ são os estados das células i no tempo t da configuração original e da réplica, respectivamente. Geralmente a fração da Hd nos tempos iniciais é pequena e, considerando que o sistema é sensível às condições iniciais (características caótica), a perturbação pode levar o sistema a uma atração diferente da original propagando-se por toda a sua extensão. A Hd pode apresentar quatro configurações associadas às quatro classes de Wolfram, comentadas a seguir:

Classe I: A Hd desaparece com o passar do tempo. Portanto o atrator da dinâmica é estável a qualquer perturbação;

Classe II: A Hd permanece constante no tempo e é pequena;

Classe III: A Hd cresce rapidamente com o tempo, atingindo um valor de equilíbrio geralmente alto e além disso, o dano inicial se propaga por toda a cadeia do Autômato Celular, mesmo que seja mínimo, portanto as regras de classe III são instáveis;

Classe IV: A Hd apresenta um longo período transiente até que atinja o seu valor de equilíbrio. O crescimento da Hd é imprevisível. Além disso, o seu valor final pode variar muito, dependendo do tamanho e da localização do dano inicial. Em geral a Hd final é semelhante aos autômatos celulares de classe II. Assim, para os autômatos de classe IV, a dinâmica é marcada por longos períodos transientes caóticos, até que um atrator periódico, estável, seja finalmente atingido.

3. METODOLOGIA

Para este estudo, analisou-se a estabilidade dos padrões espaços-temporais gerados por uma evolução do sistema com relação a pequenas perturbações, introduzidas em um estado inicial, que evoluem segundo uma regra simples, conhecidas como as classe de Wolfram, do tipo *autômato celular* (CA) avaliados pela Hd . Na obtenção dos dados, usou-se um aparato experimental cuja função é estudar os processos de combustão a partir de dados coletados. Este equipamento consiste numa câmara de combustão agregada a instrumento de análise de gases, fuligem e verificação de radiação térmica [12]. O dispositivo experimental possui um queimador de dois tubos concêntricos de diâmetros diferentes onde uma chama é gerada na câmara. Através do tubo de menor diâmetro, escoo gás natural ou acetileno, enquanto que o ar puro ou o ar enriquecido com oxigênio escoo através do espaço delimitado pelos tubos interno e externo, conforme o dispositivo experimental representado na Figura 1.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

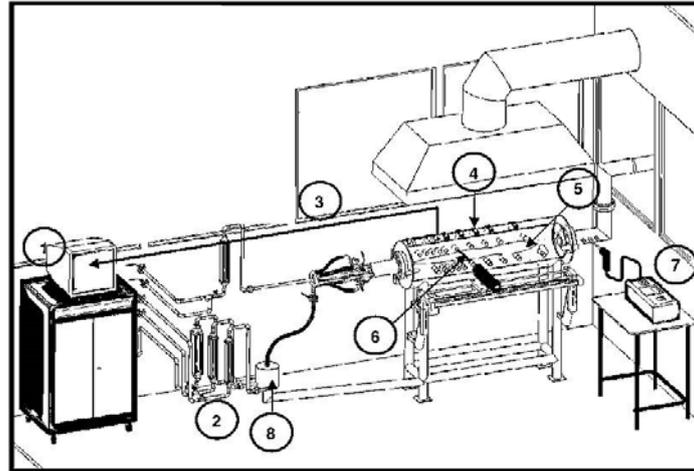


Figura 1. Visão geral do dispositivo experimental, onde 1) Aquisição de dados; 2) Rotômetros; 3) Sinal de tensão; 4) Fotodetectores; 5) Chama; 6) Feixe de laser; 7) analisador de gases; 8) Pré-misturador Ar/O₂.

A chama foi parcialmente enriquecida com oxigênio, na proporção de 23% e 25% na presença de dois comburentes AC e GN, e testada com ar atmosférico, sem enriquecimento, com nível de 21%. Esse método de enriquecimento fundamenta-se em avaliar o efeito do enriquecimento causado na chama (formação de fuligem e oxidação) [13].

A relação ar/combustível ou combustível/ar admitida em uma combustão, para uma determinada condição de funcionamento, é expressa pela relação $\varphi = \frac{A/C_{\text{stoichiometric}}}{A/C_{\text{real}}}$, onde φ é conhecido como razão de equivalência, A é a quantidade de ar e C é a quantidade de combustível no processo de queima. A razão de equivalência mede a razão entre ar-combustível e seu produto define as características da combustão, na forma:

$\varphi < 1$ - Mistura com excesso de ar ou mistura pobre (em combustível);

$\varphi = 1$ - Mistura estequiométrica;

$\varphi > 1$ - Mistura com excesso de combustível ou mistura rica.

Um sinal de laser foi emitido na chama com o intuito de medir a concentração de partículas formadas durante o processo de combustão. A radiação emitida pelo laser foi quantificada pelo fotodetector (orifícios) que se encontrava fora da câmara, modelo descrito na Figura 1. Parte da emissão do laser sofreu absorção e dispersão. Essa absorção e dispersão do raio laser emitido na chama estavam diretamente relacionada com a formação de partículas de fuligem. Assim, o sinal incidente máximo do laser foi obtido da leitura do sinal em aquisição de dados antes da formação da chama no queimador.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Dessa forma, incidiu-se através da chama um sinal de laser que, por sua vez, foi detectado por um sinal do outro lado da chama. Sabendo a intensidade inicial do laser, pôde-se constatar a diferença entre o sinal emitido e o sinal recebido, pois parte da radiação do laser foi absorvido ou sofreu espalhamento devido a formação de fuligem na queima, como mostra a série obtida no experimento com GN 23% para o primeiro orifício com grau de equivalência 0.7, (Figura 2). Com esses dados, foi possível observar a evolução temporal destes dados e avaliá-los pela H_d , conforme descrito na equação 1.0.

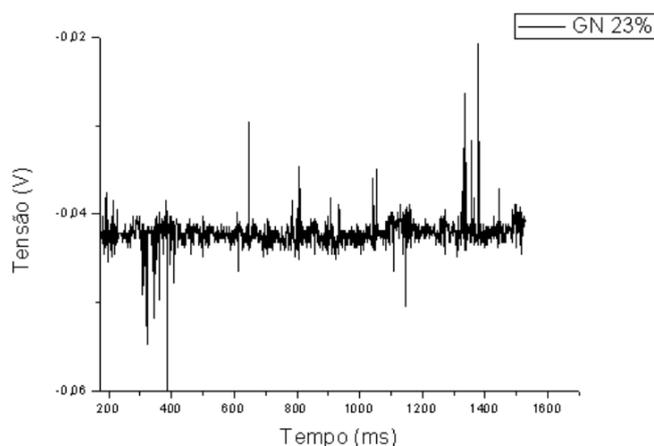
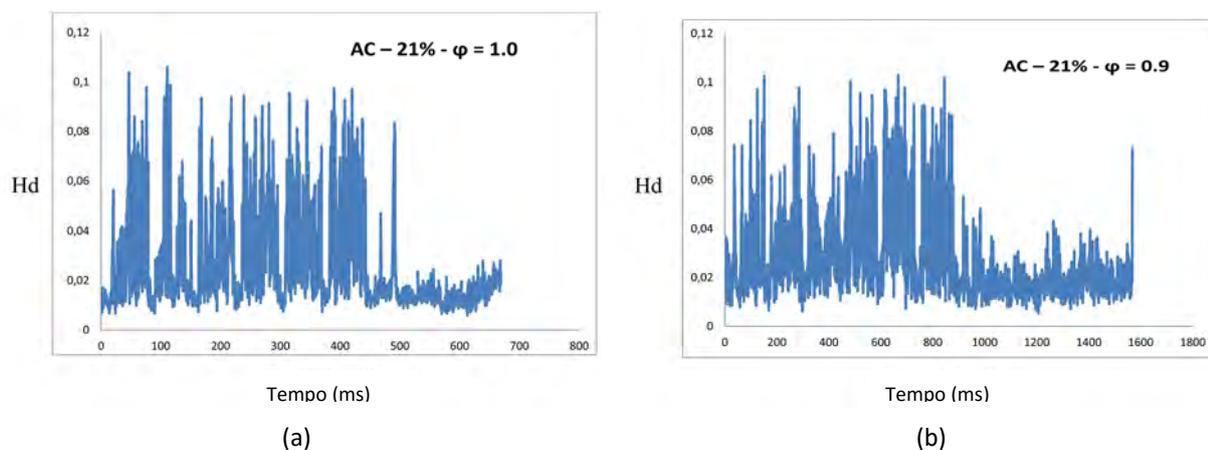


Figura 2. Série temporal da medida obtida pela aquisição de dados para o GN 23% com grau de equivalência 0.7.

4. RESULTADOS

De posse dos resultados, usando a Equação 1, calculou-se a H_d para o AC e GN com teor de concentração de oxigênio igual a 21%, 23% e 25%. Variou-se a quantidade de ar na combustão medido pelo grau de equivalência igual, sendo que $\varphi < 1.0$ indica excesso de ar na chama, para $\varphi = 1.0$ indica-se uma condição ideal (condição estequiométrica), e $\varphi > 1.0$, implica em falta de ar na chama. Cada célula representava uma medida (orifício) então o número de células foi igual a $N = 10$.



10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

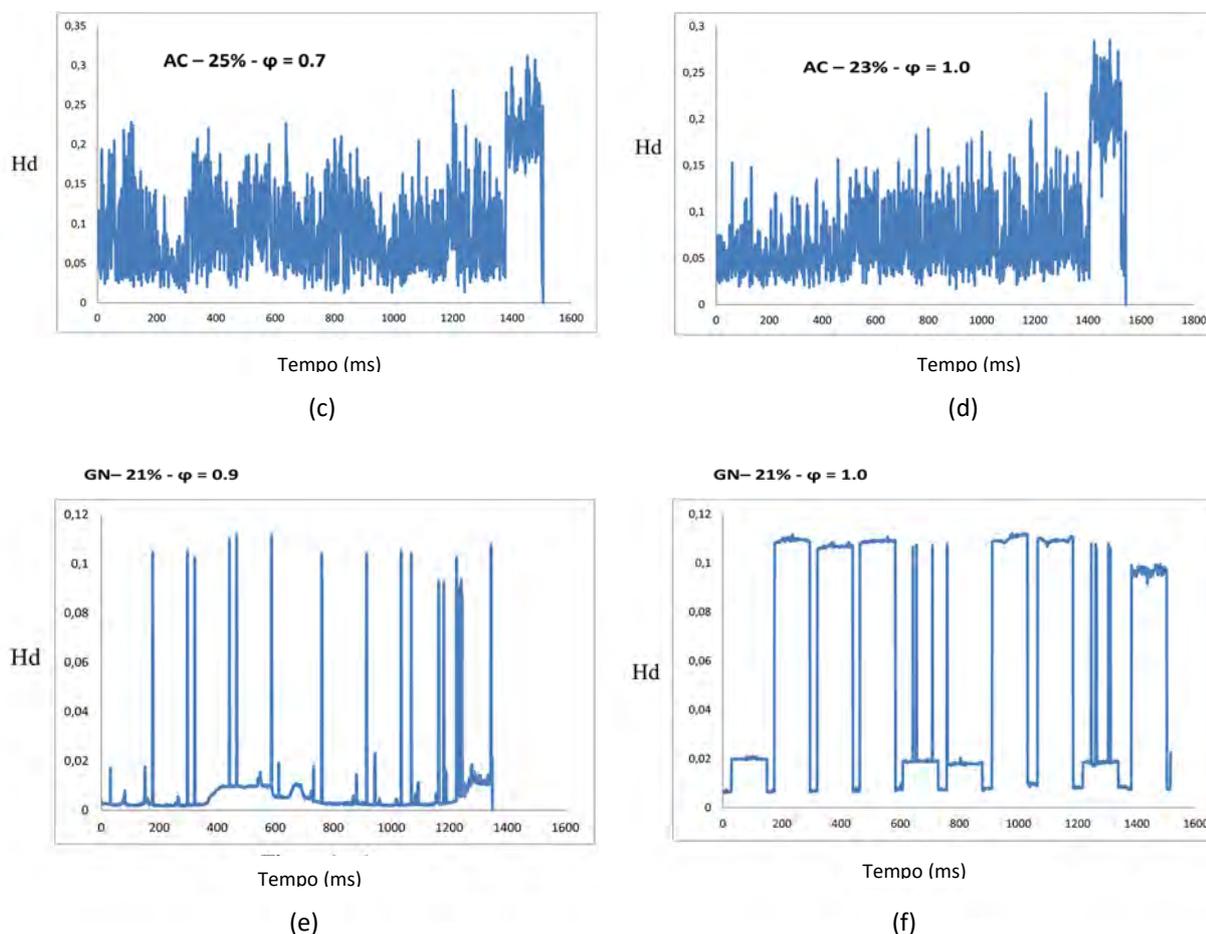


Figura 3. Frequência para valores da distância de Hamming usando dois combustíveis AC e GN.

A categoria evidenciada na Figura 3, (a) e (b), denota que esse autômato obedece o mesmo padrão para o combustível AC com concentração de oxigênio com 21% para diferentes razões de equivalência. Nota-se ainda que no início do processo de combustão, a H_d oscila em um intervalo muito pequeno ($0.01 < H_d < 0.16$) até que a distância seja atingida, seguindo o que corresponde a classe IV de Wolfram. Através desse comportamento é possível observar que a concentração de fuligem atinge um estado estacionário quando H_d atinge um valor médio de $H_{d_m} = 0.035$. Neste momento há uma redução progressiva da concentração de fuligem durante o processo de combustão. Isso mostra que quando o oxigênio é inserido na chama do AC, há um ganho na queima com esse combustível, ou seja, aumento de radiação.

Nota-se também que o grau de equivalência da chama não é influenciado no processo de enriquecimento. Contudo, esse padrão só é observado para o combustível AC na concentração de 21% de oxigênio, pois com o aumento de oxigênio na chama para AC 23% e AC 25%, (Figura 3, (c) e (d)), a H_d não desaparece, porém permanece pequena em um estado variado e não atinge uma condição de equilíbrio. Dessa forma, nenhuma classe é observada. Isso mostra que o aumento de oxigênio na chama cria inicialmente uma maior formação de fuligem no

caso em que ocorre uma maior concentração de fuligem e a *OEC*, há um aumento da radiação térmica emitida pela chama.

Quando avaliado para o gás *GN* (Figura 3, (e) e (f)), pôde-se perceber que o comportamento visto na *Hd* indica que o *GN* não obedece a nenhuma classe de Wolfram. Isso demonstra que quando a *Hd* oscila em intervalos definidos com pulsos fracos, há uma tendência à formação de pouca fuligem. Isso mostra que *GN* implementa a formação de fuligem, há um aumento de fuligem todavia, comparação com o acetileno esse é bem menor, reduzindo com isso a emissão de radiação, e com isso possivelmente acaba gerando esse comportamento na *Hd*.

Duas evidências puderam ser extraídas da experiência: a primeira se refere ao fato de que o grau de equivalência não influencia a *Hd*, e a segunda está relacionada à ação da concentração de oxigênio sobre a *Hd* ocorrida apenas na presença do *AC* com 21%.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, conclui-se que a *Hd*, para o gás *AC*, permanece pequena inicialmente oscilando em um intervalo de 0.0 a 0.12 e atinge um valor de equilíbrio médio ($Hd_m = 0.035$) indicando que este comportamento obedece a classe IV de Wolfram. Porém este aspecto só é observado para o *AC* 21%. Nesse caso a *Hd* indica uma forte tendência à oxidação da chama aumentando sua radiação, o que causa uma diminuição da temperatura na combustão. Deste modo, ao atingir um estado estacionário a *Hd* indica redução de fuligem e maior eficiência na combustão.

Nenhum padrão foi observado na *Hd* para o *AC* nas concentrações de oxigênio de 23% e 25%. Foi possível concluir que a *Hd*, ao permanecer instável, indicou um aumento na formação de fuligem, ou seja, um aumento na concentração de oxigênio na chama tornou o sistema fortemente sensível as condições iniciais, portanto caótico.

Nas concentrações de 21%, 23% e 25% de oxigênio, para o *GN*, a *Hd* oscilou em um intervalo pequeno com alguns pulsos localizados. Nesse contexto, a *Hd* indica que esse processo de combustão sofreu um decréscimo na emissão de radiação e, conseqüentemente, um aumento na temperatura da chama independentemente da concentração de oxigênio, aumentando assim a formação de fuligem na queima.

Não houve também nenhuma verificação na *Hd* que indicasse influência do grau de equivalência da chama.

6. REFERÊNCIAS

¹Wang, L., Endrud, N.E., Turns, S.R., D'agostini, M.D., Slavejkov, A.G.. "A Study of the Influence of Oxygen Index on Soot, Radiation, and Emission Characteristics of Turbulent Jet Flames". Combustion Science and Technology, v.174, p. 45-72, 2002.

²Kauffman S.A. "Metabolic Stability and Epigenesis in Randomly Connected Nets". J. Theoret. Biol., 22 (437 - 467), 1969.

³Wolfram, S. *A New Kind of Science.*, Wolfram Média (2002).

⁴Hamming, R.W., "*Error detecting and error correcting codes*", Bell System Technical Journal 29 (2): 147–160, (1950).

⁵Pilcher, C. D.; Wong, J. K.; Pillai, S. K., "*Inferring HIV transmission dynamics from phylogenetic sequence relationships*", PLoS Med. 5 (3): e69. (March 2008).

⁶Reite, C. A. A local cellular model for snow crystal growth. *Caos, Solitons & Fractals*, Easton - PA, V.23, n. 4, fev. 2005, p. 1111 -1119.

⁷Falconer, K. *Fractal geometry: Mathematical Foundations and Applications*. Chichester: John Wiley Ltd, 2003.

⁸Hildete, P. P., Aluísio, S. P., Sen, P. K. *Comparison of genomic sequences using the Hamming distance.*, Elsevier, *Journal of Statistical Planning and Inference* 130 (2005) 325 – 339

⁹Jiang Y., Liu L., Wu B., Yao E. *Inverse minimum cost flow problems under the weighted Hamming distance.*, Elsevier *Journal of Statistical Planning and Inference* 207 (2010) 50–54

¹⁰Qiu-Hui Pan., Yu-Xing Li., Ming-Feng He., Xiao-Jia Mu. *Infection model based on Hamming distance with age* *International Journal of Modern Physics C* Vol. 17, No. 11 (2006) 1691- 1699.

¹¹Wegner, P., "*A technique for counting ones in a binary computer*", *Communications of the ACM* 3 (5): 322. (1960).

¹²Santos, A. A. B., Torres, E. A., Pereira, P. A. P. "*Experimental Investigation of O₂ Enriched Confined Flames*". In: 22nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, 2009, Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: ABCM, 2009. CD-ROM.

¹³Santos A. A. B., Goldstein Jr. L., Ferrari. C. A. *An experiment on the effect of oxygen content and air velocity on soot formation in acetylene laminar diffusion flame produced in a burner with a parallel annular coaxial oxidizer flow.*, Elsevier *Journal of Statistical Planning and Inference* 445–450 (2009).

UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE

J. Valente¹, J. Andrade² e A. Tanajura³

¹Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, E-mail: julyana_valente@hotmail.com;

²Universidade Federal da Bahia, E-mail: j.andrade.carvalho@gmail.com;

³Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, E-mail: ana.tanajura@fieb.org.br.

RESUMO

O objetivo deste artigo é propor um modelo para seleção de fornecedores baseado na abordagem dos Sistemas Multiagentes (SMA). Os SMA visam solucionar problemas de maneira distribuída, sendo assim, a sua utilização é apropriada para trabalhar a otimização da gestão da cadeia de suprimentos, com o intuito de reduzir os custos envolvidos nas negociações realizadas ao longo da cadeia. Para atingir esse objetivo foi realizado um estudo de caso em uma empresa independente de exploração e produção de petróleo e gás (setor E&P), localizada no estado da Bahia, onde foram mapeados os principais bens e serviços demandados, identificando os principais segmentos que compõem a cadeia de suprimentos da indústria do petróleo. O modelo proposto resulta em uma redução de custo, padronização da tomada de decisão e sistematização dos processos.

Palavras-Chaves: *Cadeia de suprimentos; sistemas multiagentes; indústria de petróleo; seleção de fornecedores.*

ABSTRACT

The target of this paper is a model proposal for supplier selection based on the approach of Multiagent Systems (SMA). The SMA aim to solve problems in a distributed manner, so it is suitable to supply chain management optimization in order to reduce the costs involved in negotiations along the chain. To achieve this goal a case study is conducted in an independent oil and gas company (E & P), located in the state of Bahia, where the main defendants goods and services have been mapped, identifying the main segments that make up the chain oil industry supply. The proposed model results in a cost reduction, standardization of decision-making and systematization of processes.

Keywords: *Supply chain; multi-agent systems; oil industry; selection of suppliers.*

INTRODUÇÃO

Atualmente a competição mercadológica não ocorre somente entre empresas, mas entre cadeias de suprimentos. A gestão efetiva da cadeia de suprimentos pode se tornar uma vantagem competitiva e constituir uma estratégia ímpar, porque abrange ganhos a todas as empresas envolvidas. O processo de seleção de fornecedores se configura como uma das atividades mais críticas para a gestão de cadeias de suprimentos e influencia diretamente no desempenho das organizações (THRULOGACHANTAR [1]). Sendo assim, os critérios de seleção de fornecedores podem ser utilizados no contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos, com o objetivo de reduzir os custos envolvidos no processo.

Atualmente, é possível encontrar na literatura alguns autores que utilizam Sistemas Multiagentes (SMA) para resolver problemas relacionados a gestão da cadeia de suprimentos através de modelos de simulação. SMA é um paradigma da computação, onde um conjunto de agentes em um ambiente computacional distribuído interagem entre si, implementando técnicas de inteligência artificial distribuída (WOOLDRIDGE [2]). A utilização de SMA é apropriada para trabalhar a otimização da gestão da cadeia de suprimentos em função da característica desta estrutura que envolve diferentes unidades de negócio como elos que interagem entre si. Dessa forma, estes elos podem ser modelados como agentes autônomos que buscam reduzir os custos envolvidos nas negociações realizadas ao longo da cadeia.

Trabalhos recentes sobre SMA aplicados na cadeia de suprimentos versam sobre a construção de ambientes de simulação onde são estudados diferentes cenários de gestão da cadeia de suprimentos (OLIVEIRA [3]), modelos baseados em agentes para a cadeia da General Motors onde se avalia a capacidade dos agentes em realizar negócios (NISSAN [4]), modelos para estudar o comportamento das cadeias de suprimentos competitivas (ALLWOOD [5]) e modelos de simulação baseados em agentes para reduzir o efeito chicote na cadeia de suprimentos (ZARANDI [6]).

Neste artigo um modelo para seleção de fornecedores é proposto baseado na abordagem SMA com o objetivo de reduzir os custos, padronizar as tomadas de decisões e sistematizar os processos. O estudo de caso da pesquisa foi realizado em uma empresa independente de exploração e produção de petróleo e gás (setor E&P) que opera campos localizados na Bacia do Recôncavo, no Estado da Bahia.

O artigo é dividido em sete tópicos. Após a introdução, o tópico dois traz uma breve contextualização sobre cadeia de suprimentos, os conceitos de agentes e SMA e aborda os recentes trabalhos publicados na área, através dos modelos de simulação baseados em agentes. O tópico três detalha a metodologia utilizada. O tópico quatro descreve o modelo proposto para seleção de fornecedores baseado no SMA. Por fim, o tópico cinco conclui o artigo com as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Cadeia de Suprimentos da Indústria de Petróleo

O petróleo é um produto com características extremamente dependentes da conjuntura global uma vez que o preço do barril do petróleo varia de acordo com o comportamento de fatores

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

socioeconômicos mundiais. Isso acarreta em uma alta sensibilidade da cadeia às variações do mercado, onde pequenas turbulências podem causar enormes danos ao longo da desta, em uma espécie de efeito cascata. Balizado por esta forte interdependência entre os elos da cadeia, Borsani [7] defende que a indústria do petróleo é um dos exemplos mais completos e abrangentes de complexidade logística no mundo empresarial. Portanto, o mercado de petróleo e derivados merece atenção especial no que se refere ao seu tratamento logístico (STAGI [8]).

A cadeia de suprimento da indústria do petróleo é representada por três grandes segmentos: *upstream*, *midstream* e *downstream*. O segmento *upstream* inclui a exploração e a extração do petróleo e/ou gás natural da terra ou do mar. O *midstream* é o segmento intermediário e engloba a atividade de transporte do local de extração até as refinarias, bem como a atividade de refino. O segmento de distribuição, ou *downstream* refere-se às tarefas de logísticas necessárias para levar os produtos refinados das refinarias para os pontos de consumo (STAGI [8]). A figura 1 ilustra os segmentos da cadeia de suprimentos da indústria do petróleo e as atividades existentes em cada segmento.

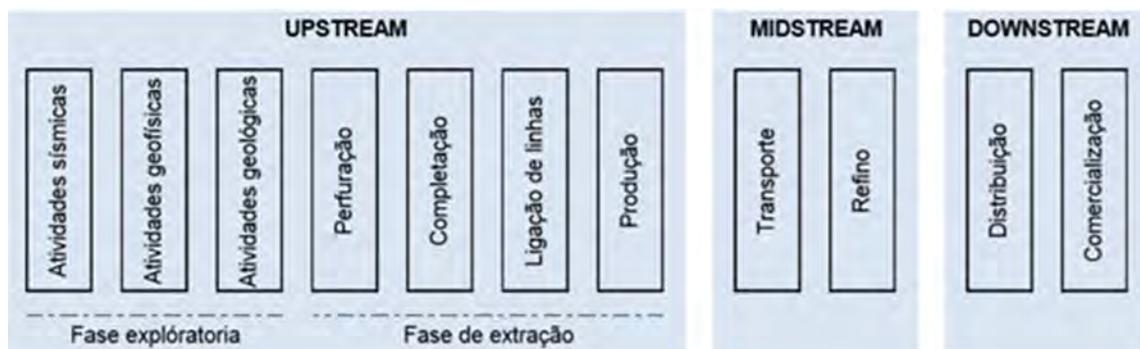


Figura 18 Cadeia de Suprimentos da Indústria do Petróleo.

Fonte: Elaboração própria.

Em todos os segmentos da cadeia é complexo o processo de seleção de um fornecedor, e essa complexidade aumenta em função das características do material a ser comprado. Três características básicas devem ser consideradas em um processo de decisão para se selecionar um fornecedor: preço, qualidade e serviço. Frödell [9] contou com a participação de 12 profissionais de compras e constatou que os critérios que costumam receber mais atenção estão associados primeiramente ao “custo”, seguidos por “competências-chave”, “complacência” e “capacidade para colaboração e desenvolvimento”. Portanto, os critérios de avaliação e seleção de fornecedores quando bem modelados e utilizados no contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos podem resultar em uma vantagem competitiva para as organizações.

Agentes e Sistemas Multiagentes

Agentes são entidades computacionais que estão situadas em algum ambiente e são capazes de executarem ações de maneira autônoma com o propósito de atingir seus objetivos. Quando um sistema é composto por um conjunto de agentes em um ambiente computacional

distribuído que interagem entre si, implementando técnicas de inteligência artificial distribuída esse sistema é denominado de sistema multiagentes (SMA), (WOOLDRIDGE [2]).

Um agente inteligente deve possuir uma base de conhecimentos, que servirá para embasar a resolução do tipo de problema ao qual o mesmo fora modelado, e métodos de busca e manipulação dessa base, que servirão para encontrar as informações que proverão a tomada de decisão da entidade. Os agentes ainda possuem características que podem contribuir para a realização de uma determinada tarefa, tais como: autonomia, interatividade, adaptabilidade, sociabilidade, mobilidade, representatividade, pró-atividade, coordenação, cooperação, competição, robustez e confiabilidade. Interações entre os agentes permitem a observação de comportamentos que provêm da sociedade dos agentes, como as decisões tomadas coletivamente a partir de análise e obtenção distribuída de dados que reforçam a característica de “aprendizado social” em SMA (SARAIVA [10]).

Modelos de Simulação Baseados em Agentes para a Cadeia de Suprimentos

Simulação é a técnica de estudar o comportamento de determinados sistemas através de processos de modelagem e experimentações, onde os modelos de simulação avaliam o desempenho em determinados cenários. A simulação da cadeia de suprimentos envolve a modelagem de cada empresa e a representação da relação de negócio entre elas como entes distintos e independentes, por isso uma adequada maneira de realizar esta modelagem se dá através de uma simulação feita de forma distribuída (OLIVEIRA [3]).

Um dos primeiros trabalhos a ser desenvolvidos na literatura utilizando agentes para representar os elos da cadeia de suprimentos é apresentado por Swaminathan [11]. Neste os autores definem um agente de software genérico que é então especializado para executar diferentes atividades em uma cadeia de suprimentos. Esse modelo divide os agentes em dois tipos: agentes de controle (demanda, estoque, fornecimento e informação) e agentes estruturais (varejista, distribuidor, produtor, fornecedor e transportador). Em Oliveira [4], as ideias dos agentes propostos por Swaminathan [11] embasam o modelo apresentado que é constituído por um ambiente de simulação que contempla diferentes aspectos de gestão como: troca de informação tradicional, compartilhamento da informação sobre demanda, decisão de produção e distribuição centralizada na fábrica e troca de informação tradicional com restrição de capacidade produtiva.

Com a intenção de avaliar a aplicabilidade da abordagem por agentes para realizar processos reais, representando entidades reais que realizam negócios com a empresa, Nissan [4] apresenta um modelo baseado em agentes para a cadeia da General Motors onde se avalia a capacidade dos agentes em realizar negócios em nome de usuários, compradores e vendedores. Enquanto que Allwood [5], com a intenção de estudar o comportamento de cadeias de suprimentos competitivas, propõem um modelo onde a seleção de fornecedores, a distribuição de pedidos para clientes preferenciais e a gestão da produção e do estoque são realizadas por agentes inteligentes.

Já Zarandi [6] desenvolveu um modelo de simulação baseado em agentes para reduzir o efeito chicote em uma cadeia de suprimento de quatro estágios, onde cada agente representa um

estágio da cadeia e, através de equações matemáticas, determinar a melhor alternativa para controle de estoque para cada elo da cadeia. Ferreira [12] apresenta um modelo de simulação composto por agentes genéricos para analisar a cadeia de suprimentos, o autor propõe a ideia de utilizar agentes normativos, e realiza a simulação da cadeia do biodiesel.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser classificado como um estudo de natureza exploratória, por se tratar de um estudo de caso que procura desenvolver, esclarecer e elucidar conceitos, ideias e hipóteses. O objetivo principal é desenvolver um modelo para seleção de fornecedores sob a abordagem multiagente no contexto da indústria óleo e gás.

Com relação à abordagem do método, essa pesquisa possui um caráter qualitativo. Os dados foram coletados através de entrevistas semi-estruturadas realizadas com 9 profissionais no período de janeiro a maio de 2015, gerentes de manutenção e sondas, coordenador de suprimentos, supervisor de operação, técnicos de sonda, além do analista e assistente de suprimentos.

4. RESULTADOS

A empresa em que foi realizada a pesquisa encontra-se no segmento *upstream* da cadeia. A área de suprimentos da referida empresa é composta pelos setores de compra e gestão de estoques, onde os colaboradores do setor de compras são responsáveis por selecionar os fornecedores de acordo os critérios estabelecidos pela empresa e realizar as compras. Já os colaboradores de gestão de estoque são responsáveis por receber, conferir e armazenar os materiais comprados, realizar os atendimentos do almoxarifado e realizar a gestão dos itens em estoque.

Quanto ao gerenciamento de materiais e equipamentos, estes são armazenados no estoque e classificados por grupos de unidades da empresa, a saber: caldeiraria, elétrica, instrumentação, laboratório, oficina de bombas, rotativos, segurança, sonda de completação e sonda de perfuração. Cada material possui um documento denominado Padrão Descritivo de Material (PDM), este documento contém as especificações técnicas do material e os valores referentes aos parâmetros de estoque (mínimo, máximo e de segurança), uma das principais funções do PDM é transmitir as informações do usuário que solicitou a inclusão do item, para a pessoa que irá realizar o cadastro, e por motivo de segurança após o cadastro o documento é arquivado. Antes de cadastrar um novo item é verificado no sistema se já existe algum item com as mesmas características, ou seja o mesmo item com outra nomenclatura.

Os principais solicitantes de suprimentos são os setores operacionais da empresa. Para solicitar um material ao setor de suprimentos, o solicitante realiza o cadastramento da solicitação de material no sistema. Em seguida, a solicitação é enviada para aprovação do gestor responsável, este deve avaliar a solicitação e apenas mediante a sua aprovação o material é requisitado para o setor de suprimentos, o solicitante então dirige-se ao armazém, confere o pedido e retira o material. Caso a solicitação não seja aprovada e seja necessário fazer uma alteração, um novo cadastramento no sistema é realizado, seguindo então

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

novamente para a avaliação do gestor. O processo de solicitação e retirada de material é representado na figura 2.

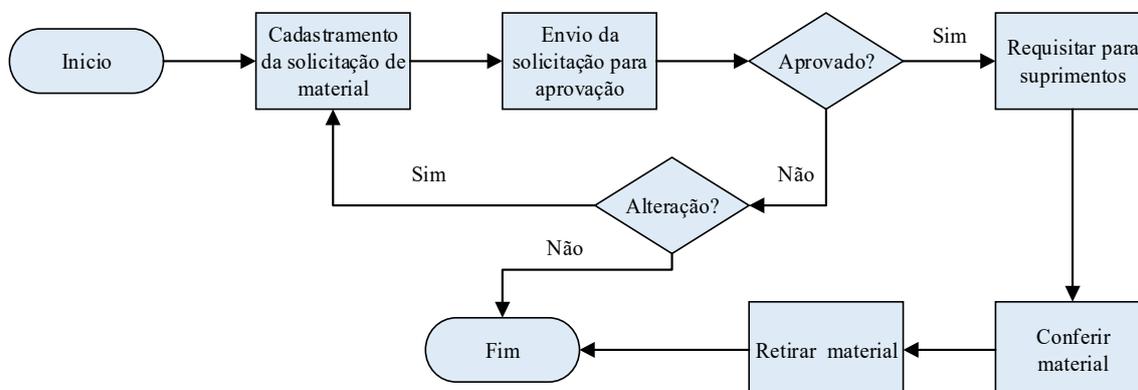


Figura 19 Fluxograma de solicitação e retirada de material.

Fonte: Elaboração própria.

A empresa possui aproximadamente dez mil itens cadastrados no sistema de suprimentos, que são classificados de acordo com suas características semelhantes. Os materiais de reposição específica, que são vitais para os equipamentos que influenciam diretamente na produção, são considerados críticos e permanecem estocados até sua utilização. Porém, alguns itens críticos não podem ser armazenados na empresa devido a sua dimensão, nesses casos existe um contrato para que o fornecedor mantenha o estoque na sua fábrica, e caso ocorra algum problema o fornecedor tem um prazo específico para transportar o material até a empresa. Nesse segmento da indústria, existem fornecedores de peças e equipamentos nacionais e internacionais, o que torna o processo de seleção de fornecedor ainda mais complexo.

Oliveira [13], apresenta um modelo para gestão das instalações do campo de petróleo *onshore* utilizando a abordagem SMA. As principais funções desse sistema são o diagnóstico de problemas relacionados com a produtividade de cada componente do campo de petróleo, a análise de rentabilidade e o apoio a tomada de decisão. Nesse modelo cada agente de software representa uma função do campo de petróleo. Nele estão modelados os agentes operacionais (que estão diretamente ligados à produção), os agentes de intervenção (que estão ligados às atividades de manutenção) e os agentes de abastecimento (que estão ligados ao fornecimento de materiais e equipamentos).

A relação entre os agentes desse modelo ocorre da seguinte forma: ao identificar um problema, o agente de operação aciona o agente de intervenção, informando o problema, o agente de intervenção, por sua vez, solicita para o agente de suprimentos o material para realização do serviço, e este é responsável por fazer a melhor escolha na negociação de mercadorias com o fornecedor. A figura 3 ilustra a relação entre os agentes do modelo de Oliveira [13].

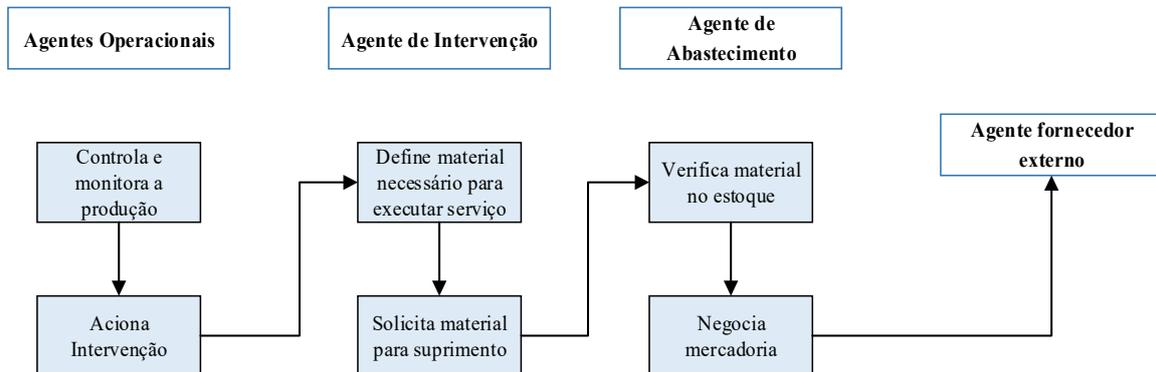


Figura 20 Relação entre os agentes do modelo.

Fonte: Elaboração própria

Na indústria de petróleo um dos métodos para o processo de seleção de fornecedores é por meio de cotação, que é considerado um processo longo, onde apenas o custo de aquisição do produto é avaliado, sem considerar outros critérios como confiabilidade e flexibilidade do fornecedor, por exemplo. Partindo do modelo de Oliveira [13], o modelo proposto neste trabalho, foca no processo de seleção de fornecedores através das negociações entre os agentes de suprimentos e os agentes fornecedores, buscando otimizar e reduzir os custos envolvidos no processo.

O modelo é composto por três diferentes classes de agentes: o agente de suprimento é responsável pelo processo de compra; os agentes especialistas são responsáveis por analisar as propostas enviadas pelos fornecedores e escolher a melhor de acordo com os critérios pré-estabelecidos na tabela de desempenho de fornecedor; e os agentes fornecedores representam as empresas fornecedoras envolvidas na negociação da mercadoria. A figura 4 ilustra a comunicação entre os agentes do modelo.

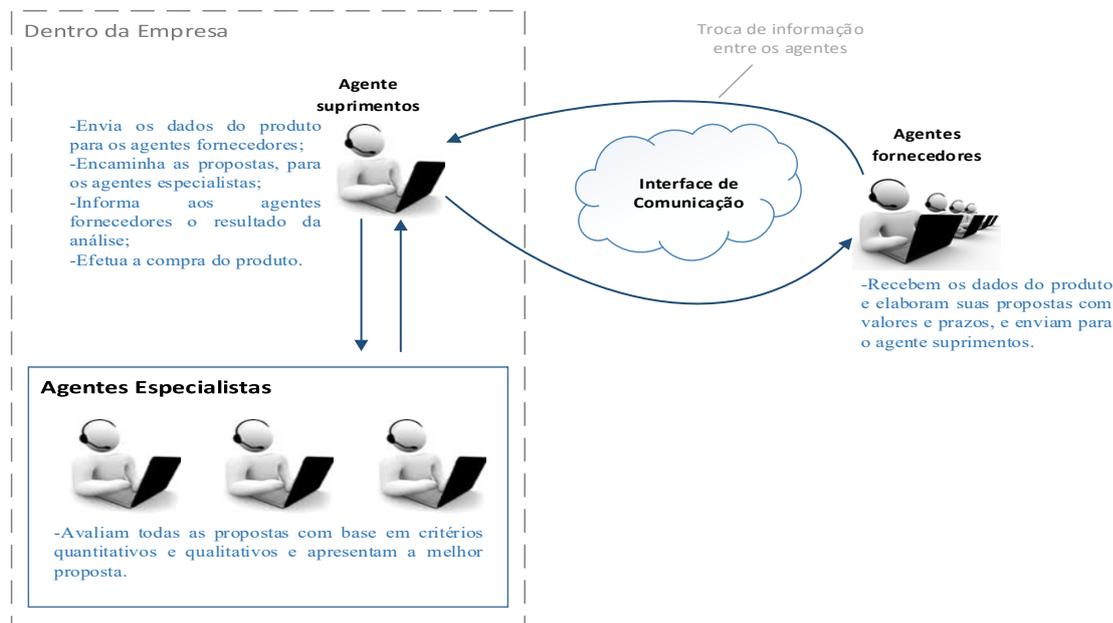


Figura 21 Modelo Multiagente Proposto.

Fonte: Elaboração própria

Para que as informações trocadas entre as empresas pelos agentes sejam compreendidas por ambas as partes, os agentes utilizam uma ontologia de negociação. Ontologia é um tópico bastante popular no domínio da inteligência artificial, que pode ser descrita como um conjunto de termos representacionais que definem uma taxonomia (FERNANDES [14]). Portanto a ontologia de negociação visa representar todos os termos envolvidos em uma negociação para que os agentes envolvidos os entendam e possam fazer análises e inferências sobre as informações recebidas nos processos de negociação.

A seguir é feita uma descrição detalhada de cada agente que compõe o modelo:

Agente de Suprimentos – é responsável por responder ao agente de intervenção (que solicita o material necessário para o serviço). Caso seja necessário, é também responsável pela compra de material, enviando os dados da mercadoria a ser adquirida para que os agentes fornecedores apresentem suas propostas. Ao recebê-las em retorno, o agente de suprimentos as encaminha para os agentes especialistas, que analisam as propostas e retornam um parecer sobre cada uma, o agente de suprimentos então informa aos agentes fornecedores o aceite ou a recusa da proposta e efetua a compra com o fornecedor selecionado;

Agente Especialista – é responsável por avaliar todas as propostas e, com base nos critérios pré-estabelecidos, indicar qual a melhor delas. Os critérios quantitativos e qualitativos são: habilidade técnica, preço, prazo de entrega, qualidade, custo total da aquisição, confiabilidade e flexibilidade do fornecedor. Concluída a análise um fornecedor é selecionado e uma mensagem é transmitida para o agente suprimentos.

Agente Fornecedor – representam cada uma das empresas fornecedoras que participam da negociação. Ao receber os dados da mercadoria a ser adquirida pelo agente suprimentos, os agentes fornecedores elaboram suas propostas com seus valores e prazos e as enviam para serem submetidas ao processo de análise dos agentes especialistas.

Esses agentes são softwares que automatizam as operações e facilitam o dia a dia da produção. À medida que os agentes executam suas atividades há um avanço no processo de contratação e aquisição de materiais, porque a escolha do fornecedor é feita através de uma avaliação dinâmica e atual. Isso resulta em uma redução de custo, padronização da tomada de decisão, sistematização dos processos e aprendizagem que pode ser modelado através do uso de técnicas de inteligência artificial como Redes Neurais, Lógica Fuzzy e *Case Base Reasonig*. Em Oliveira [13], uma modelagem em Lógica *Fuzzy* foi elaborada para incluir conhecimento especialista no agente de forma que este possa fazer inferências sobre dados coletados no ambiente em que se insere. Para o modelo de seleção de fornecedores apresentados neste trabalho, a Lógica *Fuzzy* tem se mostrado adequada nos estudos preliminares pois lida bem com o cruzamento de critérios distintos. O *Case Base Reasoning* também está sendo estudado para ser usado na proposta uma vez que utiliza casos ocorridos no passado como base para as inferências futuras, dessa forma o processo do aprendizado do agente pode facilmente ser dinâmico. Em contrapartida, o uso de *Case Base Reasoning* exige um maior detalhamento dos casos, diferente da Lógica *Fuzzy* que lida bem com incertezas no modelo.

No caso da empresa do estudo de caso, os critérios utilizados para seleção de fornecedores de itens considerados críticos como válvulas e bombas, são o menor preço e as especificações técnicas do material, já quando um item não é crítico apenas o preço é avaliado. Porém, mediante observação no estudo, muitas vezes acontecem problemas com a chegada do material, como atraso, problemas de qualidade, produto fora de especificação técnica, entre outros e que não são considerados nos critérios de seleção da empresa. Utilizando o modelo, ao selecionar o fornecedor serão analisados critérios quantitativos e qualitativos, como habilidade técnica, preço, prazo de entrega, qualidade, custo total da aquisição, confiabilidade, flexibilidade, resultando em uma melhora do processo e redução dos custos, já que cada avaliação vai para um banco de dados e compõe um histórico que garante uma evolução no processo de seleção e negociação.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou apresentar uma proposta para seleção de fornecedores sob a abordagem multiagente, tendo como base uma pesquisa realizada em uma empresa independente de exploração e produção de petróleo e gás (setor E&P). Atualmente o projeto de pesquisa encontra-se na fase de desenvolvimento sob uma plataforma JAVA. Os dados coletados no estudo de caso serviram de base para a conceituação do modelo e estão sendo usados para tornar o cenário de testes do programa o mais próximo do real possível. Em paralelo, estruturas de aprendizagem estão sendo estudadas para compor o módulo de inteligência dos agentes. Este módulo também será desenvolvido no programa supracitado assim que for decidida a técnica de Inteligência Artificial a ser usada. O principal objetivo do modelo é reduzir os custos, padronizar as tomadas de decisões e sistematizar os processos de seleção de fornecedores. Diante de análises apresentadas no trabalho percebe-se o potencial do modelo que pode ser convertido em uma vantagem competitiva para as empresas que o adotarem, uma vez que o modelo pode abarcar diversos critérios de análise de fornecedores, entregando um

resultado mais assertivo. Vale ressaltar que o modelo é robusto e se mostra extensível a outros processos além da indústria de óleo e gás.

6. REFERÊNCIAS

¹Thruogachantar, P.; Zailani, S. The Influence of Purchasing Strategies on Manufacturing Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, p. 641-663, **2011**. .

²Wooldridge, Michael. *An Introduction to Multi Agent Systems*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, **2002**. p. 376

³Oliveira, C.M.; Carvalho, M.F.H. Análise de Políticas de Gestão em Cadeias de Suprimentos por Modelos de Simulação. *Gestão e Produção*, v. 11, n. 3, p. 313-329, **2004**.

⁴Nissan, M.E. Agent-based Supply Chain Integration. *Information Technology and Management*, v. 2, p. 289-312, **2001**.

⁵Allwood, J. M.; Lee, J.H. The Design of an Agent for Modelling Supply Chain Network Dynamics. *International Journal of Production Research*, v. 43, p. 4875-4898, **2005**.

⁶Zarandi, M.H.F.; Pourakbar, M.; Turksen, I.B. A Fuzzy Agent-based Model for Reduction of Bullwhip Effect in Supply Chain Systems. *Expert Systems with Applications*, v. 34, p. 1680-1691, **2008**.

⁷Borsani, A. J. Uma Contribuição à logística da Indústria do Petróleo: modelo de regressão dinâmica para previsão dos preços dos óleos WTI e BRENT. Florianópolis: UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, **2001**. (Dissertação de Mestrado).

⁸Stagi, A. C. Logística na Comercialização de Petróleo e Derivados. Indaial: Grupo UNIASSELVI, **2011**.

⁹Frödell, M. Criteria for Achieving Efficient Contractorsupplier Relations. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 18, p. 381-393, **2011**.

¹⁰Saraiva, F. L. Aplicação de Sistemas Multiagentes para Gerenciamento de Sistemas de Distribuição tipo Smart Grids. São Carlos: EESC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, **2012**. (Dissertação de Mestrado).

¹¹Swaminathan, J.M.; Smith, S.F.; Sadeh, N.M.; Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach, *Decision Sciences*, v. 29, n. 3, **1998**.

¹²Ferreira, L. Um Modelo De Simulação Baseado Em Agentes Para Análise De Cadeias De Suprimento. Porto Alegre: UFRGS, Programa De Pós-Graduação Em Administração, **2009**. (Tese de Doutorado).

¹³Oliveira, V.; Tanajura, A. P.; Lepikson, H. A Multi-Agent System for Oil Field Management. 22 maio 2013, São Paulo: [s.n.], 22 maio **2013**. p. 35–40.

¹⁴Fernandes, O. Construção e Exploração de Ontologias para a Negociação Automática em Empresas Virtuais. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, **2007**. (Dissertação de Mestrado).

V WORKSHOP DE PESQUISA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI) E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)



Desafios para Sustentabilidade Global



Iniciação Científica

Apoio:



fapesb



Fundação de Amparo
à Pesquisa do Estado da Bahia



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

Realização:



Programa de
Recursos Humanos
da ANP



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis



PRH 55



ENERGIA & AMBIENTE



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

SUMÁRIO – INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DOS COMPÓSITOS DE MADEIRA PLÁSTICA (CMP) AO LONGO DO CICLO DE VIDA COM ENFOQUE NAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE): O CASO DO CMP DE POLIPROPILENO E PÓ DE MADEIRA RESIDUAL.....	715
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLDAGEM GTAW NA MICROESTRUTURA E RESISTÊNCIA A CORROSÃO DO AÇO UNS S32760	716
ANÁLISE DE DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES TURBULENTAS EM UM MODELO GAUSSIANO PARA O CÁLCULO DE DISPERSÃO DE POLUENTES.....	717
ANÁLISE DE FALHA EM HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEÁVEL POR ENSAIO DE FADIGA...718	
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DO MODELO MSDEF.	719
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA	720
CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO COM MATRIZ DE POLIPROPILENO E 30% DE FIBRA DE COCO.	721
CULTIVO E ESTRESSE DE MICROALGA PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA COM ALTO TEOR DE BIOATIVOS.....	722
DESENVOLVIMENTO DE PLACAS CERÂMICAS DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.	723
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CATALÍTICOS PARA GERAÇÃO DE ÉTERES DE GLICERINA BRUTA.	724
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOBIOCOMPOSITOS ADITIVADOS PARA ARMAZENAMENTO DE MANGAS <i>TOMMY ATKINS</i>	725
EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO	726
ESTUDO AERODINÂMICO DE ROTORES DE AEROGERADORES.....	727
ESTUDO COMPARATIVO DA PROTEÔMICA EM <i>RHIZOPHORA MANGLE</i> E <i>LAGUNCULARIA RACEMOSA</i> PRESENTES EM AMBIENTES ESTUARINOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBONETOS LOCALIZADOS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS.	728
ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E POSSÍVEL INFLUÊNCIA NO SURGIMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS ENVOLVENDO DUAS LAGOAS DA PRAIA DO FLAMENGO: LAGOA VITÓRIA E LAGOA DO FLAMENGO.....	729
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCS COM FARINHA DE MADEIRA	730

SUMÁRIO – INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCAMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA.....	731
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO DE PHB COM FIBRA DE COCO.	732
GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I.....	733
IDENTIFICAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO E DE SITUAÇÕES PROFISSIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE UM <i>GAME</i> NA ÁREA DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA	734
INFLUÊNCIA DA RESINA POLIVINIL BUTIRAL (PVB) UTILIZADA COMO COMPATIBILIZANTE EM COMPÓSITOS DE RESINA POLIÉSTER INSATURADA.	735
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES RESINAS DE POLIVINIL BUTIRAL EM POLI(ETILENO-CO-ACETATO DE VINILA).....	736
INVESTIMENTOS FINANCEIROS EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO.....	737
OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE DE DIFERENTES FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS.....	738
POLIÉSTERES SUSTENTÁVEIS OBTIDOS A PARTIR DA DESPOLIMERIZAÇÃO DE GARRAFAS PET.	739
PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIIS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS (<i>SURFACE-ENHANCED RAMAN SCATTERING</i>).....	740
ROBÔ AUTÔNOMO ORIENTADO POR GPS	741
UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE	742

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DOS COMPÓSITOS DE MADEIRA PLÁSTICA (CMP) AO LONGO DO CICLO DE VIDA COM ENFOQUE NAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE): O CASO DO CMP DE POLIPROPILENO E PÓ DE MADEIRA RESIDUAL.

*Milene P. L. Moreira¹, Arilma O. do C. Tavares².

¹Faculdade SENAI CIMATEC, Estudante de Gestão Ambiental, PIBIC, Fapesb.

²Faculdade SENAI CIMATEC, Professora Assistente.

Palavras Chave: Compósito, pegada de carbono. GEE. Madeira plástica.

Introdução

Atualmente há uma grande busca por novos materiais causados pela crescente necessidade de consumo, que vem sendo amplamente discutida, e com isto os cientistas têm buscado desenvolver novos materiais que supram essa necessidade, mas que ao mesmo tempo não causem e até mitiguem os impactos ambientais nocivos ocasionados por esse elevado consumo. Um exemplo desses seria o compósito, que seria um material derivado da extrusão de dois materiais, sendo que estes podem ser resíduos anteriormente considerados sem utilidade.

Para avaliar o ganho ambiental do uso dos compósitos pode ser utilizada a Avaliação do Ciclo de Vida, a qual é orientada pela ISO 14040¹. Nessa avaliação é possível identificar os impactos ambientais associados, podendo focar apenas em um deles, como o aquecimento global, através do indicador pegada de carbono.

Com isso, a pesquisa tem como objetivo apresentar conhecimentos técnicos científicos identificando os principais fluxos de matéria prima, energia com enfoque nos gases do efeito estufa ao longo da cadeia de produção do deck de piscina com compósito de resíduo de madeira (polipropileno + resíduo da madeira eucalipto) e deck de piscina 100% de madeira (eucalipto). Posteriormente serão comparadas as emissões de GEE destes produtos para verificações dos ganhos ambientais.

Resultados e Discussão

Foi realizada uma avaliação qualitativa do berço ao túmulo. A avaliação quantitativa foi realizada do berço ao portão, pois a etapa de descarte é igual nos dois casos (não interferindo no resultado) e a etapa de uso, apesar de ser diferente, devido à necessidade de envernizar a madeira convencional, não foi possível obter a pegada de carbono do uso do verniz. No entanto, acredita-se que seja insignificante no cálculo da pegada total.

A comparação entre os dois decks demonstra que o compósito tem uma maior pegada de carbono em relação à madeira pura. No caso do deck de compósito, observa-se a extração, refino e

beneficiamento do petróleo para a produção do Polipropileno, representa 44% do valor total da vida desse produto, especialmente devido às emissões diretas de GEE associadas aos processos. Também, a etapa de produção do compósito apresentou um percentual expressivo de 44% do valor da pegada de carbono total, sendo esse valor devido ao consumo de energia dos equipamentos. Já o deck de madeira teve a maior contribuição advinda da etapa de beneficiamento da madeira, com 80% do valor total da pegada de carbono, sendo esse valor oriundo do alto consumo de energia dos equipamentos utilizados nesse processo.

A etapa de transporte para o deck de madeira teve um impacto considerável, representando 9% do valor total, isso porque a produção da madeira está a 806 km da unidade produtora do deck, enquanto que para o compósito os fornecedores de polipropileno e farinha de madeira estão nas proximidades. Dessa forma, o item transporte é variável em função da localidade onde esteja sendo feita a avaliação. Destaca-se que o aspecto tecnológico utilizado na cadeia de produção também influencia nos valores das pegadas de carbono.

Conclusões

A pesquisa mostrou uma pegada de carbono menor para o deck de piscina feito com madeira convencional em relação ao deck feito com madeira plástica, ou seja, compósito (farinha de madeira e polipropileno). No entanto, deve-se ressaltar que esse resultado foi obtido a partir das especificidades locais (tecnologias e logística).

De qualquer forma, para uma redução significativa da pegada de carbono do deck de madeira plástica, deve-se priorizar o uso de compósito obtido a partir de resíduo plástico e não de polímero virgem.

Agradecimentos

Esse projeto contou com apoio do Laboratório de Polímeros do SENAI CIMATEC.

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. NBR 14040:2009 Versão Corrigida:

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLDAGEM GTAW NA MICROESTRUTURA E RESISTÊNCIA A CORROSÃO DO AÇO UNS S32760

Matheus R. S. Almeida^{1*}, Raphael O. Santos^{2,3}, Rodrigo S. Coelho^{2,3}, Lilian L. N. Guarieiro^{3,4}.

¹ Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Salvador-BA, Brasil, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb; ² Instituto SENAI de Inovação em Conformação de Materiais, Salvador-BA, Brasil; ³ SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, Salvador-BA, Brasil; ⁴ INCT de Energia e Ambiente, UFBA, Salvador-BA, Brasil.

Palavras Chave: Superduplex, Soldagem, Corrosão, Microestrutura, UNS S32760.

Introdução

A exploração *offshore* representa um desafio para o desenvolvimento de materiais cada vez mais resistentes à corrosão, pois o material precisa resistir a maiores esforços mecânicos e a presença de ambientes agressivos. Aços inoxidáveis duplex tem sido a solução apresentada, no entanto o processamento térmico das ligas duplex pode prejudicar suas propriedades. Este trabalho avaliou as alterações microestruturais, a resistência à corrosão e a microdureza de uma peça soldada pelo processo TIG (GTAW), do aço UNS S32760. O aço foi analisado nas condições como recebido e após a soldagem, antes e após o ensaio de corrosão realizado de acordo com o método A, da norma ASTM G48-03. A análise por microscopia óptica foi realizada para avaliação de presença de precipitados e medida da porcentagem de fases.

Resultados e Discussão

Análises com termopares mostraram que o corpo de prova experimentou um aquecimento acima de 1350°C, o que garante uma ferritização completa do metal, segundo cálculo termodinâmico do software Thermo-Calc®.¹ Este efeito pode ser observado na macrografia (Figura 1) com as zonas: fundida (ZF), de crescimento de grão ferrítico (ZCF), e de transformação parcial (ZTP).

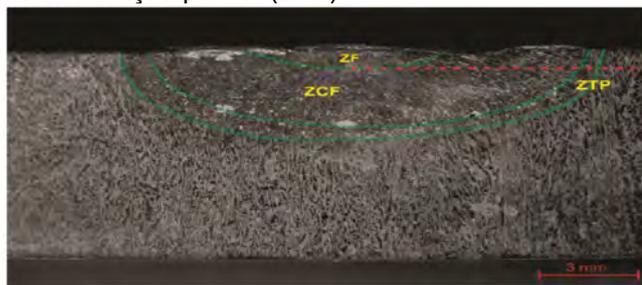


Figura 1. Macrografia da seção transversal do corpo de prova soldado.

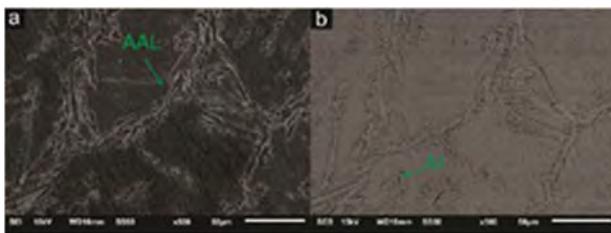
Como a energia de soldagem foi elevada, a temperatura atingida permitiu uma taxa de resfriamento suficiente para a austenita se precipitar, no entanto não suficiente para atingir uma característica mais homogênea. Assim, predominaram na amostra: austenita alotrimórfica, precipitada nos contornos de grão da ferrita e também austenita intragranular (Figura 2).

O ensaio de microdureza mostrou um aumento de dureza na zona termicamente afetada em comparação com metal base, sendo que alguns pontos apresentaram desvios em comparação com

os pontos adjacentes. Esse desvio pode ser indício da precipitação de intermetálicos nessas regiões. As menores oscilações, tanto na zona afetada pelo calor quanto no metal base podem ser justificadas pela ligeira diferença de dureza entre as fases.

Figura 2. MEV; austenita alotrimórfica (AAL) e austenita intragranular (AI) (a) detector de elétrons secundários (b) detector de elétrons retroespalhados.

No ensaio de corrosão o corpo de prova apresentou uma perda de peso de 0,7120 g. As regiões



preferencialmente atacadas foram: ZTP, apresentando maior densidade de pites rasos, seguida da ZF com uma pequena densidade de pites, porém estes do tipo subsuperficial horizontal.

Conclusões

Pôde ser observada uma considerável mudança microestrutural na zona afetada pelo calor do arco. Apesar de o alto aporte térmico ter proporcionado uma taxa de resfriamento capaz de causar a nucleação e crescimento da austenita, pode ter causado a precipitação de finas fases intermetálicas.

Os resultados do ensaio de corrosão favorecem a suposição de regiões de precipitação de intermetálicos. Isto porque a precipitação destes nessas regiões causa o empobrecimento de cromo nas adjacências do precipitado, onde a corrosão se iniciaria.

Agradecimentos

Villares Metals, FAPESB, Capes, CNPq, Instituto SENAI de Inovação, equipe de materiais do SENAI CIMATEC.

¹Londoño, A. J. R. Precipitação de fases intermetálicas e austenita secundária na ZAC de soldagens multipasse de aços inoxidáveis duplex. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

ANÁLISE DE DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES TURBULENTAS EM UM MODELO GAUSSIANO PARA O CÁLCULO DE DISPERSÃO DE POLUENTES.

André Conceição A. de Jesus^{1*}, Davidson M. Moreira²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia Mecânica, PIBIC, SENAI

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, PPGMCTI.

Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã, Salvador – BA, 41650-010.

Palavras Chave: Modelo Gaussiano, Dispersão de poluentes, Camada limite atmosférica.

Introdução

A crescente preocupação com o meio ambiente está evidente no dia-a-dia, este fato tem inspirado pesquisadores em estudos que contribuem para uma possível melhoria na qualidade de vida da população, para tal fim, modelos matemáticos permitem estimar o comportamento de poluentes atmosféricos emitidos por uma determinada fonte e então determinar a qualidade do ar em determinada região. Trata-se de uma ferramenta computacional imprescindível para os órgãos governamentais que controlam o meio ambiente, baseada em algoritmos que determinam a concentração de poluentes, sendo o modelo mais usado, os chamados modelos Gaussianos que são simples e possui uma rápida visualização do campo de concentração na região em análise. Entretanto, para o modelo ser representativo ele necessita de informações da física da camada limite atmosférica (CLA), as quais estão contidas na parametrização da turbulência, ou seja, nos parâmetros de dispersão da pluma (os “sigmas”) (Moreira e Tirabassi, 2004).

A função distribuição normal ou Gaussiana fornece uma solução fundamental da equação de difusão. A solução é dada por:

$$\overline{c^y}(x, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_z U} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z - H_s)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + H_s)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

Onde $\overline{c^y}$ é a concentração integrada lateralmente,

H_s é a altura da fonte, σ_z a dispersão vertical da pluma (parametrização), z a altura acima do solo e U a velocidade média do vento (normalmente na altura de 10 m).

Uma aproximação no cálculo do parâmetro de dispersão vertical é considerar-se uma extensão da teoria de Taylor et al. (1921) ou um estudo realizado por Pasquill et al. (1983). As parametrizações serão avaliadas para verificar qual das duas expressões representa melhor a física da CLA em confronto com dados experimentais.

Resultados e Discussão

Neste trabalho foram utilizados dois experimentos já conhecidos na literatura: o experimento de Copenhagem, descritos no artigo de Gryning e Lyck et al. (1984) e o experimento de Prairie Grass descritos em Nieuwstadt (1980). Para cada experimento, foram utilizados dois tipos de parametrização (sigmas): a da extensão da teoria

de Taylor e a de Pasquill. A primeira é uma parametrização que possui muitos parâmetros de entrada, sendo complexa devido a sua integral (a qual deve ser resolvida numericamente), já a segunda, uma parametrização mais prática e simples. No experimento de Copenhagem, comparando os dois resultados (parametrização de Taylor e Pasquill), percebe-se que a parametrização de Pasquill apresenta resultados mais satisfatórios do que a parametrização com a teoria de Taylor. Da mesma forma, no experimento de Prairie Grass, a parametrização de Pasquill apresenta resultados mais aceitáveis do que a parametrização com a teoria de Taylor, porém, ambas as parametrizações não são adequadas no ponto de vista estatístico.

Conclusões

Os resultados de concentração de poluentes apresentaram melhor performance com a parametrização de Pasquill, tanto para o caso de fonte alta (Copenhagem) como para o experimento de fonte baixa (Prairie Grass). Entretanto, a performance foi efetivamente melhor para o caso de fonte alta, considerando a parametrização de Pasquill, o que é um resultado importante devido a sua simplicidade e facilidade de implementação computacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao SENAI e CNPQ pelo apoio financeiro

Gryning, S.E. and Lyck, E., **1984**. Atmospheric dispersion from elevated sources in an urban area: Comparison between tracer experiments and model calculations. *American Meteorological Society* 23, 651-660.

Moreira, D.M. e Tirabassi, T., **2004**. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: Um instrumento técnico para a gestão ambiental. *Ambiente e Sociedade* 7, n.2, 159-171.

Nieuwstadt, F.T.M., **1980**. A large-eddy simulation of a line source in a convective atmospheric boundary layer – I. Dispersion characteristic. *Atmospheric Environment. Part A, General Topics* 26, 485-495.

Pasquill, F. e Smith, F.B., **1983**, *Atmospheric Diffusion*, 3 ed. John Wiley and Sons, 437 pp.

Taylor, G.I., **1921**. Diffusion by continuous movements. *Proceedings London Mathematical Society* 20 (2), 196-221.

ANÁLISE DE FALHA EM HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEÁVEL POR ENSAIO DE FADIGA.

*Diego Regis Marinho¹, Pollyana da Silva Melo¹

¹Faculdade SENAI CIMATEC, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb.

E-mails: diegormarinho@hotmail.com, pollyanam@fieb.org.br

Introdução

Titânio e suas ligas são utilizados em grande escala como materiais de implante devido a aspectos técnicos, como resistência mecânica e a fadiga, além de algumas ligas de titânio comerciais apresentarem valores de módulo de elasticidade mais próximos do osso humano. Uma das ligas de titânio mais utilizadas para essa aplicação é Ti-6Al-4V^[1].

A confiabilidade das próteses é determinada pelo seu comportamento, com relação à falha, quando estimulada a determinadas propriedades mecânicas, como fadiga, tenacidade à fratura e resistência ao desgaste ^[2]. Resistência à fadiga é, talvez, o mais importante questão a ser abordada neste caso, onde várias pesquisas indicam que os mecanismos relacionados à fadiga são responsáveis pela maior parte das falhas mecânicas em componentes metálicos implantados em pacientes ^[3, 4].

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as causas para a falha da haste intramedular, submetida ao ensaio de fadiga.

Resultados e Discussão

As amostras foram submetidas ao ensaio de flexão em 4 pontos de forma estática e em seguida ao ensaio de fadiga, com 4 níveis de carregamento (75%, 65%, 55% e 45%) e uma frequência de 5 Hz, conforme recomendado na norma ASTM F 1264.

As amostras suportaram um milhão de ciclos com uma carga de 3,4KN (45%), porém ao realizar a réplica, a amostra apresentou falha prematura com uma quantidade de 266.959 ciclos. Para confirmação, foi realizada a réplica do ensaio, onde a amostra suportou a quantidade de ciclos especificada para esse tipo de haste. A figura 1 apresenta a SN de fadiga para haste em análise.

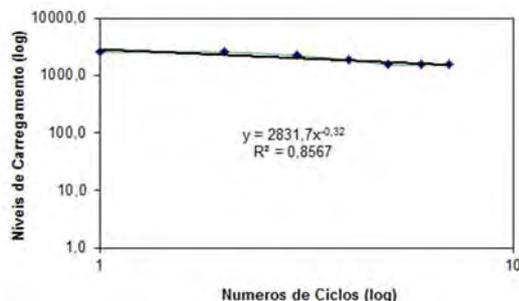


Figura 1. Curva SN para o ensaio de fadiga.

A amostra que fraturou prematuramente no ensaio de fadiga, foi submetida a análise da morfologia e da falha e a verificação da sua composição química. A tabela 1 demonstra que haste analisada apresenta composição da liga Ti6Al4V. A figura 2 apresenta a morfologia da falha, com indicação do início a partir

de grão não uniforme, ou seja, a amostra apresentou tamanhos de grãos diferentes.

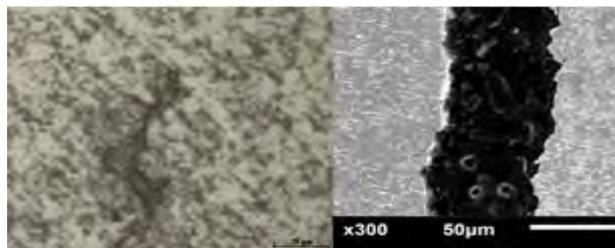


Figura 2. Imagens da trinca na haste após metalografia, com visualização em microscópio óptico e MEV.

Tabela 1. Teor dos elementos químicos presentes na liga.

Elementos	Ti	Al	V	Cr	Cu	Fe
Ti-6Al-4V	90,4	5,16	3,99	0,042	0,0023	0,195

Conclusões

A partir das análises realizadas é possível comprovar que a haste atendeu as exigências da norma ASTM F 1264 com relação, e que a haste que fraturou prematuramente (réplica) apresentou falta de uniformidade dos grãos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fapesb e ao SENAI CIMATEC pelo apoio nesta pesquisa.

¹Hsu, H.-C., Wu, S.-C., Hsu, S.-K., Li, Y.-C., & Ho, W.-F. (2014). Structure and mechanical properties of as-cast Ti–Si alloys. *Intermetallics*, 47, 11–16.

²Niinomi, M. (1998). Mechanical properties of biomedical titanium alloys, 243, 231–236.

³Teoh, S. H. (2000). Fatigue of biomaterials: a review, 22, 825–837.

⁴Niinomi, M. (2007). Fatigue characteristics of metallic biomaterials. *International Journal of Fatigue*, 29(6), 992–100.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DO MODELO MSDEF.

André Conceição A. de Jesus¹, Davidson M. Moreira³

Manoel Martínez Soto Júnior², Davidson M. Moreira³

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia Mecânica, PIBIC, SENAI

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia Mecânica, FAPESB, SENAI

³Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, PPGMCTI.

Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã, Salvador – BA, 41650-010.

Palavras Chave: Modelo MSDEF, Dispersão de poluentes, Camada limite atmosférica.

Introdução

A análise de dispersão atmosférica da emissão de foguetes que podem afetar receptores próximos ao solo, tem sido prática comum nos EUA simular emissões no lançamento de um veículo a partir do solo até aproximadamente 3000m.

A ferramenta para análise nos EUA é o modelo REEDM (“Rocket Exhaust Effluent Diffusion Model”), em português modelo de difusão de efluentes na exaustão de foguete. Desta forma, este programa foi usado como referência na modelagem física e matemática do problema em questão na elaboração do código do programa MSDEF.

A queima de combustível, durante os primeiros segundos antes e após o lançamento do veículo, resulta na formação de uma nuvem de poluentes próximos ao solo e que posteriormente atinge toda as camadas da terra. Com isso o código MSDEF é destinado a calcular concentrações máximas para lançamentos normais e abortados para uso em planejamento de atividades de missões e avaliação ambiental, previsões antes do lançamento dos efeitos ambientais de operação de lançamento e uma análise ambiental depois do lançamento.

Metodologia

O código MSDEF é designado para calcular concentrações de pico, com deposição seca e úmida, incluindo reações químicas. Para isto, o programa é controlado por um operador com dados de entrada introduzidos através de uma interface. Uma vez escolhida as opções de lançamento, o programa automaticamente seleciona um conjunto de dados para utilizar nos algoritmos desenvolvidos para calcular parâmetros como altura da camada limite atmosférica, velocidade convectiva, de atrito e comprimento de turbulência, além da posição no espaço da nuvem, de suas dimensões e da distribuição dos produtos efluentes dentro dela.

Resultados e Discussão

O modelo relaciona a formação inicial da nuvem na forma esférica para lançamentos normais e na forma cilíndrica para lançamentos abortados/ testes/ explosões. Uma vez que a nuvem atinge a condição de estabilidade térmica com a atmosfera, a nuvem é particionada em “discos”. Cada um destes discos se encontram em uma sequência de camadas

meteorológicas, definidas usando níveis de medida obtidas através de radiossonda.

Como diferença do modelo REEDM, o MSDEF considera continuidade de fluxo e concentração nas camadas meteorológicas, além de diferentes parametrizações da turbulência, utilizando o conhecimento mais atual da física da camada limite atmosférica.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos através dos diferentes dados de entrada introduzidos no MSDEF, para o poluente CO₂, com 1600 cal/g e céu claro:

Tabela 11: Resultado obtidos para o poluente CO₂

Taxa de emissão (kg/s)	Concentração máxima (mg/m ³)	Distância da concentração máxima (m)	Concentração máxima média (mg/m ³)	Distância da concentração máxima média (m)
520	6,33	864,0	1,40	1164,0
1520	8,54	991,2	2,38	1391,2
2520	8,72	1009,6	2,84	1609,6
3520	9,19	1131,2	3,29	1731,2
4520	8,94	1117,7	3,62	1817,7
5520	8,29	1131,0	3,76	1931,0
6520	7,58	1142,9	3,84	2042,9
7520	7,68	1217,2	4,05	2017,2
10520	7,22	1200,0	4,49	2100,0
15520	0,00132	424,0	0,000415	324,0

Resultados para os demais poluentes como HCL e CO, por exemplo, podem também ser obtidos através do programa.

Conclusões

Por uma perspectiva ampla, a abordagem utilizada pelo MSDEF para descrever a difusão de efluentes de foguetes é boa. O modelo divide o processo de difusão em camadas verticais, tratadas independentemente, sendo esta característica fisicamente aceitável.

O modelo precisa ser avaliado em situações reais, desta forma, o produto final resultará em novos modelos que poderão ser empregados em diferentes condições de estabilidade atmosférica, simulando campos de concentração em concordância com planos de emergência e situações de gestão ambiental.

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING DURANTE FADIGA EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FARINHA DE MADEIRA

Joyce B. Azevedo¹, *Ricardo Correia Sanches¹, Pollyana da Silva Melo¹

1 – Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb
E-mails: *joyce.azevedo@fieb.org.br, ricardocsanchess@gmail.com, pollyana.melo@fieb.org.br*

Palavras Chave: *Compósitos, Farinha de Madeira, Stress Cracking, Resistência a Fadiga*

Introdução

Neste estudo foi investigado o efeito do stress cracking durante a fadiga de compósitos com farinha de madeira. A obtenção de dados sobre a vida em fadiga e a resistência ao stress cracking desses compósitos é muito importante, já que as estimativas na literatura indicam que o maior número de falhas em peças obtidas por compósitos podem ser atribuídas a fadiga mecânica. A água foi escolhida como agente para ação do stress cracking já que as aplicações voltadas para o uso de polímero madeira estão relacionadas a construção civil como pisos, decks, rodapés. Para os ensaios foram usados compostos de PEAD com diferentes concentrações de pó madeira. Os ensaios foram feito na máquina Instron Electron Puls-3000, com célula de carga de 10kN, utilizou-se frequência de 1Hz e um nível de carregamento de 25% da carga máxima obtida no ensaio de tração.

Resultados e Discussão

Avaliação da resistência a tração.

Tabela 1: Resistência a Tração dos Compósitos

Formulação	Força Máxima (N)
Puro	878,4 ± 61,1
60% Mad.	381,2 ± 50,0
65% Mad.	496,8 ± 61,6
70% Mad.	751,6 ± 11,6

Resistência ao stress cracking durante a fadiga.

Tabela 2: Parâmetros do ensaio de Resistência a Fadiga

Parâmetros	% Farinha de Madeira			
	Puro	60%	65%	70%
Carga Máxima de Fadiga (N)	219,6	381,2	469,8	751,0
Carga Mínima (N)	22,00	9,5	12,4	18,8
Carga Média (N)	120,8	52,4	68,3	103,3
Amplitude (N)	98,8	42,9	55,9	84,5
Frequência (Hz)	1	1	1	1

Tabela 3: Número de ciclos dos compósitos analisados

Formulação	Número de Ciclos
Puro	613.487
60%	329.894
65%	298.457
70%	156.808



Figura 1: Número de ciclos em função da concentração de farinha de madeira.

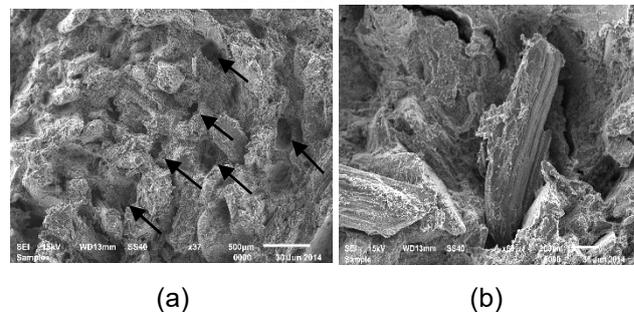


Figura 2: Micrografia da superfície de fratura dos compósitos: (a) 65% de Farinha de Madeira; (b) 70% de Farinha de Madeira

Conclusões

Com a análise de todos os dados podemos observar a fragilidade do material quando é adicionado um percentual elevado de carga. A resistência a fadiga foi fortemente influenciada pelas concentrações de cargas gerando falhas no material. Este comportamento foi justificado pela fraca adesão entre as fases dos compósitos conforme a morfologia da superfície de fratura. A influência da água não pode ser avaliada de maneira eficaz.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fapesb e ao SENAI CIMATEC pelo apoio nesta pesquisa.

¹Farias, R. R.; Santos, Z. I. G.; Azevedo, J. B.; in *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Campos do Jordão, 2011.

²Cruz, M. C. A.; Sousa, J. A.; in *Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Foz do Iguaçu, 2010

³Mondardo, F. H.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

CARACTERIZAÇÃO DO COMPÓSITO COM MATRIZ DE POLIPROPILENO E 30% DE FIBRA DE COCO.

***Rafael F. Vasconcelos¹, Josiane Dantas Viana², Luciano Pisanu.** ¹Faculdade SENAI CIMATEC, engenharia materiais, PIBIC, Fapesb. ²Faculdade SENAI CIMATEC, engenharia de materiais. ³ Faculdade SENAI CIMATEC, engenharia mecânica.

Introdução

O Brasil é um país que se destaca na produção de muitas fibras, tais como sisal, rami, algodão, coco e juta, porém diversas outras espécies são encontradas e cultivadas no país [1]. Com isso é crescente o interesse na utilização de materiais lignocelulósicos como reforço em compósitos. As vantagens do uso desses compósitos estão relacionadas às propriedades e características das fibras vegetais, destacando-se o baixo custo, a baixa densidade [2]. Porém existem algumas desvantagens na utilização dessas fibras naturais como carga em compósitos polímeros que são a facilidade de absorção de água, baixa compatibilização com a matriz polimérica e baixa temperatura de processamento visto que, a fibra degrada muito facilmente.

Esse trabalho teve como objetivo analisar e caracterizar o compósito com matriz de PP EP440L com 30% de fibra de coco, com e sem compatibilizantes.

Resultados e Discussão

Para caracterizar os compósitos obtidos através de uma extrusora co-rotante, corpos de prova injetados foram submetido a testes de tração e resistência ao impacto, segundo as normas ISO 527 e ISO 180, respectivamente. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores das propriedades mecânicas.

Composito	Tensão Força Máxima (MPa)	Tensão Ruptura (MPa)	Modulo Elástico (MPa)	Resis. ao Impacto (J/m ²)
PP puro	17,81	14,56	902,6	39,87
PP c/ F. de Coco	18,52	16,44	1538	11,60
PP c/ F. de Coco + Orevac 18507	17,41	13,60	1398	15,40
PP c/ F. de Coco + Orevac CA 100	22,35	21,51	1529,7	13,30
PP c/ F. de Coco+CesaMix	16,17	13,45	1302	13,85

Após a caracterização mecânica das amostras, a superfície de fratura criogênica do corpo de prova foi submetida e a uma análise morfológica através

de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Nas imagens do MEV da Fig. 1, foi possível perceber que em algumas formulações a fibra não adere muito bem a matriz do PP.

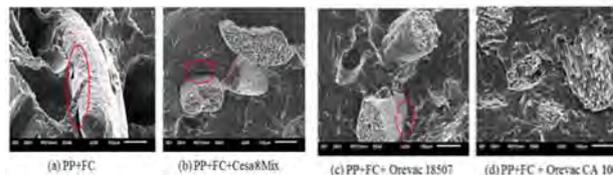


Figura 1. a) sem aditivos; (b) Cesa^R Mix; (c) Orevac 18507; e (d) Orevac CA 100. Os círculos vermelhos nas imagens destacam a falha na interação fibra-matriz.

Conclusões

Foi possível observar que ao adicionarmos a fibra de coco na matriz polimérica aumentou a rigidez. O agente de acoplamento Orevac CA100, apresentou a melhor molhamento das fibras de coco com a matriz do PP EP440L (Fig. 1 (d)) e melhorou as propriedades mecânicas como Módulo e Tensão na Força Máxima.

Agradecimentos

Os autores agradem ao CNPq, Fapesb pelo apoio financeiro e ao Senai Cimatec disponibilização dos laboratórios e das matérias primas.

¹ Santos, Evelise F., Moresco, Mauro, Rosa, Simone M. L., Nachtigall, Sônia M. B. Extrusão de compósitos de PP com fibras curtas de coco: efeito da temperatura e agentes de acoplamento Polímeros: Ciência e Tecnologia 2010, 20. Disponível: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47015848014>>

² Amim, Priscila e Pacheco, Elen. **Mistura de polipropileno e fibra de coco.** Jornal do plástico, disponível em: <http://www.jorplast.com.br/jpjun04/pag05.html>. Acesso em: 01/07/2015.

³ Wang Wei, Huang Gu. **Characterisation and utilization of natural coconut fibres composites.** Materials and Design, pags: 2741-2744, 13-de November de 2008.

⁴ Ishizaki, M. H. et al. - **Compósitos de polipropileno/fibras de coco verde.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 16, n° 3, p. 182-186, 2006.

CULTIVO E ESTRESSE DE MICROALGA PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA COM ALTO TEOR DE BIOATIVOS

Edvaldo Rosa Levita Filho*, Engenharia de Produção, PIBITI, CNPq, Edna dos Santos Almeida
¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Área de Meio Ambiente.

Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Palavras-Chave: Biomassa, bioativos, carotenoides

Introdução

A microalga *Haematococcus pluvialis* é reconhecidamente rica em carotenoides de ação antioxidante e colorante, bem como em lipídios¹.

Como parte de um projeto de produção, extração, determinação e uso destes bioativos, este trabalho visa a demonstrar práticas que aumentam a concentração de betacaroteno, astaxantina e lipídios na biomassa da microalga citada com o menor custo possível.

Resumem-se aqui o cultivo e o estresse da *H. pluvialis*. As atividades foram realizadas em escala de bancada, dado o seu cunho experimental, mas são citadas, algumas vezes, práticas e instrumentos industriais.

Metodologia

O cultivo foi realizado com meio BBM, a temperatura ambiente, com luminosidade adicional da lâmpada fluorescente. O crescimento das microalgas foi acompanhado através de contagem em microscópio biológico três vezes por semana.

Três semanas após o início do cultivo, as microalgas foram submetidas a estresse pela retirada da aeração, com conseqüente redução no nível de CO₂, que aumenta à produção intracelular de astaxantina e betacaroteno². A produção de bioativos foi determinada qualitativamente através da coloração. Após atingir o tom esperado de cor ferrugem, a extração pode ser iniciada.

Resultados e Discussão

O crescimento e o estresse das microalgas foram acompanhados e geraram os resultados abaixo:

Gráfico 1. Crescimento de *H. pluvialis*.

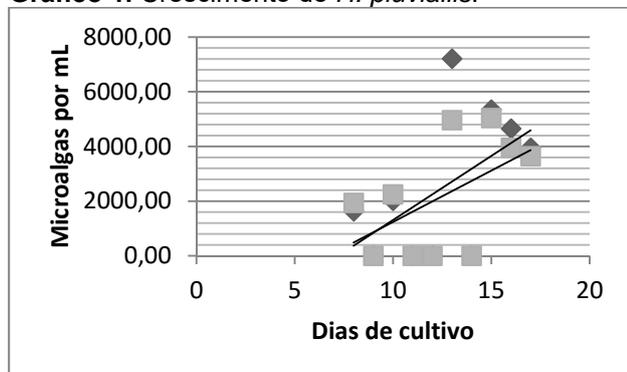


Figura 1. Aspecto visual de cultivo e estresse.



O gráfico e a imagem apresentam, respectivamente, o crescimento e o estresse das microalgas em **condições habituais de cultivo**. Há duas linhas no gráfico porque o cultivo ocorreu em duplicata.

A figura 1 mostra, na ordem, as seguintes etapas: início do cultivo através de repique, cultivo avançado (três semanas depois), início do estresse, fim do estresse, identificado pela coloração ferrugem.

Comprovou-se, desta forma, que o método de estresse por falta de CO₂ leva ao estresse e produção da microalga contendo os bioativos de interesse comercial.

Vale ressaltar que para o cultivo foram usados materiais e meio esterilizados para evitar contaminação e que as microalgas cultivadas (verde) estão sendo mantidas no laboratório para serem usadas como inóculo, visto que em uma segunda etapa do projeto, serão realizados este procedimento em escala piloto, bem como determinados quantitativamente a produção de bioativos a partir da de *H. pluvialis*.

Conclusões

Conclui-se que, o cultivo em condições estéreis levou ao crescimento das microalgas e a retirada de CO₂ provocou estresse e formação dos bioativos de interesse comercial, determinado qualitativamente através da coloração.

Agradecimentos

Agradeço a todos os que colaboraram com as etapas já realizadas do projeto, e em especial à minha orientadora, Edna Almeida, e a Sonia Villamizar, também bolsista do projeto.

¹ Lorenz, R. T., Cysewski, G. R., *Trends Biotechnol.* 2000, 18, 160–167.

² SARADA, R. et al, *Process Biochemistry* 37, 2002, 623-627.

³ GHASEMI, Ensieh, et al., *Food Chemistry* 126 (2011) 1449–1453

DESENVOLVIMENTO DE PLACAS CERÂMICAS DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Josiane D. V. Barbosa¹, Amanda Dantas¹, Joao Keniti Tan¹, Joyce Batista Azevedo¹

Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb

E-mails: josiane.dantas@fiieb.org.br; adantas446@outlook.com; joao.tan@fiieb.org.br; joyce.azevedo@fiieb.org.br,

Palavras Chave: cerâmica, óxido de magnésio, construção civil

Introdução

A necessidade de placas cerâmicas para a construção civil é cada vez mais crescente e com valores ainda relevantes. A partir disso, foi realizada uma pesquisa com diferentes materiais que reduzissem o custo do material e ao mesmo tempo promovesse ganho de suas propriedades. Dentre os materiais estudados, foi selecionado o óxido de magnésio (MgO) devido as suas características como: baixa densidade, elevado grau de pureza, refratário, boa resistência a abrasão e mecânica, além do seu baixo custo para ser usado em larga produção.

Após estudos realizados, para o atingimento do objetivo deste trabalho, bem como, das propriedades finais da placa cerâmica, foi definido uma composição composta por: óxido de magnésio (MgO), cloreto de magnésio (MgCl₂), pó de madeira e carbonato de cálcio (CaCO₃). Após a seleção dos materiais, foram preparadas 4 formulações mais a formulação padrão (usada atualmente no mercado)

Resultados e Discussão

A Tabela 1 abaixo apresenta os percentuais referente as quatro formulações estudadas.

Tabela 1. Tabela das formulações testadas

Formulação	MgO (%)	MgCl ₂ (%)	Madeira (%)	CaCO ₃ (%)
Padrão	36	13	15	36
F-01	36	13	7,5	43,5
F-02	36	13	33	18
F-03	36	13	11,25	39,75
F-04	36	13	3,75	47,25

Na Tabela 2, encontram-se dispostos os resultados encontrados quanto as propriedades físicas e mecânicas das formulações estudadas. Analisando os dados podemos observar que a F-02 apresentou os melhores resultados quando comparada a formulação padrão. Verificamos que os resultados de densidade e carga na ruptura foram bastante expressivos, resultando em uma placa compacta com boas propriedades.

Tabela 2. Propriedades físicas e mecânicas das formulações estudadas.

CARACTERÍSTICAS	AMOSTRAS				
	Padrão	F-01	F-02	F-03	F-04
Densidade - (g/cm ³)	1,61	1,77	1,22	1,69	1,84
Massa esp (g/cm ³)	1,65	1,73	1,24	1,63	1,80
Porosidade (%)	13,9	16,4	24,6	21,1	14,9
Absorção H ₂ O (%)	8,4	9,5	19,9	12,9	8,3
Carga de ruptura (kg)	118,7	47,2	171,1	12,6	48,4
Módulo de resist à flexão (kgf/cm ²)	91,7	34,8	104,9	16,1	25,2

A F-02 apresentou resistência mecânica elevada, baixa densidade necessitando apenas ser ajustada os valores de absorção de água, que é causado pelo óxido de magnésio que em contato com a água ou seu vapor forma óxido de magnésio hidratado com muita facilidade

Conclusões

Ao final deste trabalho concluímos que é possível obtermos placas cerâmicas para aplicação como drywall de baixo custo, a partir de formulações contendo uma mistura de diferentes materiais.

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem a Fapesb, a Embrapii, a Empresa WPC Nordeste e a Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC pelo apoio na pesquisa.

¹Curtis, M. D.; Shiu, K.; Butler, W. M. e Huffmann, J. C. *J. Am. Chem. Soc.* **1986**, *108*, 3335.

²Curtis, M. D.; Shiu, K.; Butler, W. M. e Huffmann, J. C. *J. Am. Chem. Soc.* **1986**, *108*, 3335.

³Araujo, E. M; Barbosa, R ; Oliveira, A. D; MORAIS, C. R. S; SOUZA, A. G. and MELO, T. J. A. de. Thermal and mechanical properties of PE/organoclaynanocomposites. *J. Therm. Anal Cal*, vol 87, 811, 2007.

⁴BODY, S. A., MORTLAND, M. M., CHIOU, C. T., Sorption Characteristics of Organic compounds on Hexadecyltrimethylammonium-smectite, *Soil Science Society. American Journal*, 54, 652-657, 1988

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CATALÍTICOS PARA GERAÇÃO DE ÉTERES DE GLICERINA BRUTA.

^{1*}Janaina N. Leite, ¹Otanéa B. Oliveira ¹Faculdade SENAI CIMATEC, engenharia elétrica, PIBITI.

janainanascimentoite@gmail.com, otanea@fieb.org.br

Palavras Chave: glicerina, éteres, reação de eterificação.

Introdução

Os éteres são potenciais aditivos oxigenados que podem ser usados tanto na gasolina quanto no diesel para favorecer melhor queima do combustível. O presente trabalho objetivou a formação de éteres a partir da glicerina bruta, co-produto da produção de biodiesel. As reações de eterificação foram realizadas a partir de rotas existentes na literatura, sendo testados catalisadores com características ácidas. A eterificação pela reação entre álcoois foi realizada em um reator Parr de 600 mL onde foram adicionados uma razão molar de 4:1 metanol e glicerol, juntamente com 20 gotas de ácido sulfúrico. A mistura reacional permaneceu por 01:30 h no reator sob pressão autógena e temperatura de 150°C.

A trimetilação com iodeto de metila em excesso, consistiu na adição de 60 mL de DMSO (dimetil sulfoxido) e 20g (357 mmol) de KOH em um balão permanecendo sob agitação por 5 min. Logo após, adicionou-se 3g (30 mmol) de glicerol e em seguida 12 mL (180 mmol) de iodeto de metila.

As análises das características dos éteres produzidos foram realizadas em um CG-MS de marca Varian

Resultados e Discussão

Os éteres produzidos utilizando ácido sulfúrico como catalisador conforme a metodologia descrita resultou na formação de um éter de glicerina mono substituído (C₄H₁₀O₃), como mostra a Figura 1 abaixo:

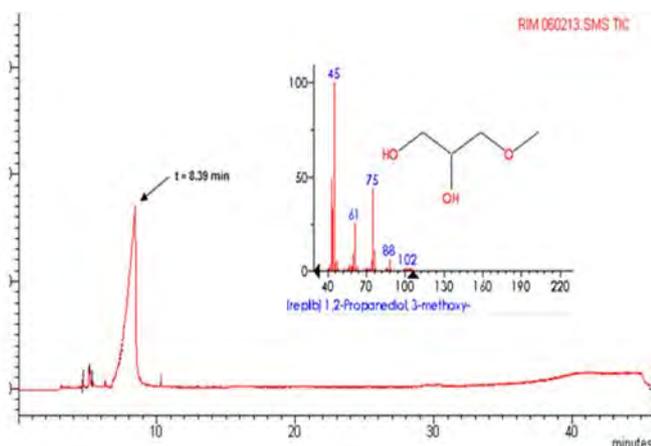


Figura 1: Cromatograma reação eterificação utilizando H₂SO₄ como catalisador.

A seletividade do sistema de reação tendeu-se para a formação de éteres mono substituídos, sendo os trissubstituídos o de maior interesse como aditivos combustíveis.

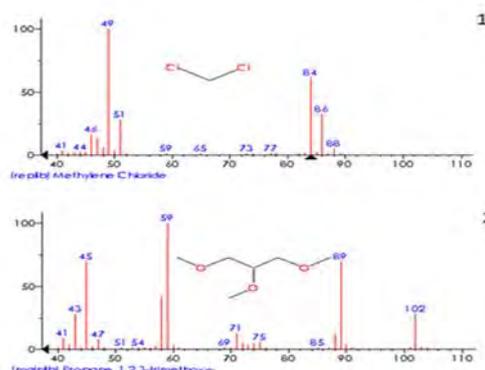


Figura 2 - Cromatograma reação de eterificação utilizando iodeto de metila em excesso com 1- diclorometano utilizado na extração do produto 2- 1,2,3-trimetóxiopropano (triéter)

Apesar disso os éteres gerados pela reação de trimetilação com iodeto de metila em excesso (Figura 2) mostrou-se bastante promissor. As análises confirmaram a síntese de um éter trissubstituído.

Conclusões

A reação de trimetilação foi a mais promissora na formação de éteres trissubstituídos, porém há muitas modificações a serem feitas em ambas as rotas objetivando a otimização do processo de síntese, os efeitos da modificação das condições reacionais deverão ser avaliados, tais como temperatura, tempo reacional e concentração dos reagentes.

Agradecimentos

A Instituição Senai CIMATEC por todo apoio, ao PIBITI pela oportunidade e ao CNPq pela bolsa concedida .

CAVALCANTE, K.S.B. Produção de éteres de glicerina com aquecimento por microondas/ UFPB, João Pessoa, 2011.
 KLEPACOVA, K., Mravec, D., & Bajus, M. (2005). tert-Butylation of glycerol catalysed by ion-exchange resins. Applied Catalysis A: General, 294, 141–147.
 CERON, L.B. Síntese de éteres e ésteres da glicerina utilizados como aditivo ao biodiesel: uma proposta mitigadora com redução nas emissões gasosas / UFMT Mato Grosso 2010

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOBIOCOMPOSITOS ADITIVADOS PARA ARMAZENAMENTO DE MANGAS *TOMMY ATKINS*

Tayná I. S. Santana^{1*}Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb,

Bruna A. S. Machado²Área Tecnológica de Alimentos e Bebidas, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

¹ – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador – BA

² – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador – BA

Palavras Chave: Nanocompósitos, pesquisa, materiais, matriz polimérica, manga.

Introdução

Atualmente existe uma grande demanda dos consumidores na área de alimentos por embalagens mais naturais e potencialmente biodegradáveis, além disso, tem-se percebido o aumento no cuidado de prevenção do consumidor com a degradação microbiológica desses alimentos [1]. Considerando especialmente a manga do cultivar *Tommy Atkins*, em sua exportação, cerca de 42% do peso total da manga é representado por casca e caroço, o que gera uma perda econômica significativa na ocupação dos containers, com isso, é extremamente justificável o uso de tecnologias que permitam a redução desde espaço com o objetivo principal de maior agregação do valor ao produto. Para desenvolvimento dessa pesquisa foi feita a obtenção e caracterização físico-química e centesimal dos aditivos, e o desenvolvimento e caracterização das embalagens de quitosana com diferentes formulações.

Resultados e Discussão

Após realizada a caracterização da matriz polimérica (quitosana) e dos aditivos (nanocelulose da fibra de coco e extrato de própolis verde), foram desenvolvidos os filmes com formulações diferentes e realizado a sua caracterização (Figura 1 e Tabela 1).



Figura 1. Filme da formulação E1 (Quitosana, Glicerol, Própolis e nanocelulose de coco verde)

Tabela 1. Caracterização das embalagens desenvolvidas no estudo. U(umidade - %); Aw (Atividade de água); T (Tensão - g ; ε (deformação - %), E (Espessura (mm).

Formulações	U (%)	Aw	T (g)	ε (%)	E (mm)
C1	15,22 ±0,01	15,22 ±0,01	1101,30 ±210,4	205,20 ±1,65	0,04±0,03
F1	0,600 ±0,01	15,13 ±0,01	1038,17 ±353,5	274,20 ±1,35	0,04±0,04
F2	0,590 ±0,06	17,61 ±0,01	971,5 ±345,6	210,40 ±6,43	0,05±0,03
F3	0,620 ±0,08	18,70 ±0,01	1079,6 ±239,8	112,40 ±1,75	0,06±0,01

C1: filme de quitosana controle sem aditivos incorporado;
F1: 5% de nanocristais da fibra de coco, incorporado, respectivamente;
F2: 1% do extrato de própolis verde, incorporado, respectivamente
F3: 5% de nanocristais da fibra de coco, 1% do extrato de própolis incorporados, respectivamente;

Observou-se que os filmes que tiveram a incorporação dos nanocristais da fibra de coco obtiveram a redução da quantidade de água dentro da matriz, tendo um papel relevante no controle de atividade de água e a umidade, colaborando para o aumento da vida de prateleira dos filmes, tornando mais competitivos aos sintéticos, já que o controle da atividade de água dos filmes é fundamental para sua utilização pela indústria de alimentos, visto que o contato direto da embalagem com o produto pode ocasionar o desenvolvimento de micro-organismos ou de reações químicas indesejáveis, interrompendo sua funcionalidade. Os resultados obtidos para as propriedades mecânicas dos filmes que tiveram apenas a incorporação da nanocelulose da fibra de coco foi bastante satisfatório, a presença dos nanocristais aumentou a tensão máxima dos filmes aumento da concentração de nanocelulose nas formulações provocou o incremento do módulo de elasticidade e da tensão máxima alcançados para os filmes, o que não ocorreu com a adição de própolis, demonstrando que a própolis interfere na dispersão dos nanocristais dentro da matriz. Para realização do estudo da vida-útil de prateleira, foram recortados pequenos retângulos de manga em seu estado *fresh-cut*, que quando incorporados as embalagens não houve aderência, devido a umidade da manga ser muito alta, fazendo com que as embalagens dissolvessem.

Conclusões

As embalagens desenvolvidas não obtiveram eficácia para a manga do cultivar *Tommy atikins* em seu estado *fresh-cut* (sem casca e sem caroço), mas obtiveram bons resultados relacionados as suas caracterizações, mostrando-se promissoras para estudos posteriores em alimentos com características e propriedades compatíveis ao da embalagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa concedida e ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI - DRBA) pelo apoio ao projeto e disponibilização de infraestrutura adequada.

¹ Y. L. F. Araújo; C.O. Souza; J.I. Druzian; F.F Padilha; S. C. Orellna. *S.Plena*, 2012, 8, 1-8.

EMBRAPA E DISSEMINAÇÃO DA INFORMAÇÃO

*Julianna Berger¹, Mariangela T, Nakane² e Renelson .R Sampaio³

¹Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec. Tecnologia em Gestão da Produção Industrial, PIBIC, FAPESB julianna.bribeiro@hotmail.com

²Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Doutorado MCTI; FAPESB, mariangelanakane@gmail.com

³Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, renelson.sampaio@fiieb.org.br

Palavras Chave: Embrapa, Inovação, Mídias, Tecnologia.

Introdução

A difusão e transferência de conhecimento são fundamentais para o processo inovativo. A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), empresa pública de pesquisa e inovação utiliza-se de diversas mídias para estes processos, contribuindo para inovação no agronegócio nacional. Estas mídias são direcionadas a pesquisadores, produtores rurais, extensionistas, professores rurais e demais. Este trabalho tem como objetivo apresentar o levantamento quantitativo destas mídias e discorrer brevemente sobre o processo de disseminação e transferência de tecnologia. Para o levantamento de dados, foi utilizado o sistema de informação Alice e Infoteca-e, disponíveis no site da Embrapa. A busca foi realizada selecionando o tipo de mídia e “data de envio”. É importante ressaltar que, para as publicações mais antigas (anteriores aos anos 1990), a data de envio pode não corresponder à data da publicação, pois o sistema informatizado iniciou-se em 1991. Para o referencial teórico foi realizada busca no google acadêmico e Portal Capes, com as palavras chaves “transferência de tecnologia”, “difusão de conhecimento”.

Resultados e Discussão

No âmbito da comunicação científica e tecnológica, esta é realizada por canais formais ou de literatura e os informais ou pessoais, sendo que ambos possuem importância, quando analisados sob um contexto geral. É importante que estes canais sejam em linguagem passível de ser entendida pelo receptor, para que não haja barreiras para a absorção e utilização do conhecimento. A transferência de tecnologia corresponde a ideia de “retirar o conhecimento de dentro do laboratório e da informação e colocá-lo nas mãos dos usuários”.^[1] A transferência de tecnologia requer a assimilação da informação e a geração de conhecimento^[2]. A Embrapa possui diversas mídias (com ênfase científica e tecnológica), adequado ao tipo de público e linguagem. Algumas delas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2

Tabela1. Comunicações científicas (Alice)

Mídias	Produção de mídias (n°)				
	1991 a 1995	1996 a 2000	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2015
Artigo em congresso	174	1.313	2.528	6.921	11.830
Artigo em periódico	430	2.421	2.914	4.190	6.661
Resumo em congresso	308	2.351	1.172	5.015	10.604

Fonte BRASIL^[3]

Tabela2. Comunicações Tecnológicas (Infoteca e)

Mídias	Produção de mídias (n°)				
	1991 a 1995	1996 a 2000	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2015
Circular Técnica	184	436	628	981	587
Comunicado Técnico	432	1086	1595	2233	1355
Dia de campo na TV	0	0	1	19	17
Folder/Folheto/Cartilha	122	346	802	2024	1311
Prosa Rural	0	0	0	497	975

Fonte BRASIL^[3]

Conclusões

A inovação, vista como um processo de relações interativas entre a ciência, tecnologia, sistema produtivo, envolve aprendizado destas instâncias. A geração e difusão de tecnologia tornam-se importantes para incentivar os processos de aprendizagem e inovação.^[4] O processo de difusão e transferência de tecnologia se faz importante, visto que a difusão da inovação acontecerá somente se a informação sobre suas características de uso e valor forem transmitidas para os usuários. Somente a comercialização de produtos não seria suficiente para uma efetiva transferência e difusão das novas tecnologias^[5]

A Embrapa possui diversas mídias direcionadas a pesquisadores, empresas, produtores rurais e sociedade para disseminar e transferir as tecnologias produzidas, estando segmentadas em científicas e tecnológicas e adequadas a cada tipo de público. Com isto, contribui significativamente para a implantação e utilização de novas tecnologias desenvolvidas por ela e auxilia pesquisadores para o desenvolvimento de novas pesquisas.^[4]

Referencias

- ¹ARAÚJO, Vânia Maria Rodrigues Hermes de. Estudo dos canais informais de comunicação técnica: seu papel na transferência de tecnologia e na inovação tecnológica. *Ciência da Informação*, 1979, 9, 79.
- ²BARRETO, Aldo de Albuquerque. A Transferência de Informação, o Desenvolvimento Tecnológico e a Produção de Conhecimento. *Informare*: Cad. Prog. Pós-Grad. Ci. Inf., 1995, 1, 10.
- ³BRASIL. EMBRAPA. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 19 jun. 2015.
- ⁴MENDES, Cássia Isabel Costa. *Transferência de Tecnologia da Embrapa: Rumo a Inovação*. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015
- ⁵TIGRE, Apresentação: Paulo Bastos. Bengt-Åke Lundvall - Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. *Revista Brasileira de Inovação*, 2009, 8, 34.

ESTUDO AERODINÂMICO DE ROTORES DE AEROGERADORES

Tarcisio Faustino Magalhães^{1*}, Turan Dias Oliveira², Luzia Aparecida Tofaneli³

¹Faculdade SENAI CIMATEC, Engenharia Mecânica, PIBIC, Fapesb

²Faculdade SENAI CIMATEC, Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

³Faculdade SENAI CIMATEC, Doutora em Engenharia Aeronáutica e Mecânica

faustinatorcisio@yahoo.com.br, turan.oliveira@fieb.org.br, luzia.tofaneli@fieb.org.br

Palavras Chave: Aerodinâmica, Energia Eólica, Aerogeradores, BEM.

Introdução

A demanda de extrair energia de fontes renováveis vem crescendo mundialmente, em que a preocupação do esgotamento de combustíveis fósseis e o aumento da poluição ambiental são fatores de influência para desenvolver e implementar métodos de extração de energia de fontes renováveis. A energia eólica é a fonte energética que mais cresce no mundo, com taxa média de crescimento de 24% ao ano no período de 200 a 2012 (IEA, 2013). A Bahia é um estado mais propício como fonte de geração de energia eólica através de diversos projetos em implantação e operação. Segundo, o Atlas Eólico do Estado da Bahia (2013), desenvolvido através de parceria entre o Governo do Estado e o SENAI CIMATEC, o estado tem potencial eólico de geração maior que 70 GW.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho aerodinâmico de rotores eólicos, na qual a metodologia utilizada foi à Teoria do Momento de Elemento de Pá (BEM), para análise das cargas aerodinâmicas que são submetidas aos aerofólios do rotor neste método computacional iterativo desenvolvido em MATLAB. Espera-se que a metodologia desenvolvida possa produzir, com recurso computacional factível à realidade de instituições de pesquisa, resultados úteis para maior adequação dos projetos ao regime de ventos brasileiro.

Resultados e Discussão

Analisando as pás do rotor, através da Teoria do Momento de Elemento de Pá (BEM), foram obtidos os torques gerados por cada elemento de pá dos perfis NACA0018 e NACA0012 para uma velocidade média de 5m/s, como mostra a Figura 1.

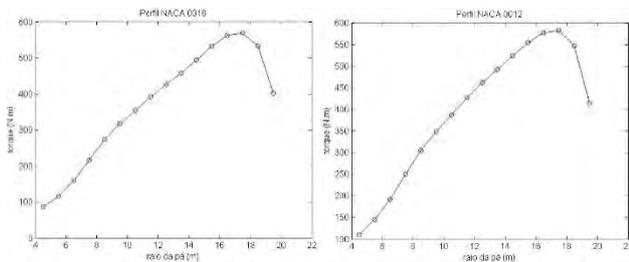


Figura 1. Torque gerado ao longo do raio da pá nos perfis NACA0018 e NACA0012.

A contribuição de torque gerada por cada elemento de pá é somado e multiplicado pelo número de pás do rotor, neste trabalho foi analisado um rotor com três pás. Computado o coeficiente de potência C_p do aerogerador com os perfis NACA0018 e NACA0012, pode-se visualizar a eficiência energética na qual se retira energia cinética do vento e converte em energia mecânica no rotor, em que para o C_p validado deve se encontrar abaixo do limite de Betz teórico, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente de potência para velocidade de 5m/s.

Perfil	C_p	$C_{p,Betz}$
NACA 0018	0,3664	0,5926
NACA 0012	0,3928	

Conclusões

O presente trabalho comprova a Teoria do Momento de Elemento de Pá (BEM), para uma análise de cargas aerodinâmicas em aerofólios para rotores eólicos, em que o algoritmo desenvolvido foi através do MATLAB.

Como pode ser visto nos resultados, a potência e a eficiência de extração energética, depende de vários fatores, além dos perfis, tais como, velocidade do vento, número de pás contidos no rotor e entre outros.

Existe uma necessidade de desenvolver mais projetos de pesquisa, para que possa projetar e operar aerogeradores, visando adquirir a máxima eficiência para extração de energia eólica.

Agradecimentos

Os autores são gratos à FAPESB e ao SENAI/CIMATEC pelo suporte financeiro durante a preparação deste trabalho.

¹International Agency Energy (IEA). *Technology Roadmap: Wind Energy* – 2013 Edition. Disponível em: <http://www.iea.org/>. Acesso em Jul/2015.

²Governo do Estado da Bahia. *Atlas Eólico da Bahia*, 2013. 96p.

³Hansen, M. O. L. *Aerodynamics of Wind Turbines*. 2nd ed. London: Earthscan, 2008. 181 p.

ESTUDO COMPARATIVO DA PROTEÔMICA EM *RHIZOPHORA MANGLE* E *LAGUNCULARIA RACEMOSA* PRESENTES EM AMBIENTES ESTUARINOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBONETOS LOCALIZADOS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS.

Naomi C. Schulze*, Michelle C. Calhau. ¹Faculdade SENAI CIMATEC, Gestão Ambiental, PIBIC, Fapesb.

Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã - 41650-010 – Salvador - BA

Palavras Chave: meio ambiente, manguezal, proteômica e hidrocarbonetos.

Introdução

O objetivo da análise proteômica consiste em estudar as propriedades das proteínas, seus níveis de expressão, suas funções, modificações pós-traducionais, interações entre proteínas e mecanismos regulatórios¹. A abordagem mais comum consiste na criação de mapas quantitativos das proteínas expressas de extratos de células ou tecidos¹. Compara-se os proteomas expressos sob diferentes estados fisiológicos e identifica-se as proteínas cuja expressão sofreu significativa mudança, sendo possível obter pistas sobre seu envolvimento no processo biológico em estudo³. Com foco em espécies economicamente importantes, os trabalhos voltam-se atualmente para a avaliação das respostas aos mais diversos estresses bióticos e abióticos². No caso da Baía de Todos os Santos, a convivência com as zonas industrializadas provocou a extinção ou rarefação da vegetação de manguezal em proporções consideráveis da orla norte⁴.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivos: quantificar e comparar o total de proteínas na folha de *R. mangle* e *L. racemosa* em ambiente com e sem histórico de poluição crônica por hidrocarbonetos.

A coleta das folhas das espécies estudadas foi realizada em março de 2015 em manguezais de Porto de Sauípe/Entre Rios e Caípe/São Francisco do Conde. O material vegetal coletado foi analisado através do método Kjeldahl, no Laboratório de Metrologia Química e Volumétrica do SENAI CETIND. Foram coletadas amostras adicionais de cada indivíduo a fim de calcular a média de área foliar e área de pastejo. Os dados foram tratados no programa estatístico *Past* (Teste U, $p > 0,05$).

Resultados e Discussão

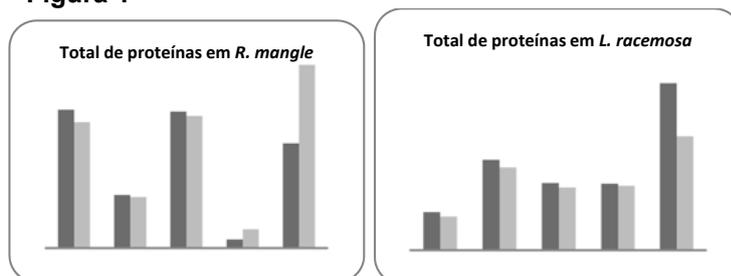
Não foram observadas diferenças significativas do ponto de vista estatístico entre os dados de proteínas totais no tecido vegetal da área de estudo e da área controle. Entretanto, isso não significa que a proteômica dos mesmos seja igual, já que a análise laboratorial realizada somente quantifica as proteínas e não indica quais estão ou não presentes. Analisando-se a média de área foliar e percentagem de pastejo percebe-se que a *R. mangle* apresentou área foliar maior na área controle, estando de acordo com o total proteico que

também foi maior na área controle. Houve maior percentagem de pastejo

para ambas as espécies na área controle (5% a mais na *R. mangle* e 19% na *L. racemosa*).

O gênero *Rhizophora* é mais resistente, enquanto a *Laguncularia* é mais sensível à presença de óleo⁴. A menor área foliar dos indivíduos de *L. racemosa* na área controle pode estar relacionado com o menor porte dos mesmos, assim como ao fato da presença do óleo ser um fator estressante que influencie a planta a aumentar a área das folhas a fim de realizar seus processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese e a respiração celular. O total de proteínas em *L. racemosa* foi menor em todos os pontos na área de estudo, enquanto para *R. mangle* nos pontos P4 e P5 o total de proteínas foi maior na área controle (FIGURA 1).

Figura 1



Conclusões

Diante de tais dados percebe-se a necessidade de mais estudos que visem a remediação e conservação do ecossistema de manguezal, assim como explorem a identificação proteômica das espécies habitantes do mesmo.

Agradecimentos

¹Ramos, H. J. O.; Chaves, D. F. S.; Peireira, L. F. P.; Cruz, L. M.; Fungaro, M. H.; Hungria, M.; Osaku, C.; Petzl-Erler, M. L.; Ayub, R. A.; Peralta, R. M.; Marur, C. J.; Souza, E. M.; Vieira, L. G. E.; Pedrosa, F. O. Análise proteômica do estresse hídrico em cafeeiro. **2007**.

²Silva, A. M. S.; Corrêa, G. C.; Reis, E. M. Proteômica – uma abordagem funcional do estudo do genoma. *Saúde e Ambiente em Revista* **2007**, 2, 2, 1-10.

³Santos, P. M.; Teixeira, M. C.; Sá-Correira, I. A análise proteômica quantitativa na revelação de mecanismos de resposta a stresse químico em microorganismos. **2004**.

⁴Veiga, I. G. Avaliação da origem dos hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos/Bahia. **2003**.

ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E POSSÍVEL INFLUÊNCIA NO SURGIMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS ENVOLVENDO DUAS LAGOAS DA PRAIA DO FLAMENGO: LAGOA VITÓRIA E LAGOA DO FLAMENGO.

*Milena Elias M. Teixeira¹, FACULDADE SENAI CIMATEC, Tecnólogo em Gestão Ambiental, PIBIC, Fapesb, Givaldo S. dos Reis², FACULDADE SENAI CIMATEC, Orientador

*Milena Elias, Rua Camuripeba, Cond. Villa dos Coqueiros, Q.A, Casa 09, Piatã, Salvador, BA, Brasil, 41650-350

Palavras Chave: Água, Parâmetros, Macrófitas Aquáticas, Estudo Comparativo, Manejo

Introdução

A água é uma das substâncias mais comuns em nosso planeta e a sua existência é um dos fatores primordiais que possibilitam a manutenção da vida na forma que conhecemos. De acordo com dados emitidos por um relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), o volume total de água na Terra é de aproximadamente 1,4 bilhões de km³, onde apenas 2,5% desse valor (cerca de 35 milhões de km³) são de água doce distribuídos em lagos, rios, lençóis subterrâneos e geleiras [1].

A qualidade da água de um sistema lântico é resultante de fenômenos naturais ou da ação antrópica [2] e, conforme ESTEVES [3], o conteúdo químico da água dos lagos muda de local para local. Tais mudanças são ocasionadas pelas diferenças da geologia da área de drenagem dos efluentes, geologia da bacia de acumulação do lago, regime de chuvas e a vegetação.

Dado à importância e complexidade, o presente estudo visa avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas e a possível influência no surgimento de macrófitas aquáticas em duas lagoas na cidade de Salvador-BA: Lagoa da Vitória e Lagoa do Flamengo; ambas situadas na Área de Preservação Ambiental Lagoas e Dunas do Abaeté.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos comprovam a hipótese de que os ecossistemas lânticos estão propícios a sofrerem mais rapidamente os efeitos da eutrofização. O estudo comprovou um certo grau

de eutrofização nos dois ecossistemas avaliados. Os dados como OD, nitrato e fosfato, refletem diretamente o excesso de matéria orgânica, característicos de um ambiente eutrofizado. Portanto, a qualidade da água não está intrinsecamente relacionada ao meio, ou seja, uma lagoa localizada em uma Área de Preservação Ambiental não terá necessariamente uma água com qualidade ótima.

Conclusões

1. O estudo realizado permitiu verificar condições que fortalecem a hipótese de que as macrófitas aquáticas são influenciadas e influenciam nos parâmetros avaliados – assim como a escolha do ponto, profundidade, sazonalidade e fatores climáticos. Além disso, a pesquisa servirá para que o Gestor do Parque das Dunas, e outros responsáveis cabíveis, se atentem para a situação atual das lagoas, remediando e prevenindo no que for necessário para o correto manejo das mesmas, evitando que elas estejam fadadas à eutrofização.

Agradecimentos

Agradeço ao Parque das Dunas e à Área de Meio Ambiente SENAI unidade CIMATEC.

2. ¹WALBERT, Allan. ONU aponta carência e má distribuição de água para uso. Portal EBC, 2013. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-aponta-carencia-e-ma-distribuicao-de-agua-para-uso>

²ARRUDA, Valdirene. Ecossistemas Lânticos.

³ESTEVES, F. A. Fundamentos da Limnologia. Rio de Janeiro. Interciência, 1998

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE WPCs COM FARINHA DE MADEIRA

*Luiza Caterine de Souza Brito¹, Joyce B. Azevedo¹, Josiane Dantas Viana Barbosa¹

1 – Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Engenharia de Materiais, PIBITI, CNPq

E-mails: *bispocaterine@gmail.com, joyce.azevedo@fieb.org.br, josiane.dantas@fieb.org.br*

Palavras Chave: WPCs, Compósitos, Farinha de Madeira, Degradação

Introdução

A preparação de compósitos utilizando fibras naturais é uma alternativa técnica que pode agregar propriedades específicas de cargas na matriz polimérica. Esta tendência culminou no incentivo do reaproveitamento de resíduos lignocelulósicos como a farinha de madeira. Um dos pontos que merece destaque e que ainda possui um campo amplo para estudos é o processo degradativo sofrido por estes produtos. Sendo assim, este trabalho avaliou o comportamento de perfis obtidos por extrusão a partir de compósito com polietileno de alta densidade (PEAD) e 70% de farinha de madeira. Os perfis foram expostos sob fonte de radiação UV-A durante 15, 30 e 45 dias. Os resultados indicam que o tempo de exposição aos quais os perfis foram submetidos não foi suficiente para alterar significativamente as propriedades mecânicas sob flexão dos compósitos.

Resultados e Discussão

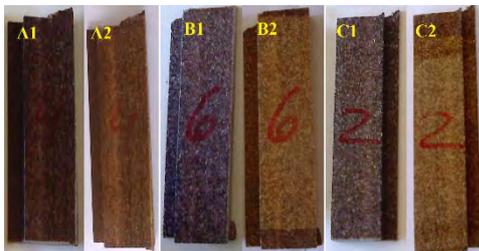


Figura 1: Amostras de WPC de PEAD com farinha de madeira antes e após exposição à radiação UV. Sendo: (A1) 15 dias antes da exposição e (A2) 15 dias após exposição; (B1) 30 dias antes da exposição e (B2) 30 dias após exposição e (C1) 45 dias antes exposição e (C2) 45 dias após exposição.

Avaliação das propriedades mecânicas.

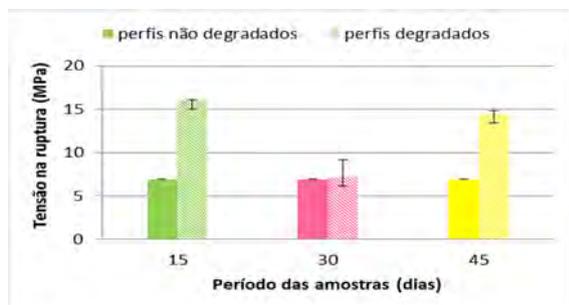


Figura 2: Tensão na ruptura sob flexão dos perfis antes e após exposição.

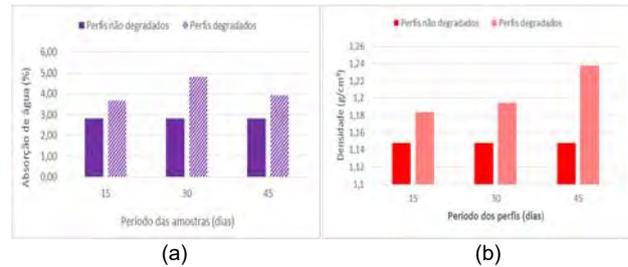
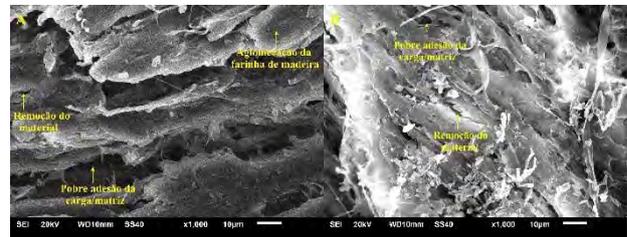


Figura 3: Resultados dos ensaios de determinação de absorção de água (a) e densidade (b) em função dos períodos de exposição.



(a) (b)

Figura 4: Micrografias dos perfis após exposição à radiação UV. Sendo: (a) exposto por 15 dias; (b) exposto por 30 dias.

Conclusões

A degradação dos perfis se concentra na superfície exposta à radiação UV-A, a Luz UV penetra a uma curta distância no interior do material, de forma que se tem uma deterioração superficial, apresentando fenômenos de descoloração, perda de brilho e efeito sobre as propriedades mecânicas.

Os resultados obtidos denotam que o aumento de percentual da carga altera o desempenho mecânico, tendendo a aumentar a densidade e absorção dos compósitos e apresentando uma baixa adesão da carga/matriz e aglomeração da farinha de madeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e ao SENAI CIMATEC pelo apoio nesta pesquisa.

1. J.J. Morrell; N.M. Stark; D.E. Pendleton; A.G. McDonald Wood Design Focus 2006, 16, 7.
2. R. N. Brandalise, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
3. P. C. Lodi; B. S. Bueno, J. G. Zornberg Revista Iberoamericana de Polímeros 2010, 11, 145.
4. A. Klyosov in Wood-Plastic Composites, Ed.; John Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2007, 95.
5. F. H. Mondardo, Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
6. M. A. Paoli in Degradação e estabilização de polímeros, Ed.; Artliber, São Paulo, 2009, 43.
7. L. D. Suits; Y. I. N. G. Hsuan Geotextiles and Geomembranes 2003, 21, 111

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES DE BIOCÓMPÓSITOS PHB/FARINHA DE MADEIRA

Joyce B. Azevedo¹, Josiane D. V. Barbosa¹, *Natalia A. dos Santos¹, Marcus V. O. Santos¹, Pâmela, B. Cipriano²

¹ Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb

² Universidade Federal de Campina Grande, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb

E-mails: joyce.azevedo@fieb.org.br, josiane.viana@fieb.org.br, natalia-alves95@hotmail.com, marcusantos.91@gmail.com, pamufcg@gmail.com

Palavras Chave: *Processamento; Biocómpósitos; PHB; Farinha de Madeira*

Introdução

O desenvolvimento de compósitos fabricados com matrizes de polímeros biodegradáveis e reforços de fibras naturais é objeto de estudo recente e tem recebido boa aceitação. Um dos polímeros com características biodegradáveis e que está comercialmente disponível é o PHB (polihidroxibutirato). Este polímero tem sido utilizado como matriz em pesquisas na obtenção de compósitos utilizando fibras naturais. Sendo assim, este trabalho avaliou a influência dos parâmetros de processamento nas propriedades de biocómpósitos obtidos a partir de matriz polimérica biodegradável (PHB) contendo 10 e 20% de farinha de madeira, processados em extrusora dupla rosca corrotacional utilizando velocidades de rosca de 70 e 120 rpm.

Resultados e Discussão

Avaliação da concentração de Farinha de Madeira

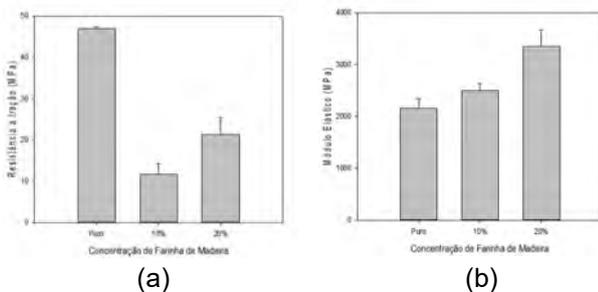


Figura 1 – Propriedades Mecânicas sob tração de compósitos PHB/Farinha de Madeira: a) Resistência a Tração (MPa); b) Módulo elástico (MPa)

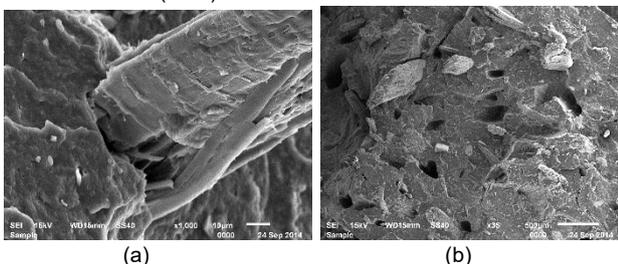


Figura 2 – Micrografias de compósitos PHB com 10% de Farinha de Madeira.

Avaliação da velocidade de rosca

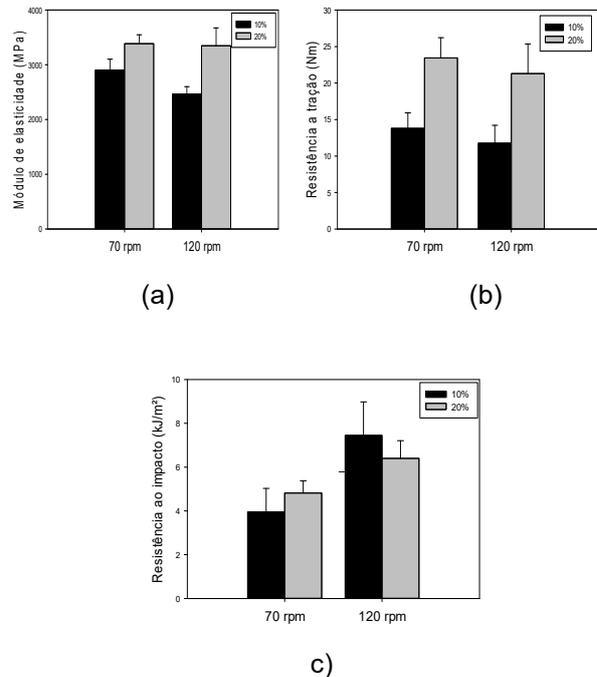


Figura 3. Ensaio mecânicos: a) Módulo de elasticidade, b) Resistência a tração e c) Resistência ao impacto.

Conclusões

A adição de farinha de madeira em PHB para a produção de compósitos resulta em materiais mais rígidos com redução da deformação na ruptura e menor resistência a tração. Este comportamento deve-se a fraca adesão entre os constituintes do compósito o que pôde ser comprovado pela análise morfológica da superfície de fratura. As variações de velocidade de rosca durante o processamento teve pouca influência nas propriedades e condições analisadas

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fapesb e ao SENAI CIMATEC pelo apoio nesta pesquisa.

¹PAOLI, M.-A. D. Degradação e estabilização de polímeros. 2ª on-line. Chemkeys, 2008.

²J. C. Caraschi; U. M. Ramos; A. L. Leão. Acta Scientiarum Maringá. 2002, v. 24, n. 6, p. 1609-1614.

³J. B. Azevedo; J. D. V. Barbosa; Z. I. G. Santos; R. F. Farias in Anais do 12º Congresso Brasileiro de Polímeros, Florianópolis, 2013.

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO DE PHB COM FIBRA DE COCO.

Francisco P.A. Júnior ^{1*}, Tatiana B. R. Nery ²

¹Faculdade SENAI CIMATEC, Engenharia Mecânica, PIBIC, FAPESB

²Faculdade SENAI CIMATEC, Mestre em Engenharia Química

Palavras Chave: Poli-3-hidroxitirato, compósitos PHB/casca de coco, propriedades mecânicas.

Introdução

O PHB é um poliéster composto por elastômeros e termoplásticos lineares, cujas propriedades são de grande interesse científico e tecnológico. É um polímero altamente cristalino (acima de 80%), muito rígido e frágil, com propriedades de barreira e resistência química a hidrólise, sendo totalmente biodegradado por fungos e bactérias [1]. O PHB puro tem seu processamento industrial restrito, devido as suas propriedades físicas, porém encontram-se misturas deste biopolímero com outros polímeros (não necessariamente biodegradáveis). Visando diminuição do custo de produção, pesquisas com compósitos reforçados com fibras naturais tem sido uma alternativa em busca de boas propriedades térmicas e mecânicas. A utilização das fibras naturais como reforço tem conquistado a atenção da comunidade científica e das indústrias, como alternativa às fibras inorgânicas, apresentando vantagens como grande abundância e baixa massa específica. O objetivo deste trabalho é o estudo das propriedades mecânicas do compósito de resina de PHB e fibra de coco (PHB/FC), a fim de avaliar a processabilidade e características mecânicas deste material, como possibilidade de um material comercialmente aplicável.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para os ensaios mecânicos e reológicos para as amostras analisadas estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Análises	PHB	PHB/FC
Resistência Tração (MPa)	14,5	15,5
Resistência Flexão (MPa)	35,7	41,3
Dureza (Shore D)	76,72	79,32
Resistência impacto (J/m ²)	8100	7600
Índice de fluidez (g/10 min)	33,0	20,5

Tabela 1. Valores obtidos para os ensaios mecânicos para o PHB e para o compósito PHB/fibra de coco.

Os resultados de resistência ao impacto mostraram que o PHB/ fibra de coco reduziu a resistência ao impacto em relação ao PHB puro. Este comportamento se deve ao aumento da rigidez do composto aumentando a fragilidade do material e conseqüentemente diminuindo a resistência. O compósito com fibra de coco apresentou menor

índice de fluidez em relação ao PHB puro, ou seja, a adição de carga ocasiona aumento da viscosidade do material.

As análises morfológicas representadas na Figura 1 mostram que as fibras apresentaram uma fraca adesão entre os componentes do compósito, o que leva ao desacoplamento das fibras da matriz quando submetidos a um esforço de tração, isto pode causar uma diminuição da capacidade de deformação do material antes da ruptura.

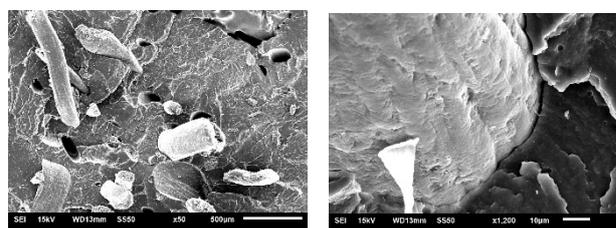


Figura 1. Micrografias de compósitos PHB/fibra de coco. (a) formulação com 10% de fibra; (b) Ampliação de 1.200X possibilitando a visualização da interface.

Conclusões

A concentração de fibra de coco na matriz ajudou na melhoria das propriedades de resistência a tração e flexão quando comparado com a matriz original. Porém, estes resultados não apresentaram um diferencial muito representativo, indicando uma leve tendência para uma melhoria da sua funcionalidade como carga na matriz polimérica do PHB. Um tratamento superficial das fibras de coco pode causar uma melhoria destes resultados, pois o aumento da rugosidade na forma de saliências e reentrâncias melhoram a aderência com a matriz.

Agradecimentos

À FAPESB – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela bolsa, à PHB Industrial S/A pelo fornecimento dos polímeros, à empresa Fibraztech pelo fornecimento da fibra de coco e a instituição de pesquisa SENAI CIMATEC.

¹A. Yussuf; I. Massoumi; A. Hassan. Journal Polymer and the Environment, 2010, 18, 422-429. SCHUH, T.G., CAYER, U., Lignocellulosic – Plastic Composites, pp 181 – 195, Botucatu, Brasil, USP/UNESP, 1997.

² Sergio N. Monteiro, Luiz Augusto H. Terrones, Eduardo A. de Carvalho, José Roberto M. d’Almeida; Efeito da Interface Fibra/Matriz Sobre a Resistência de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras de Coco. Revista Matéria, v. 11, n. 4, pp. 395 – 402, 2006

GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE PROJETOS DE PD&I

*Caio V. C. Militão, Maria F. P. D. Nunez, ¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, engenharia mecânica, PIBIC, Fapesb.

Av. Orlando Gomes, nº 1845, Piatã.

Palavras Chave: *Indicadores, Gestão da Informação, Gestão da Inovação.* .

Introdução

A inovação tem sido assunto de destaque nas últimas décadas, sendo um movimento similar ao da gestão da qualidade no início dos anos 70.

Atualmente as organizações buscam implantar processos vinculados à gestão da inovação, como forma de melhoria de seus produtos, serviços e/ou processos, levando ao consequente aumento de competitividade frente à ao mercado.

O ato de inovar envolve incerteza e a decisão de assumir riscos, uma vez que não se sabe com antecedência se os resultados de determinada atividade inovadora obterá ou não o sucesso desejado.

Neste contexto, o SENAI BA, em atendimento à sua missão institucional de desenvolver e melhorar a competitividade da indústria baiana, vem desenvolvendo, além da formação de pessoas e prestação de serviços técnicos, a realização de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Para isto, são utilizados recursos provenientes de fontes financiadoras como FINEP, FAPESB, EMBRAPPII, além de outros órgãos estaduais e federais e das empresas privadas.

Com vistas a monitorar o processo de realização de PD&I e facilitar o processo de gestão de informações, o SENAI BA vem estabelecendo sistemática de análise e acompanhamento das atividades realizadas para PD&I e seus indicadores. Informações como pesquisas realizadas e segmento industrial de atuação, recursos investidos em projetos de pesquisa, capacidade de depósito de patentes, criação de softwares, são alguns itens acompanhados pelo SENAI BA para monitorar suas atividades em PD&I.

Analisando as atividades desenvolvidas e seus resultados, é possível tomar decisões, mudar rumos e melhorar processos, sempre visando a melhoria da sua capacidade de apoiar a inovação da indústria.

Resultados e Discussão

Dessa forma, com o intuito de melhorar a gestão das informações das atividades de PD&I institucionais e facilitar a manutenção de um ambiente voltado para a cultura inovadora, ações foram realizadas com vistas à estruturação de relatórios contendo informações relacionadas à PD&I e construção de ferramentas de monitoramento de informações.

Conclusões

Com base nas informações que o Núcleo de Pesquisa Aplicada (NPA) dispõe, foi possível apoiar na definição e metodologia de implantação dos indicadores vinculados ao desenvolvimento das atividades de PD&I. Uma vez que o que não é medido não poderá ser gerenciado, conclui-se que o monitoramento dos indicadores tem fundamental importância na análise e no processo de tomada de decisões acerca das atividades de PD&I.

WALZ, Daniel T. *Leading indicators and business cycle surveys*. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207086901305#>>

JARDIM, Eduardo. *Gerência de Operações*. Apostila do curso de Mestrado da UFRRJ, 2001.

ZELTZER, Rosine. *Indicadores de Desempenho. Coleta e análise de dados, estabelecer indicadores e promover melhoria continua*. Edição 71, 2005.

ANTAC. *Planejamento & Gestão, Indicadores de desempenho*. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/Portal_Planejamento_Estrategico/PlanejamentoGestao_Indicadores_de_desempenho.asp>

DRUCKER, P.F. *Inovação e espírito empreendedor: práticas e princípios*. São Paulo: Pioneira, 1987.

Rutta AM, Pagliuso AT, Kanab MLZ. *Crítérios de excelência: o estado da arte da gestão para a excelência do desempenho e o aumento da competitividade*. FPNQ; 2002.

TERRIBILI, Armando Filho. *Indicadores de Gerenciamento de Projetos*. M BOOKS, 2010.

IDENTIFICAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO E DE SITUAÇÕES PROFISSIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE UM GAME NA ÁREA DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA

José Yago B. L. Ferreira*, Bárbara J. A. Rocha**, Camila S. Pereira-Guizzo¹.

*Faculdade SENAI CIMATEC, CST em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, PIBIC, Fapesb.

**Faculdade SENAI CIMATEC, CST em Gestão da Produção Industrial, PIBIC, Fapesb.

¹Orientadora do projeto, Faculdade SENAI CIMATEC.

Palavras Chave: *game, formação profissional, jogos educacionais, educação em tecnologia e engenharia.*

Introdução

Nos últimos anos houve um crescente avanço tecnológico, principalmente na área computacional. Seguindo esse avanço, cresceu também a produção de *games* e os interessados por jogos. Algo que antes era visto apenas como entretenimento, hoje pode ser um aliado para a prática docente. Partindo dessa perspectiva, este projeto foi idealizado para uma mudança no paradigma de aprendizagem, produzindo um recurso computacional para ser aplicado em um meio geralmente regido por quadros e pilotos. Portanto, o objetivo geral deste projeto é contribuir para a produção de um game capaz de possibilitar aos estudantes da área de tecnologia e engenharia a aprendizagem de comportamentos sociais exigidos frequentemente no desempenho profissional.

Foram elaboradas doze questões com o objetivo de caracterizar o perfil universitário e situações profissionais. Posteriormente, foi desenvolvido um formulário do *Google Forms*, onde todas as questões foram organizadas nesse questionário eletrônico. A aplicação do questionário eletrônico ocorreu por diversos meios digitais, tornando mais simples e ágil a coleta de dados. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva.

Resultados e Discussão

Participaram da pesquisa 219 universitários dos cursos de tecnologia e engenharia da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, distribuídos em: Eng. Mecânica, Eng. de Materiais, Eng. de Controle e Automação, Eng. de Produção, Eng. Elétrica, Eng. Civil, Tec. Gestão Ambiental, Tec. Mecatrônica Industrial, Tec. Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Tec. Logística, Tec. Processos Gerenciais, Tec. Polímeros, Tec. Segurança do Trabalho, Tec. Redes de Computadores e Tec. Sistemas Automotivos. A maioria dos alunos que compõe essa amostra é do sexo masculino (68%), sendo que 32% representaram o sexo feminino. 69% dos alunos não estavam trabalhando, enquanto 31% estavam empregados. A maioria (58%) dos pesquisados relatou jogar esporadicamente, enquanto 34% relataram jogar diariamente e uma minoria (8%) relatou não se interessar por jogos digitais. Das tecnologias utilizadas para jogar, nota-se que o celular/smartphone e o computador predominaram. Questionados se a experiência de jogar trazia

algum benefício para sua vida, 60% dos alunos consideraram importantes, enquanto 29% consideraram talvez e 11% não consideraram uma experiência interessante. Em relação ao tipo de jogo digital, em primeiro lugar apareceu o tipo de jogo “aventura”, seguido por “ação” e “esporte”. Quanto à opinião deles sobre a importância do uso de jogos digitais no ensino universitário, a maioria (78%) considerou importante e 22% dos universitários não consideraram importante a experiência da jogabilidade nesse contexto. As situações profissionais sugeridas para o jogo foram: simulação de processos industriais e de testes, raciocínio lógico, planejamento/ estratégia, cognição e controle emocional, inovação e empreendedorismo. Considerando as habilidades que o jogo pode abordar, os estudantes consideraram mais importantes: “Tomar decisões de forma colaborativa”, seguida por “Expressar ideias” e “Buscar cooperação”.

Conclusões

Esta pesquisa buscou compreender de que modo um *game* pode ajudar estudantes da área de tecnologia e engenharia na aprendizagem de comportamentos sociais exigidos frequentemente no desempenho profissional. O propósito do game é criar um ambiente virtual de aprendizagem para envolver os alunos em simulações práticas do trabalho. Os jogos têm atraído cada vez mais usuários, além de ser um recurso importante para intervenções em sala de aula e no contexto educacional.

Conclui-se que a produção do game poderá atender às expectativas do público-alvo: universitários dos cursos de tecnologia e engenharia. Este levantamento de expectativas facilitará a segunda etapa do projeto, já em andamento, que é o desenvolvimento do game. O jogo digital focará situações de empreendedorismo e inovação.

Agradecimentos

Agradecemos os estudantes da Faculdade de Tecnologia CIMATEC, que participaram da pesquisa com entusiasmo e compromisso.

Agradecemos a FAPESB pelo apoio financeiro com as bolsas PIBIC e também com o projeto aprovado no edital 23/2013.

INFLUÊNCIA DA RESINA POLIVINIL BUTIRAL (PVB) UTILIZADA COMO COMPATIBILIZANTE EM COMPÓSITOS DE RESINA POLIÉSTER INSATURADA.

Matheus H. M. de Oliveira^{1*}, Isa M. da S. Santos¹, João K. Tan^{2, 3}, Luciano Pisanu², Pollyana da S. Mello²

1 – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb, Salvador – BA

2- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI CIMATEC, Salvador – BA, joão_tan@fieb.org.br

3- Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – UFS – Sergipe - SE

Palavras Chave: Resina de poliéster insaturada, fibra de sisal, polivinil butiral.

Introdução

O uso de fibras naturais nas indústrias vem sendo cada vez mais intenso no mercado brasileiro. As fibras vegetais são materiais sustentáveis e provenientes de plantas nativas de diferentes zonas climáticas que, quando adicionadas em componentes construtivos, favorecem a leveza do material, permite baixo custo em sua produção, além de melhorar as propriedades mecânicas destes componentes, principalmente a resistência ao impacto¹. Quimicamente, as fibras vegetais são constituídas de celulose, hemicelulose, lignina e uma pequena quantidade de ceras e gorduras². Estes fatores, aliados à alta tenacidade, resistência à abrasão e ao baixo custo, tornam o sisal uma das fibras naturais mais estudadas³. Os compósitos reforçados por fibra vegetais dependem de fatores como adesão fibra/matriz, fração volumétrica e orientação das fibras na confecção do compósito final. Os compósitos reforçados com fibras de sisal se destacam por apresentarem alta resistência ao impacto, e boas propriedades de resistência à tração e flexão⁴. Neste trabalho foi avaliada a influência do tratamento das fibras de sisal por polivinil butiral com diferentes teores de hidroxila e o seu efeito nas propriedades mecânicas e análise da interação da interface matriz-fibra, quando utilizadas na preparação de compósitos com resinas de poliéster insaturado em comparação com a fibra sem tratamento. As fibras foram submetidas a tratamento superficial com três soluções de diferentes tipos de polivinil butiral (Mowital B60H, B60HH e B60T) com percentuais de hidroxila variados entre 12-14, 18-21 e 24-27 respectivamente diluído em álcool etílico. Utilizou-se o Polivinil butiral como compatibilizante entre a fibra natural e a resina. A resistência à flexão dos compósitos obtidos com as fibras tratada e sem os tratamentos superficiais e o efeito da compatibilização e a adesão das fibras à matriz foi baseada nas imagens de microscopia eletrônica de varredura das fraturas obtidas nos ensaios de resistência à flexão.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à flexão dos compósitos com fibras tratadas e sem tratamento (Tabela 1) revelam que em todos os compósitos confeccionados com fibras tratadas, a força máxima e a tensão máxima, comparada às fibras sem tratamento, sofre uma forte influência do

teor de hidroxila, no mecanismo de compatibilização, sendo que a partir de 24% estas propriedades superam os resultados obtidos para fibras sem tratamento. Observa-se também que a deformação na ruptura para as fibras tratadas com os três tipos de resinas sofre deformações superiores, demonstrando que resinas com características elastoméricas como o PVB interferem grandemente no mecanismo de ruptura criando interface mais flexível entre a fibra e a resina termorrígida, ao mesmo tempo em que teores maiores de hidroxilas na superfície melhoram a adesão dos dois componentes.

Tabela 1. Resultados do ensaio de resistência à flexão.

Amostras	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação na Ruptura (%)	Módulo de elasticidade (MPa)
Natural	974,60	46,82	1,59	3127,22
B60HH 12-16% de OH	640,73	46,11	3,98	1414,00
B60H 18-21% de OH	819,90	44,33	3,60	1670,00
B60T 24-27% de OH	1349,00	59,97	5,79	1355,00

Conforme a tabela 1, os resultados dos módulos de elasticidade da fibra de sisal tratada são inferiores aos da fibra sem tratamento. As fibras com tratamento contêm uma fina camada de PVB e conferem maior elasticidade ao produto final.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos pode-se observar que o polivinil butiral pode ser utilizado como compatibilizante entre fibras de sisal e resina poliéster e que teores de hidroxila no PVB entre 24 % e 27 % apresentaram os melhores resultados para a tensão de ruptura. Observa-se também que o PVB atua como modificador para o alongamento, apresentando aumento gradativo no percentual de deformação mecânica de acordo com o aumento no teor de hidroxila do PVB.

Agradecimentos

A Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC a infraestrutura disponibilizada.

¹A. C.T.V. Magalhães, *Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, 2009.*

² Lozzi, M. et al. *Polímeros*. 2010, 7.

³ L. Silva, et al. *Revista Engenharia Civil*. 2014,9.

⁴ A. Martin, et al. *Polímeros*. 2009, 6

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES RESINAS DE POLIVINIL BUTIRAL EM POLI(ETILENO-CO-ACETATO DE VINILA)

Isa M. da S. Santos^{1*}, Matheus H. M. de Oliveira^{1*}, João K. Tan^{2,3}, Marcelo M. Ueki³, Luciano Pisanu²

¹Faculdade SENAI CIMATEC, engenharia de materiais, PIBIC, Fapesb, ²Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI CIMATEC, Salvador – BA, ³Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (P²CEM).

E-mail: joao.tan@fieb.org.br

Palavras Chave: Blendas poliméricas, poli(etileno-co-acetato de vinila), Polivinil butiral, compatibilidade química.

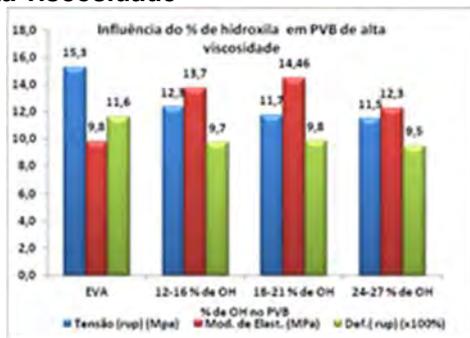
Introdução

A mistura de dois ou mais polímeros tem sido uma das fontes mais interessantes para a obtenção de novos materiais poliméricos. Este trabalho tem como objetivo o estudo da compatibilização de polímeros do tipo EVA e o PVB, as influências das variações de vinil álcool (hidroxilas) e butiral nas propriedades finais serão avaliadas através das propriedades obtidas do ensaio de tração.

Resultados e Discussão

As resinas B60HH, B60 H e B60 T, possuem viscosidades próxima na faixa de de 100 a 300 mPa.s e B16H e B30H apresentam viscosidade bem mais baixas em torno de 14 a 60 mPa.s.

Gráfico 1. Influência do % de hidroxila em PVB de alta viscosidade



Os resultados apresentados demonstram que o aumento gradativo do percentual de hidroxila influencia na mistura reduzindo gradativamente os resultados de tensão de ruptura e deformação na ruptura. Em relação ao módulo de elasticidade observa-se um pequeno incremento em todos os três tipos de resinas experimentadas.

Gráfico 2. Influência da viscosidade em resinas com teor de hidroxilas semelhantes



As resinas B30H e B60H apresentam % de hidroxilas semelhantes, ou seja, de 18 e 21 %, e a diferença na viscosidade entre (35 mPa.s – 60 mPa.s) e (160 mPa.s– 260 mPa.s) respectivamente. A resina de menor viscosidade, B30H, apresentou melhores resultados de tensão de ruptura e de módulo de elasticidade comparando-o com a resina EVA. Ao passo que aumento gradativo na viscosidade tem aumentado gradativamente o módulo de elasticidade, onde se observa que para a resina B60H com viscosidade maior apresentou um incremento no módulo de elasticidade de 47,5%.

Conclusões

A resina PVB na composição com a resina EVA mostra boa compatibilidade com o PVB em todas as grades apresentando pequenas variações nas propriedades mostrando que o teor de hidroxila e conseqüentemente o teor de butiral interfere nas propriedades finais do produto. Observa-se também que para resinas com teor de hidroxila semelhantes, a redução na viscosidade do PVB tem um papel importante melhorando as propriedades mecânicas em geral, principalmente a tensão de ruptura. A medida que aumentamos a viscosidade até a faixa de (160 mPa.s– 260 mPa.s) observa-se que interfere mais fortemente no módulo de elasticidade.

Agradecimentos

Agradecimentos à Kuraray America Inc. e ao Senai CIMATEC.

¹Moreira, A. C. F.; Júnior, F. O. C.; Soares, B. G. Morfologia Co-Contínua na Mistura Poliéstereno/ Copolímero de Etileno-Acetato de Vinila. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* **2002**, 12, 13.

²Yamaki, S. B.; Prado, E. A. & Atvars, T. D. Z. *European Polymer Journal* **2002**, 38, 1811.

³Informações & Notícias., “Versatilidade de EVA Conquista Mercado”. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* **2003**,13.

⁴Sakai, R. H. *Tecnicouro* **1991**, 13, 39.

⁵Correia, J. *Tecnicouro* **1990**, 12,51.

⁶Zattera, A. J.; Bianchi, O.; Zeni, M.; Ferreira, C. A. Caracterização de Resíduos de Copolímeros de Etileno-Acetato de Vinila - EVA. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* **2005**, 15, 73.

⁷Marinucci, G.; *Materiais Compósitos Poliméricos: Fundamentos e Tecnologia*. Artliber Editora: São Paulo, 2011.

⁸Callister, W. D.; Rethwisch, D. G.; *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução*, 8a. ed, LTC, 2012.

⁹Canevarolo, S. V.; *Ciência dos Polímeros*, 3a. ed, Artliber, 2006.

¹⁰Alsaeda, O.; Jalhamb, I. S. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* **2012**, 6, 127.

INVESTIMENTOS FINANCEIROS EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO

Maiana B. de Matos¹, Rubens J.T.M Neto^{2*}

¹ Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Coordenadora do curso de Engenharia Elétrica.

² Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Engenharia elétrica, PIBIC, Fapesb.

maiana.matos@fiieb.org.br, rubens.teixeira@fbter.org.br

Palavras Chave: *Investimentos, Hidrogênio, Células a Combustível*

Introdução

Nas últimas décadas, mudanças climáticas tiveram impactos no sistema natural em todos os continentes e através dos oceanos. Esses impactos são devidos às observações das mudanças climáticas, independente da sua causa, o que indica a sensibilidade dos sistemas humanos e naturais à mudança climática (IPCC, 2014).

A Economia do Hidrogênio surge com uma proposta onde utiliza o vetor energético Hidrogênio. O emprego desta tecnologia fornece uma solução efetiva para controle de emissões e segurança no fornecimento de energia, segundo Ball e Wietschel (2009).

O Hidrogênio possui um papel importante para a produção energética descentralizada, como por exemplo em Células a Combustível utilizada em automóveis.

As Células a Combustível são um dispositivo eletroquímico capaz de converter energia química em eletricidade. Elas podem utilizar um combustível rico em Hidrogênio, sendo que é inevitável a emissão de Co₂ em combustíveis quando provenientes de hidrocarbonetos (Edwards *et al.*, 2008).

Este trabalho tem como objetivo coletar os investimentos financeiros de Células a Combustível e hidrogênio no Brasil no período de 2008 até 2014. A metodologia utilizada foi a *Bottom-Up*, que consiste na coleta de dados dos grupos de pesquisa na área respectiva e a *Top-Down*, que se resume neste trabalho, em coletar os dados das instituições de fomento à pesquisa. Por fim este, foi realizado um filtro para que os mesmos projetos não fossem contabilizados mais uma vez.

Resultados e Discussão

Pela metodologia *Bottom-Up*, foi enviado e-mails para 65 grupos de pesquisa, onde apenas 14 grupos responderam, sendo que somente 4 grupos possuíam projeto na área de Hidrogênio e Células a Combustível. Através desta metodologia foi possível contabilizar um total de 6 projetos. Com a estratégia *Top-Down*, foram compilados os dados de 7 instituições de fomentos: ANEEL, CNPq, FAPEMIG, FAPESB, FAPESP e FINEP. Foram obtidos um total de 318 projetos de pesquisa. Com análise das redundâncias dos projetos entre as metodologias, nenhum dos projetos da *Bottom-Up* foi encontrado no banco de dados da *Top-Down*. Sendo assim,

tem-se um total de 247 projetos de pesquisa em Hidrogênio e Células a Combustível no Brasil entre o 2008 e 2014. Os dados desta pesquisa encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Investimentos totais em Células a Combustível e Hidrogênio no Brasil

Ano Fiscal	<i>Bottom-Up e Top-Down</i> (Em milhões de Reais)
2008	7,41
2009	5,07
2010	11,54
2011	3,14
2012	2,49
2013	2,99
2014	1,47

Fonte: Própria.

Conclusões

Neste trabalho, a falta de critérios para a classificação dos projetos de Células a Combustível e Hidrogênio, dificultou o progresso do trabalho por parte das instituições de fomento. Assim como, a ausência de resposta de alguns grupos de pesquisa aos e-mails enviados.

A metodologia *Top-Down* correspondeu a 94,18% dos investimentos financeiros em Células à Combustível e Hidrogênio, e, a estratégia *Bottom-up* teve apenas 5,82% dos investimentos totais.

As Células a Combustíveis tiveram cerca de 50,55% dos investimentos financeiros totais abordados por este trabalho, e os projetos ao Hidrogênio contribuíram com 49,45% do financiamento total abordado nesta pesquisa.

No período 2001 a 2007, o Brasil realizou um investimento nestas áreas de 53,27 milhões de reais, em comparação ao período de 2008 a 2014 o investimento foi de 34,11 milhões de reais, mostrando que os investimentos diminuíram significativamente ao comparar as pesquisas.

Agradecimentos

À Fapesb pelo financiamento deste projeto.

¹ IPCC, 2014. Climate change 2014 synthesis report.

² Ball, M., Wietschel, M., 2009. The future of hydrogen – opportunities and challenges. International Journal of Hydrogen Energy 34, 615 – 627.

³ Edwards, P., Kuznetsov, V., David, W., Brandon, N., 2008. Hydrogen and fuel cells: Towards a sustainable energy future. Energy Policy 36, 4356 – 4362

OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE DE DIFERENTES FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS.

Marina R. de Andrade*¹; Bruna A. S. Machado².

¹Faculdade de Tecnologia Senai CIMATEC, Engenharia de Materiais, PIBIC, Fapesb;

²Faculdade de Tecnologia Senai CIMATEC.

Palavras Chave: Fibras naturais, celulose, nanowhiskers, matriz polimérica.

Introdução

Nos últimos anos, em virtude do impacto ambiental, tem crescido o interesse em substituir os polímeros sintéticos, atualmente muito utilizados como material de embalagem, por materiais biodegradáveis. As fibras lignocelulósicas são excelentes matérias-primas para a química de polímeros e compósitos, o que pode ser comprovado pelo elevado número de patentes nacionais e internacionais e de produtos já comercializados. Diante da necessidade em melhorar a qualidade do meio ambiente, aliado ao acúmulo de lixo não biodegradável, tem aumentado as pesquisas em todo o mundo no sentido de incrementar e desenvolver embalagens biodegradáveis provindas de fontes renováveis¹.

Resultados e Discussão

Foram utilizadas 3 fibras: sabugo de milho (SM), palha de milho (PM) e farelo de trigo (FT). A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados nas análises físico-químicas (teor de umidade, atividade de água e teor de cinzas).

Tabela 1. Média e desvio padrão das análises físico-químicas de cada fibra.

Fibra	Umidade (%)	aW	Cinzas
FT	12,4±0,6	0,64±0,03	4,75±0,27
PM	67,1±5,4	0,94±0,06	0,92±0,12
SM	72,7±5,8	0,77±0,05	3,64±0,26

O FT apresentou teor de umidade muito próximo ao encontrado por Dantas et al², equivalente a 11,59%, no entanto o valor de cinzas bem inferior, equivalendo a 0,62%. Já o valor de aw foi muito próximo ao encontrado por Almeida³, equivalendo a 0,66. Os valores apresentaram-se próximos por conta do FT ser de origem nacional, mas esse mesmo fator pode influenciar numa diferença de valores, já que a fibra pode vir de várias localidades do país. A PM apresentou umidade muito superior com relação a Salazar et al⁴ (12,96%) e cinzas muito próximo (1,52%), o que pode ser explicado principalmente pela origem da fibra e seu nível de

maturação. O SM apresentou umidade extremamente alta se comparado com o valor encontrado por Ziglio⁵ (8,9%), isso ocorre porque o mesmo fez duas secagens, uma antes de triturar e outra depois, o que retira muita umidade da fibra. Todas as 3 fibras foram submetidas a lavagens (4) para remoção completa dos agentes solúveis em água, seguida por hidrólise ácida para obtenção dos nanocristais e diálise para a neutralização da solução de nanocristais, seguindo a metodologia adaptada de Machado, et al¹ e Costa⁶ (Figura 1).

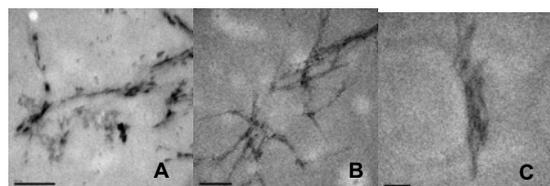


Figura 1. Microscopias eletrônicas de transmissão para o SM (a), PM (b) e FT (c).

O PM foi a fibra que apresentou um maior rendimento final de polpa de celulose seca (22,4%) se comparado com SM (21,4%) e FT (20,6%). A PM também apresentou maior concentração de nanocristais (0,070g/10ml) se comparado com as outras soluções (FT 0,020g/10ml e SM 0,050g/10ml) e com o resultado encontrado por Machado et al¹ para a fibra de coco (0,033g/10ml).

Conclusões

A PM foi a que apresentou os melhores resultados de rendimento o que indica um maior potencial para aplicação em filmes biodegradáveis. Por fim, a obtenção dos nanocristais de celulose não deve estar apenas relacionada com as condições utilizadas na hidrólise ácida, mas também ao processo de obtenção da celulose e a origem da mesma, necessitando, portanto, de mais estudos que comparem diferentes pré-tratamentos da mesma fibra (lavagens e branqueamento), sob as mesmas condições de hidrólise.

Agradecimentos

A Fapesb e ao SENAI CIMATEC.

¹ Machado, B. A. S.; Reis, J. H. O.; Silva, J. B.; Cruz, L. S.; Nunes, I. L.; Pereira, F. V.; et al. *Quím. Nova*. 2014, 8.

² Dantas, R. L.; Silva, G. S.; Rocha, A. P. T. Anais de Congresso – ENECT, 2012.

³ Almeida, R. R. Dissertação (Mestrado), Piracicaba, 2006.

⁴ Salazar, R. S. F.; Silva, G. L. P.; Silva, M. L. C. P. Anais de Congresso – VI COBEQ, 2005.

⁵ Ziglio, B. R.; Bezerra, J. R. M. V.; Branco, I. G.; Bastos, R.; Rigo, M. *Cienc. Ex. e Nat.* 2007, 9, 14.

⁶ Costa, S. S. Dissertação (Mestrado), Salvador, 2013.

POLIÉSTERES SUSTENTÁVEIS OBTIDOS A PARTIR DA DESPOLIMERIZAÇÃO DE GARRAFAS PET.

¹*Amanda A. F. L. F. Mensah, ¹Fabiano Ferreira de Medeiros, ¹Faculdade SENAI CIMATEC, Engenharia de Petróleo e Gás, PIBITI.

amandatecpetro@gmail.com, fabianofm@fieb.org.br.

Palavras Chave: despolimerização, PET, ácido tereftálico

Introdução

A cadeia produtiva do Polietileno Tereftalato (PET) nas principais indústrias tem atraído a atenção mundial devido aos problemas relacionados com a poluição no processo de descarte desses polímeros. O projeto propôs a elaborar polímeros sustentáveis a partir da obtenção do ácido tereftálico (AT) oriundo do PET, $C_6H_4(COOH)_2$, combinado com polissacarídeos em substituição ao etilenoglicol. A demanda do mercado e o fato de utilizar matéria prima de fonte não renovável (advindo do petróleo) motivaram a busca de uma solução à custo aplicável e sustentável para estes materiais.

As garrafas PET foram estocadas e trituradas em multiprocessador. Posteriormente realizou-se processo de despolimerização do PET triturado em uma reação de hidrólise em meio básico com solução concentrada de NaOH. A última etapa consistiu em uma reação de esterificação do AT obtido na reação de hidrólise com polissacarídeos (a princípio o manitol) para formação dos novos poliésteres de características renováveis.

Resultados e Discussão

O AT obtido a partir da despolimerização do PET apresentou bandas de infravermelho semelhantes às presentes no AT padrão (Figura 1), evidenciando obtenção da matéria prima a partir do PET.

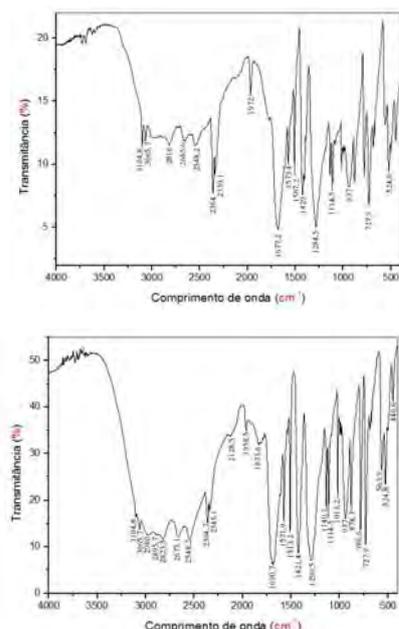


Figura 1. FTIR do AT padrão (acima) e do AT despolimerizado (abaixo).

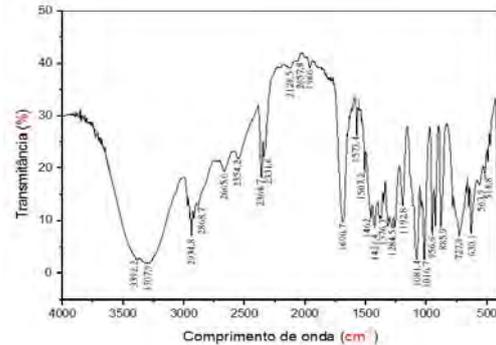


Figura 2. FTIR do polímero obtido a partir do ácido tereftálico com polissacarídeo manitol.

Na polimerização do AT para a obtenção de novos poliésteres, tanto os polímeros obtidos a partir do PET quando aqueles obtidos do AT puro apresentaram banda de ésteres característicos de ligações C-O (faixa entre 1100-1300 cm^{-1}) e de ligações C=O (faixa próxima de 1740-1750).



Figura 3. Polímero obtido a partir da reação de esterificação do AT da despolimerização do PET com o

Conclusões

A despolimerização do PET mostrou-se eficaz na obtenção do ácido tereftálico; na polimerização deste ácido com um polissacarídeo foi evidenciado a formação de poliésteres; assim propomos uma nova rota verde de polimerização em substituição as rotas convencionais.

Agradecimentos

A Instituição Senai CIMATEC por todo apoio, ao PIBITI pela oportunidade e ao CNPq pela bolsa concedida.

¹ MORSE, P. M. PET Producers Face Rough Transition Market. Chem. Eng. News, July 22, **1998**, pp 33-35.

² PRADELLA, J.G.C. Biopolímeros e intermediários químicos. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, São Paulo, **Março de 2006**.

³ ZHANG, S.; SONG, X.; ZHANG, D.; TIAN, Y. Kinetics of the hydrolytic depolymerization of poly(ethylene terephthalate) under microwave irradiation. Polymer Journal (**2011**) 43, 811-815.

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES COLOIDAIS DE PRATA PARA ESTUDO DE SERS (*SURFACE-ENHANCED RAMAN SCATTERING*).

Luciana M. Borges¹, Valéria L. da Silva².

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, engenharia elétrica, bolsista, PIBIC, CNPQ. *

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Professora Adjunta.

lumoreno.borges@gmail.com; valeria.dasilva@fieb.org.br

Palavras Chave: Espalhamento Raman, SERS, Espectroscopia, Absorção, Nanopartículas de Prata.

Introdução

O espalhamento Raman é um efeito óptico não linear no qual os fótons incidentes são excitados a níveis virtuais de energia e espalhados com energia correspondente aos níveis vibracionais da molécula. Este fenômeno é largamente aplicado a estudos bioquímicos pois, fornece uma impressão digital das moléculas.¹ O efeito Raman pode ser intensificado através da interação com uma superfície metálica, sendo então denominado de SERS (*Surface Enhanced Raman Scattering*), sendo ainda mais forte quando a interação é feita com nanopartículas. Dentre os muitos procedimentos para a preparação das nanopartículas de prata, escolhemos o método proposto por Solomon². Neste método, uma solução de 2 mM NaBH₄ é colocada em uma placa de agitação em banho de gelo e uma solução de 1mM de AgNO₃ é adicionada gota a gota. A solução resultante foi dividida em diferentes recipientes os quais foram adicionados diferentes reagentes a fim de estudar os mecanismos de estabilização e aglomeração das nanopartículas. As soluções foram caracterizadas pelo espectro de absorção no visível com uma faixa de comprimento de onda excitante entre 400-700nm.

A aglomeração pode ser evidenciada no espectro de absorção pela análise da cauda do espectro a direita do pico de absorção. Quanto maior a amplitude da cauda maior a aglomeração. A aglomeração das nanopartículas é relevante na criação de superfícies SERS, pois promove a formação de áreas conhecidas como *hotspots* em que há um maior aumento do espalhamento Raman.

Resultados e Discussão

A solução padrão de prata coloidal apresentou cor amarela, conforme previsto pelo artigo base² como



Figura 1. Soluções coloidais de prata pode ser visto na figura 1.

O espectro de absorção da solução para as diferentes substâncias adicionadas é mostrado na figura 2.

A solução que apresentou maior aglomeração foi a da solução padrão com adição de 20 gotas da solução de AgNO₃.

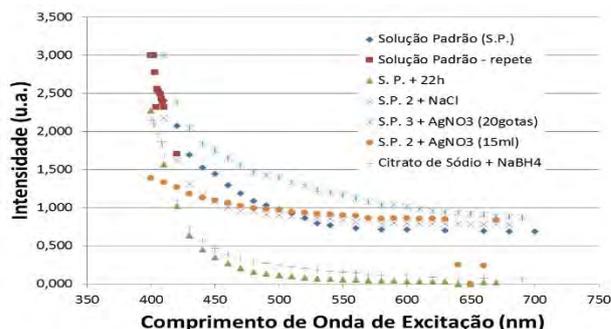


Figura 2. Espectro de absorção das soluções coloidais de prata.

Conclusões

Através da análise do espectro de absorção das soluções de nanopartículas de prata, pode-se inferir que a adição de eletrólitos como o AgNO₃ promove agregação das nanopartículas, tornando-a mais favorável para a formação de *hotspots*. Também, foi possível notar que o espectro de absorção tem seu módulo decaído com o tempo. Isto pode ser observado na análise do espectro da solução padrão e a da mesma após 22h.

O método aplicado atendeu as expectativas como solução base para a fabricação de superfícies SERS.

Agradecimentos

Agradecemos a equipe do laboratório de alimentos e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica. Luciana M. Borges agradece aos meus pais pelo eterno apoio.

¹Sant'Ana, Antonio C; Corio, Paola; Temperini, Marcia L. A. O efeito SERS na Análise de Traços: O papel das Superfícies Nanoestruturadas. *Quim. Nova* **2006** 29(4), 805.

²Solomon, S .D.; Bahadory, M.; Jayarajasingam, A. V.; Rutkowsky.; Synthesis and Study of Silver Nanoparticle. *J.Chem.Ed.* **2007**, 84, 322.

ROBÔ AUTÔNOMO ORIENTADO POR GPS

*Danilo C. Pereira¹, Oberdan R. Pinheiro²

¹Faculdade SENAI CIMATEC, Mecatrônica Industrial, PIBIC, CNPq. E-mail: danilo.cruz.contato@gmail.com

²Faculdade SENAI CIMATEC, Graduação, Mestre/Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, PIBIC, CNPq. E-mail: oberdan.pinheiro@gmail.com

Palavras Chave: Robô Autônomo, Gps, Robótica Inteligente.

Introdução

O GPS ou "Global Positioning System" é um sistema de posicionamento muito utilizado hoje em dia para diversas aplicações. O projeto visa um estudo e desenvolvimento de um sistema autônomo para um dispositivo robótico utilizando um módulo GPS. Inicialmente, fez-se um estudo e interpretação das informações iniciais do projeto, tais como: Entendimento dos conceitos importantes, estudo das causas, entendimento de como funcionava o módulo GPS e o Arduino, tanto o software como o hardware e pesquisas voltadas a trigonometria. Logo após os estudos bibliográficos iniciou-se o período de desenvolvimento do sistema, os quais eram testados e corrigidos.

Resultados e Discussão

Os resultados consistem na criação de um sistema que permite que o robô tenha conhecimento sobre sua localização atual, e orientações que devem ser seguidas pelo robô para chegar ao seu destino. As pesquisas foram de acordo com o planejado, alcançando as metas predefinidas no projeto de forma eficiente.

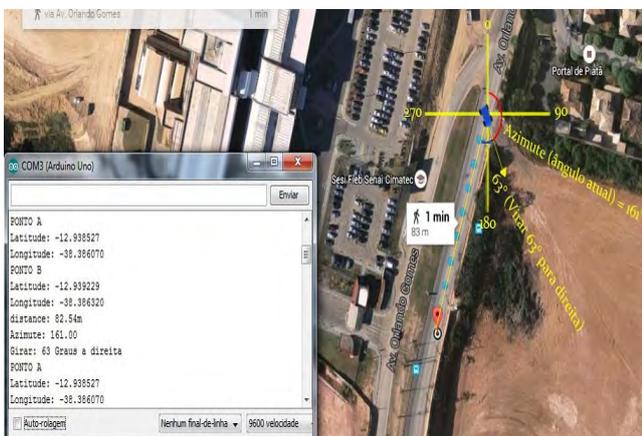


Figura 1. Print screen do teste utilizando o Google maps.

Conclusões

Muitas pesquisas foram feitas ao decorrer do projeto, onde por sua vez foram feitos diversos testes para avaliar a eficiência do sistema. Pode-se concluir que os resultados do projeto foram satisfatórios e aplicáveis, inclusive para contextos futuros, afinal existe uma perspectiva para aplicações mais complexas em robôs, a lógica está pronta e de agora em diante a sua aplicabilidade se torna apenas uma questão de escala e o projeto pode agregar tanto para a comunidade acadêmica como também para a sociedade como um todo a depender da sua relevância e aplicação desejada.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, ao meu Orientador Oberdan Pinheiro, aos meus pais que me apoiaram durante a pesquisa, ao grupo de pesquisa que se manteve unido, ao núcleo de pesquisa aplicada, e a CNPq pela oportunidade.

¹T. Duckett and U. Nehmzow, "Self-Localisation and Autonomous Navigation by a Mobile Robot", Proc. of Towards Intelligent Mobile Robots, Bristol, UK, 1999.

²SANTOS. K.E. (2009). Lógica Matemática Aplicada à Definição de Rotas Usando Dispositivos GPS, São Paulo, v. 12, n. 14, p. 401-412, 2010.

³SANTOS. F.M; SILVA. V.F; ALMEIDA.L. Auto-localização em pequenos robôs móveis e autônomos: O caso do robô Bulldozer IV, 2002.

UMA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES UTILIZANDO A ABORDAGEM MULTIAGENTE

*Julyana P. Valente¹, Ana Paula M. Tanajura²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Gestão da Produção Industrial, PIBIC, Fapesb

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Instituto Senai de Inovação em Logística

Palavras Chave: Cadeia de suprimentos, sistemas multiagente, indústria de petróleo, seleção de fornecedores.

Introdução

O petróleo é um produto com características extremamente dependentes da conjuntura global, o que faz com que pequenas turbulências no mercado possam causar enormes danos ao longo da cadeia. Segundo Bertaglia [1], o processo de seleção de fornecedores não é simples, e a complexidade aumenta em função das especificações técnicas dos materiais, sendo assim, os critérios de seleção de fornecedores podem ser utilizados no contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos, com o objetivo de reduzir os custos envolvidos no processo.

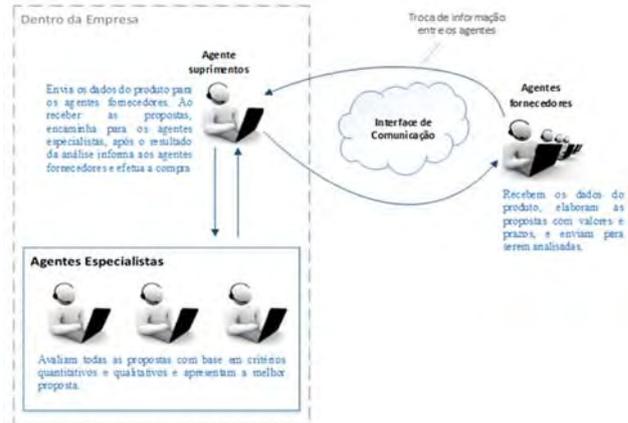
Alguns autores estão utilizando sistemas multiagentes (SMA) para resolver problemas relacionados a gestão da cadeia de suprimentos. SMA é um paradigma da computação, onde um conjunto de agentes em um ambiente computacional distribuído interagem entre si, implementando técnicas de inteligência artificial distribuída (WOOLDRIDGE [2]). Zarandi [3] elaborou modelos de simulação baseados em agentes para reduzir o efeito chicote na cadeia de suprimentos, e Ferreira [4] utilizou agentes normativos, para realizar a simulação e a análise da cadeia do biodiesel.

Este trabalho tem como resultado uma proposta para seleção de fornecedores utilizando a abordagem multiagente, com o objetivo de reduzir os custos, padronizar as tomadas de decisões e sistematizar os processos. A pesquisa foi realizada em uma empresa independente de exploração e produção de petróleo e gás (setor E&P), os campos operados pela empresa estão localizados na Bacia do Recôncavo, na Bahia. Os dados foram coletados através de entrevistas semi-estruturada realizada com 9 profissionais no período de janeiro a maio de 2015, gerentes de manutenção e sondas, coordenador de suprimentos, supervisor de operação, técnicos de sonda, analista e auxiliar de suprimentos.

Resultados e Discussão

O modelo é composto por três diferentes classes de agentes: o agente de suprimento é responsável pelo processo de compra; os agentes especialistas são responsáveis por analisar as propostas enviadas pelos fornecedores e escolher a melhor de acordo com os critérios pré-estabelecidos na tabela de desempenho de fornecedor; e os agentes fornecedores representam as empresas fornecedoras envolvidas na negociação da mercadoria. A figura 1 ilustra o modelo proposto.

Figura 1. Modelo Multiagente Proposto



Esses agentes são softwares que automatizam as operações e facilitam o dia a dia da produção. A medida que os agentes executam suas atividades há um avanço na qualidade do processo de contratação e aquisição de materiais, porque a escolha do fornecedor é feita através de uma avaliação dinâmica e atual. Isso resulta em uma redução de custo, padronização da tomada de decisão e sistematização dos processos.

Conclusões

Este trabalho apresenta uma proposta para seleção de fornecedores sob a abordagem multiagente, com o objetivo de reduzir custos, padronizar as tomadas de decisões e sistematizar os processos de seleção de fornecedores. E mostrar a possibilidade para trabalhos futuros da utilização de SMA para gestão da cadeia de suprimentos em problemas de distribuídos.

Agradecimentos



¹B. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Paulo: Saraiva, 2006.

²W. Fundação de Amparo   Pesquisa do Estado da Bahia. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2002. p. 376.

³Zarandi, M.H.F.; Pourakbar, M.; Turksen, I.B. A Fuzzy Agent-based Model for Reduction of Bullwhip Effect in Supply Chain Systems. Expert Systems with Applications, v. 34, p. 1680-1691, 2008.

⁴Ferreira, L. Um Modelo De Simula o Baseado Em Agentes Para Análise De Cadeias De Suprimento. Porto Alegre: UFRGS, Programa de Pós-Gradua o em Administra o, 2011. (Tese de Doutorado).