



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
MBA Executivo em Lean Manufacturing**

ANTONIO ERNESTO SANTOS CARNEIRO PELETEIRO

**A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA
OTIMIZAR O FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA
INDÚSTRIA DE PNEU**

Salvador (BA)
2019



ANTONIO ERNESTO SANTOS CARNEIRO PELETEIRO

**A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA
OTIMIZAR O FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA
INDÚSTRIA DE PNEU**

Artigo apresentado ao MBA
Executivo em Lean Manufacturing
do CENTRO UNIVERSITÁRIO
SENAI CIMATEC como requisito
parcial para obtenção do título de
Pós-graduado em Lean
Manufacturing.

Orientador(a): prof. Bruna
Reinbold

Salvador (BA)
2019



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
CURSO: MBA EXECUTIVO EM LEAN MANUFACTURING
ATA DE APRESENTAÇÃO DE PROJETO FINAL DE CURSO**

Ata de apresentação do Projeto Final de Curso, "Otimização do Fluxo de Produção: Estudo de Caso", submetido pelo(a) aluno(a) **Antônio Ernesto Santos Carneiro Peleteiro**, como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Especialista em Lean Manufacturing pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC, às 19:30 do dia 15 de Agosto de 2019. Reuniu-se no CIMATEC, a Banca Examinadora designada pela Coordenação de curso, constituída por Doutor Carlos César Ribeiro Santos e por Bruna Reinbold Rezende. O coordenador do curso Carlos César Ribeiro Santos deu início aos trabalhos e a exposição foi realizada pelos estudantes dentro do prazo de tempo estabelecido. Ao final da apresentação a banca reuniu-se atribuindo a seguinte nota: 8.

A banca de avaliadores decidiu pela:

Aprovação do trabalho

Caberá ao aluno apresentar em no máximo em 30 (trinta) dias a contar da data de assinatura desta Ata, uma cópia do trabalho em PDF com restrição de edição. A Ata de Apresentação do Projeto Final de Curso deve ser digitalizada e inserida na terceira página do PFC.

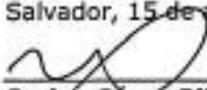
Reprovação do trabalho

O aluno terá que se matricular novamente no TCC – Trabalho de Conclusão de Curso e ser submetido a uma banca avaliadora no semestre seguinte.

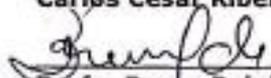
As ações consequentes ao status de Aprovação deverão obedecer ao prazo proposto acima sob pena do parecer final ser modificado para o status de Reprovado automaticamente e sem possibilidade de recurso.

Para constar, lavrou-se a presente ata que vai assinada por todos os membros da Banca. Por estarem cientes de suas obrigações estão de acordo com os termos desse documento:

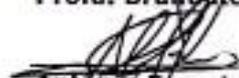
Salvador, 15 de agosto de 2019



Carlos César Ribeiro Santos – Coordenador do Curso



Profa. Bruna Reinbold Rezende – Professora



Antônio Ernesto Santos Carneiro Peleteiro

A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA OTIMIZAR O FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PNEU

THE UTILIZATION OF SIMULATION SOFTWARE TO OPTIMIZE THE PRODUCTION FLOW IN A TIRE INDUSTRY

PELETEIRO, Antonio Ernesto Santos Carneiro ¹

RESUMO

As empresas estão buscando formas de crescimento que traga sustentabilidade para o negócio. Portanto, as melhorias no processo precisam ser feitas de uma forma assertiva, e para isso, a utilização de *software* de simulação torna-se importante para definir essas estratégias. O presente artigo exibe uma abordagem para assegurar o fluxo contínuo do processo produtivo de uma indústria de pneus, através de análises e avaliações do fluxo produtivo das áreas Vulcanização e Inspeção Final, com o auxílio da representação 3D no *Plant Simulation*. Para isso, inicialmente foram coletados todos os dados necessários da área. Em seguida, deu-se início ao processo de construção do modelo e consolidação das informações a serem exportadas para o *software* utilizando tabela *excel*. Após isso, começou a criação do modelo da inspeção final, e por fim, fez um pré-teste com o intuito de certificar a confiabilidade dos resultados expostos pela simulação. Tendo isso em vista, ficou notório o comportamento do fluxo produtivo entre essas duas áreas e foi possível analisar onde cada problema estava ocorrendo e qual era o impacto gerado. Visando estabelecer as melhorias, foi criado um grupo multifuncional para discutir e aplicar as ações selecionadas no chão de fábrica. Para finalizar, após ter avaliado os ganhos obtidos, a empresa teve como *saving* total R\$140.200,00 em dois anos.

Palavras-chave: Simulação, *Plant Simulation*, Fluxo Contínuo, Melhoria Contínua, Tecnologia Computacional.

ABSTRACT

Companies are looking for manners of growth that bring sustainability to the business. Therefore, process improvements need to be made in an assertive way, thereunto, the simulation software utilization becomes important to define these strategies. This paper presents an approach to ensure the continuous flow of the production process of a tire industry, by means of analysis and production flow evaluation of the Curing and Final Finishing areas, with the aid of 3D representation in *Plant Simulation*. Thus, all necessary data from the area were initially collected. Then, the process of building the model and consolidating the information to be exported to the software using the excel table began. After that, the creation of the final finishing model started, and finally, it made a pretest in order to certify the reliability of the results exposed by the simulation. With this in mind, the behavior of the productive flow between these two areas became clear and it was possible to analyze where each problem was occurring and what was the impact generated. In order to establish the improvements, a multifunctional group was created to discuss and apply the selected actions on the shop floor. Finally, after evaluating the gains made, the company had a total saving of R\$ 140,200.00 in two years.

Keywords: Simulation, *Plant Simulation*, Continuous Flow, Continuous Improvement, Computational Technology.

¹Graduado em Engenharia de Produção na UNIFACS

1. INTRODUÇÃO

O objetivo de se manter no mercado faz com que as empresas precisem cada vez mais evoluir de forma sustentável. Para isso, mudanças organizacionais devem ser o ponto chave para evolução, principalmente aquelas que mudam o fluxo produtivo da companhia.

Para atingir esse propósito, existem modificações que não atendem o objetivo esperado, justamente pelo fato de que não passam por estudos ou análises prévias. Sendo assim, a utilização de *softwares* de simulação é uma forma eficaz para otimizar o fluxo de produção, facilitando na identificação de problemas e/ou ineficiência de processos, e por consequência, ajudando a encontrar ações que trazem benefícios significativos para as indústrias.

Na indústria de pneu, o processo produtivo se inicia na misturação¹, área responsável por combinar diversos produtos (matéria prima) no intuito de transformá-los em um composto de borracha. Esse produto é armazenado em paletes e transferido para os dois clientes internos: calandragem² e preparação a quente.

Na área da calandragem o composto é extrudado³ e, dependendo do material requerido, aderido a fios de aço ou tecido têxtil. Esse produto será armazenado no formato de rolos para em seguida ser encaminhado à área da preparação a frio por meio de empilhadeira. Nesse passo do processo, o material já calandrado passará por máquinas de corte para fazer o produto final dessa área. Esse produto é armazenado em cassetes (estrutura para armazenagem de material) e encaminhado pelo próprio operador da máquina para a área de estoque.

¹ Processo de produção de composto por meio de mistura de produtos químicos, pigmentos e borracha.

² Processo para unir composto extrudado e fios de aço ou tecido têxtil.

³ Passagem forçada, através de um orifício, de uma porção de material, para que adquira forma alongada ou filamentosa.

A área de preparação a quente também é encarregada por fazer a extrusão, transformando assim, o composto de borracha em mais dois tipos de produto. Ao final desse processo, os produtos são armazenados novamente nos cassetes e direcionado a uma área específica desses materiais.

Após os quatro processos de preparação, a área de construção é responsável por unificar todos os componentes anteriormente produzidos. Sendo assim, o pneu que antes era somente um bloco de materiais separados, passa a ser um “pneu em verde”. Em seguida, é transferido para uma esteira, que o encaminha para a cabine de pintura, local em que é realizada a lubrificação na parte interna e segregação dos pneus em carros armazenadores.

Dando prosseguimento ao processo produtivo, na área vulcanização, usando a empilhadeira, os operadores retiram o carro da cabine de pintura e os encaminham para as prensas, na qual tem a responsabilidade de dar consistência a borracha que até então é somente uma junção de materiais maleáveis. Para isso, é preciso ser submetido a altas pressões e temperaturas com o intuito de obter as propriedades químicas e físicas especificadas para cada modelo de pneu e área de atuação.

Após o ciclo de vulcanização, o pneu é segregado, por um tempo determinado (atendendo a especificação de cada pneu), para ser resfriado. Seguidamente, é transferido por meio de transportadores industriais para a área de inspeção final, que consiste em realizar avaliações manuais e testes de uniformidade, geometria e balanceamento, a fim de certificar a qualidade padrão e confiabilidade no desempenho do pneu.

Por fim, também por meio de transportadores, os pneus já testados são encaminhados para a paletização. Durante esse caminho, eles passam por leitores de código de barras para identificar o pneu e confirmar no sistema de medição se todos os parâmetros estão dentro do que foi referido.

Ao chegar na área de paletização os operadores segregam os pneus por modelo, e daí são conduzidos para o armazém de produto acabado.

Completando todo o processo produtivo, os pneus são retirados e direcionados para os meios de transportes que levarão para o cliente.

A estabilidade no processo produtivo é o que as organizações focam a todo momento. Porém, para alcançar a solidez no andamento da linha de produção, é necessário minimizar ao máximo as paradas.

No caso das áreas estudadas, os transportadores industriais são a essência do negócio, uma vez que é por meio deles que fica garantido a fluidez do material. Logo, na empresa estudada, existem barreiras que acabam bloqueando os processos e deixando-os ineficientes.

Nesse sentido torna-se possível apontar melhorias projetadas em um *software* de simulação, por meio da identificação dos pontos de bloqueio dos transportadores industriais, para aprimorar a performance das áreas vulcanização e inspeção final de pneus?

O objetivo geral deste estudo é testar soluções em um *software* de simulação, a fim de eliminar as paradas dos transportadores industriais, para otimizar o fluxo produtivo nas áreas da vulcanização e inspeção final de pneus. Para isso, os objetivos específicos são: a) obter dados para mensurar as paradas dos transportadores industriais; b) utilizar o *software* de simulação, o *Plant Simulation*, para criar o modelo computacional; c) mensurar o impacto do problema; d) discutir modificações levantadas; e) simular no *software* as modificações acordadas e; f) avaliar se as modificações foram efetivas.

O artigo está distribuído em cinco partes. A primeira descreve a introdução, mostrando como a tecnologia computacional pode ajudar no desempenho do fluxo produtivo, um resumo da sequência de produção da empresa estudada e, o objetivo geral e específico. Posteriormente exhibe os assuntos base para construção do presente artigo, descrevendo a definição e onde os mesmos podem auxiliar. A terceira parte enfoca no estudo de caso, explicando o processo atual da fábrica, como os problemas foram encontrados, resolvidos e os ganhos obtidos. No final, aborda a conclusão do trabalho, apresentando como a utilização de um *software* de simulação pode propiciar a

identificação dos problemas e dando caminhos para resolução dessas questões.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para atender a competitividade global, as empresas então sendo exigidas a estabelecer processos que tendem a melhoria de eficiência e redução de custo de produção, mantendo a qualidade demandada pelo cliente. Para isso, é de extrema importância que a cultura organizacional tenha como um dos princípios a utilização da melhoria contínua para o desenvolvimento dos processos.

A melhoria contínua é um método aplicado para um desenvolvimento elaborado, programado e regular, com o objetivo de melhorar a performance da empresa (YEN-TSANG; CSILLAG; CATTINI JUNIOR, 2010). Ou seja, a melhoria contínua ajuda a desenvolver atividades que auxiliam na evolução produtiva da organização.

Quando se trata de melhoramento contínuo, ter foco no momento em que a melhoria é feita, influencia mais do que ter um ganho significativo em um só instante (SLACK; CHARNBERS; JOHNSTON, 2002). Não importa se melhoramentos sucessivos são pequenos, o que de fato importa é que a cada mês - ou semana, ou trimestre, ou qualquer que seja o período adequado - algum melhoramento tenha de fato ocorrido.

Para Guimarães (2013, p. 36) “é comum se pensar somente nas grandes melhorias, porém pequenas mudanças podem resultar em grandes mudanças na qualidade e na produtividade”. A melhoria contínua agrega valor em pequena escala e no âmbito de prazos curtos, porém, quando a visão é mais ampla e com pensamento no futuro, a mesma pode trazer melhorias consideráveis para a empresa (AGOSTINETTO, 2006).

À vista disso, a capacidade dos processos e máquinas também são envolvidas nesse conceito. A partir do momento em que se garante o fluxo e diminui – ou cessa – as paradas, automaticamente a disponibilidade dos

recursos aumenta. Logo, a empresa pode pensar em diminuição de investimentos ou até mesmo aceitação do aumento na demanda de produção.

Conforme Braga (2008, p. 13) “quando se tem o fluxo contínuo de produção, este exerce grande influência sobre os resultados da organização e, conseqüentemente, na geração de valor para seus clientes”.

Isso denota que o fluxo contínuo não só garante a produtividade da empresa mediante aos benefícios trazidos em função das melhorias garantidas nos processos, mas liga também as vantagens em que podem ser direcionadas no futuro, justamente no que diz respeito ao capital financeiro e satisfação dos clientes.

Além do mais, existem medidas que podem ser tomadas para manter o fluxo sempre estável, sendo elas, a capacidade da empresa deve atender aos requisitos dos clientes, garantir recursos disponíveis para tal, desenvolver a excelência operacional, e por fim, assegurar o equilíbrio da cadeia produtiva (LIKER; MEIER, 2007).

Levando isso em consideração, a tecnologia computacional se torna uma parceira das organizações, visto que é utilizada para atender essas necessidades por meio de avaliações do processo produtivo em uma estrutura factual simulada.

Conforme Shannon (1998, p. 7), “simulação é o processo de criar modelo de um sistema real e conduzir experimentos para entender o comportamento e/ou avaliar estratégias para o funcionamento do mesmo”. Bangsow (2010, p. 2) cita que “em um sentido mais amplo, simulação significa preparar, implementar e avaliar experimentos específicos com um modelo de simulação”. Portanto, no que diz respeito ao processo, desde o *design* até o desenvolvimento da operação, a tomada de decisões é facilitada pela direção dada pela simulação.

O *software* vai proporcionar observações e perspectivas que não seriam possíveis se não fosse usado nenhum tipo de simulação (SHANNON, 1998). Além disso, para Pinho, Cappelli, Lima, Nascimento, Senna e Paim (2009, p.

14), “é realizada com intuito de estimar distribuição de variáveis aleatórias, testar hipóteses estatísticas e comparar cenários representando diferentes soluções para o problema em estudo”.

Por esses motivos, as empresas conseguem observar de forma simples e objetiva tudo aquilo que se passa durante o processo, para posteriormente ser melhorado e mantido. No passado os *softwares* eram esquecidos, porém, com o passar do tempo e entendimento da importância, esse tipo de ferramenta passou a ser fundamental para solucionar problemas (PINHO; CAPPELLI; LIMA; NASCIMENTO; SENNA; PAIM, 2009).

A simulação consegue trazer benefícios até mesmo quando ainda não existe nenhum cenário, ou seja, é possível modular uma futura realidade do processo. Deste modo, Cantú-González, García e Herrera (2016, p. 2) citam que “contribui para maximizar o desempenho operacional e, ao mesmo tempo, prever resultados indesejáveis na operação durante o seu desenvolvimento”.

Siderska (2016, p. 65) exhibe o mesmo ponto de vista quando afirma que “identificar erros na fase de planejamento é muito mais barato para uma empresa do que fazer isso depois do início de um projeto ou de sua implementação completa”. Assim sendo, é possível economizar dinheiro até mesmo antes de dar início a produção nas plantas industriais. Complementando, a mesma autora afirma que utilizando a simulação, é possível acompanhar o desenvolvimento do projeto, principalmente no que diz respeito ao cumprimento das atividades acordadas.

O software de simulação, *Plant Simulation*, consiste em ser uma ferramenta que disponibiliza de forma efetiva a parte 3D, possibilitando ainda mais fácil e evidente a avaliação do sistema de fluxo e dando autonomia para medir novos modelos para melhorar o desempenho (SIDERSKA, 2016).

Visto isso, Bangsow (2010) acrescenta que o *Plant Simulation* fornece uma ampla gama de ferramentas fáceis de usar para analisar modelos com processos estocásticos, calcular distribuições para valores de amostras, gerenciar experimentos de simulação e determinar parâmetros otimizados do sistema.

Fundamentado por esta abordagem, é factível trazer conteúdo para criar base a estrutura do presente artigo em concordância com a exploração a seguir.

3. REFERENCIAL METODOLÓGICO

O desenvolvimento do presente trabalho foi baseado em duas metodologias: pesquisa e estudo de caso.

Gil (2002, p.17) afirma que pesquisa é definida como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Logo, faz entender que é o meio de desenvolvimento de idealizações para trazer a resposta do que está sendo procurado.

A pesquisa sempre parte de um problema, de uma interrogação, uma situação para a qual o repertório de conhecimento disponível não gera resposta adequada (PRODANOV; FREITAS, 2013). Nota que Gil (2008, p. 26) tem a mesma concepção quando afirma que pesquisa é “o objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Fazendo ligação com esse assunto, Prodanov e Freitas (2013, p. 60) afirma que “o estudo de caso consiste em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo, uma família, um grupo ou uma comunidade, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com o assunto da pesquisa”. Ou seja, o estudo de caso é a forma prática e estrutural de adquirir informações para responder a situação em questão.

Para Yin (2001, p. 32) “um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Gil (2002, p. 54) expõe que estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”.

A partir desta busca realizada, é permitido detalhar a análise de dados referente a este estudo de caso, conforme será tratado no próximo tópico.

4. ANÁLISE DE DADOS

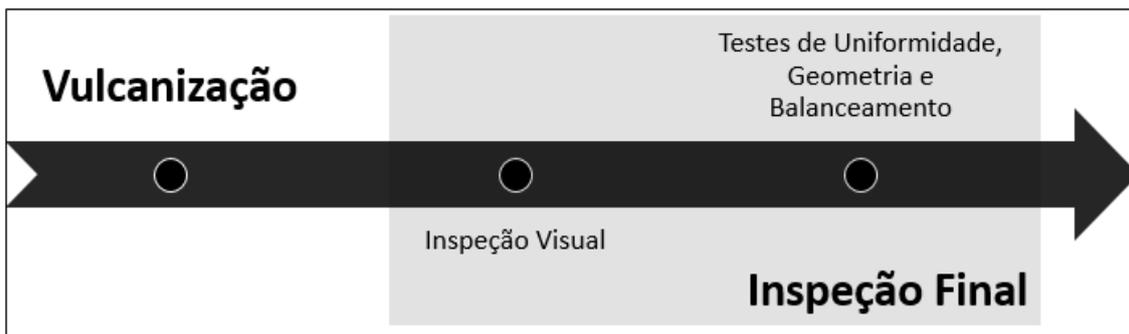
O estudo de caso foi realizado em uma empresa produtora de pneus, que são fabricados basicamente passando por 8 processos. Inicia-se pela misturação, área responsável por elaborar os compostos de borracha. Em seguida, esse material é utilizado pela área da calandragem, que por sua vez produz rolos com fio de aço ou têxtil. Posteriormente, em paralelo, as áreas da preparação a quente e frio trabalham extrudindo⁴ materiais e cortando os rolos calandrados, respectivamente.

O próximo passo é a construção, área que faz a junção dos materiais vindos dos estágios anteriores. Logo após, encontra-se a área da vulcanização, encarregada por atribuir as características químicas e físicas do pneu. Depois os pneus são testados na área da inspeção final para certificar se estão realmente aptos para ir ao cliente. E por fim, a área da paletização fica responsável por separar os pneus produzidos e encaminhar para os meios de transporte.

Após o processo de vulcanização ser finalizado, o pneu é transferido para uma esteira de 2 metros, onde fica em espera por volta de 15 minutos até que garanta todo o processo de atingimento das características químicas e físicas exigidas. Posteriormente, o mesmo é transferido para outro transportador industrial, seguindo o fluxo determinado em direção a próxima etapa do processo produtivo, conforme figura 1.

⁴ Que é obtido pelo processo de extrusão.

Figura 1 - Parte do fluxo produtivo do pneu (Vulcanização até Inspeção Final)



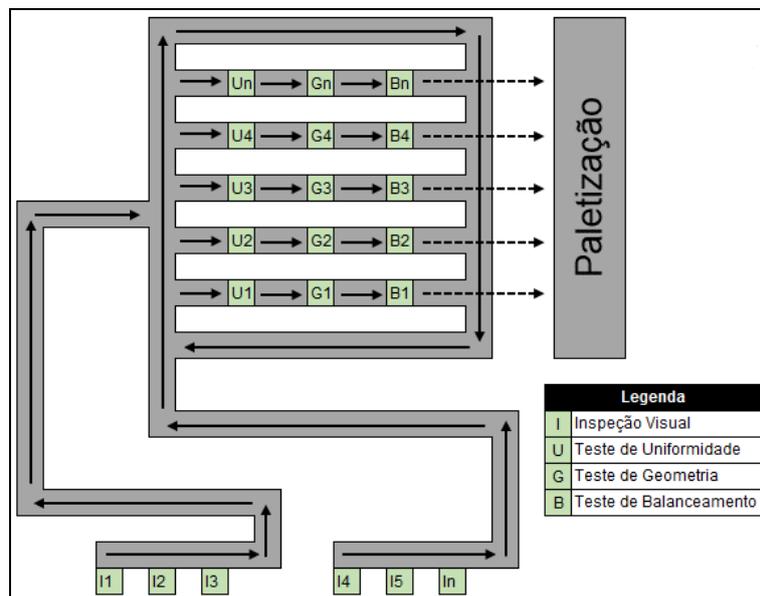
Fonte: Autor (2019)

Durante esse fluxo, o transportador fica bloqueado cerca de 5,53% do tempo disponível do dia (problemática 1), por problemas relacionados a variação de eficiência na inspeção visual. Isso acarreta algumas perturbações, tais como, custo com máquina parada, custo com utilização inadequada de operadores, esforço físico desnecessário, geração de inventário de pneus e aumento de chance na quebra de equipamento. Tendo isso em vista, custa aproximadamente R\$45.300,00 por ano.

Além disso, gera algumas perdas intangíveis, tais como, motivação, insatisfação e esforço dos colaboradores realizando suas atividades, uma vez que a produção é totalmente impactada.

A primeira etapa da Inspeção Final é referente a avaliação do aspecto físico do pneu (inspeção visual), que consiste em observar se existe algum tipo de imperfeição ou até mesmo algo tão crítico que precise classificar como sucata. Essa fase é considerada primordial na área, uma vez que sua produtividade depende diretamente da habilidade dos inspetores e da eficiência nos passos seguintes, sendo eles, testes de uniformidade, geometria e balanceamento, conforme figura 2.

Figura 2 - Fluxo de produção da Inspeção Visual até a Paletização



Fonte: Autor (2019)

Portanto, uma vez que o passo posterior, durante a jornada de trabalho, sofre variações de eficiência, acaba impactando na fluidez do trabalho dos inspetores. Logo, os mesmos ficam parados em torno de 3,65% do dia (problemática 2). Considerando esse bloqueio, gera para a empresa anualmente um gasto de cerca de R\$74.800,00.

Além disso, é visível a instabilidade na cadência produtiva dos inspetores, até porque, por uma obrigação legal da empresa, eles precisam sair do posto de trabalho no momento de refeição (1 hora), descanso (2 turnos de 10 minutos) e necessidades fisiológicas (tempo variável). Por consequência, a vulcanização que está diretamente ligada a inspeção final, também sofre por paradas de fluxo.

Sabendo onde existe os problemas e qual a consequência deles, foi então decidido aproveitar os benefícios da simulação computacional e utiliza-la para tratar essas inconsistências no processo.

Inicialmente, todo o fluxo no que trata de Vulcanização e Inspeção Final foi modelado no *software* de simulação *Plant Simulation*, tendo como finalidade, mapear o sistema e aproveitar os benefícios da ferramenta para

identificar de forma efetiva onde se encontra as dificuldades do processo. Além disso, mensurar o quão impactante está sendo, quais as consequências reais originadas e o que precisa ser modificado para solucionar os problemas.

Por se tratar de simulação de fenômenos reais, é preciso ao máximo introduzir no *software* informações que de fato existem, portanto, o primeiro passo foi coletar alguns dados das áreas, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Informações para Introduzir na Simulação

Elemento	Item
Transportadores	Características físicas: - Altura, largura, comprimento; - Modelo; - Local de instalação.
	Velocidade de rotação
	Lógica de fluxo
Máquina	Eficiência (%)
	Tempo de processamento
	MTBF e MTTR
Operadores	Tempo disponível
	Escala de trabalho
	Escala de refeição
	Velocidade de movimentação
Produção	Plano de produção: - Artigo/máquina; - Quantidade de pneus/artigo; - Quantidade de setups.
Pneu	Dimensões

Fonte: Autor (2019)

Todos os dados relacionados à máquina e produção, foram coletados de forma automática, onde foi utilizado o *software Data Collection System*. Porém, no que se refere aos outros elementos, os dados necessitaram ser extraídos por equipamentos de medição, dentre eles, trena eletrônica modelo DLE 70 da Bosch, tacômetro modelo MDT-2238B e câmera digital modelo EOS Rebel T6. Além disso, avaliações foram feitas no processo, tais como,

análise da programação dos transportadores industriais e observações *in loco* do trabalho dos operadores.

No segundo passo, de posse das informações coletadas, deu-se início ao processo de construção do modelo no *software Plant Simulation* para o segmento Vulcanização. Primeiramente desenhou-se o *layout* contemplando transportadores e máquinas, colocando assim tudo em seu devido lugar, inclusive respeitado a escala dos equipamentos. Em paralelo, foi desenvolvida a etapa 3D, o que ajudou na visualização e compreensão durante a elaboração dessa etapa.

Logo após, iniciou-se a segunda parte da construção, implementando toda a estrutura de lógica do fluxo, ou seja, determinando dentro da simulação, por meio de códigos de programação, como os pneus irão se movimentar, para qual caminho seguir e em qual momento se deslocar.

No passo 3, fez-se necessário a consolidação dos elementos Máquina, Produção e Pneu em tabela na base de dados em *Excel* (tabela 2), para que viabilize a ligação com o modelo de simulação por meio de um método de programação. Sendo assim, garante a facilidade na geração dos dados sempre que precisar fazer modificações e assegurar ainda mais a proximidade com a realidade.

Tabela 2 - Requisitos da simulação

Máquina	Artigo	Aro	Quantidade	Tempo de Processamento	Eficiência	MTTR
Máquina 01	A1549472	16	130	12:33	75,94%	02:49:53
Máquina 02	A1549535	13	113	11:07	76,19%	02:22:49
Máquina 03	A1549428	14	128	11:47	85,25%	01:12:38
N	n	n	n	n	n	n

Fonte: Autor (2019)

Em seguida, uma vez que o modelo voltado para área vulcanização foi finalizado, deu credibilidade para iniciar a criação da inspeção final, até porque, para ter um valor ainda mais assertivo, a simulação precisa englobar processos dependentes.

Portanto, no quarto passo foi determinado a mesma sequência de desenvolvimento, mantendo inclusive o padrão de tabelas e estruturas de programação. Sendo assim, garantiria a mesma efetividade anteriormente concebida e otimizaria o tempo gasto para realização do modelo. Tendo isso em vista, por volta de 1,5 meses esse modelo ficou pronto.

O passo 5, foi feito um pré-teste com o objetivo de garantir que a simulação mostra uma precisão aceitável, portanto foi escolhido alguns dias reais de produção para testar no modelo criado no *software*. O resultado gerou cerca de 0,4% de diferença entre o real e o simulado, sendo assim, pôde comprovar que o modelo criado vai estabelecer momentos confiáveis o suficiente para mostrar o que na realidade se passa no fluxo produtivo.

A partir desse momento, teve todos os parâmetros de avaliação disponíveis para analisar os problemas que não eram possíveis de serem identificados ou mensurados. Portanto, uma vez que, tornou-se acessível simular o que aconteceu com qualquer dia já passado, somente incluindo os elementos desejados, foi então escolhido dias aleatórios referente a semana atual para inserir os parâmetros necessários e fazer as avaliações.

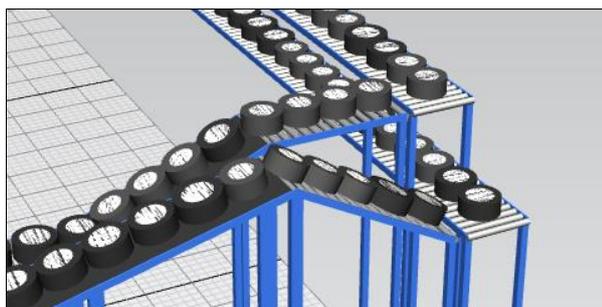
A partir desse momento, foi criada uma frente de trabalho formada por um grupo multifuncional (produção, manutenção e engenharia), que teve o objetivo de avaliar juntos as problemáticas observadas e discutir soluções referentes às áreas impactadas.

Sabendo qual o efeito no processo em que esses problemas acarretam, a simulação dá possibilidade de testar medidas de melhoria. Sendo assim, após ter discutido junto ao grupo de trabalho, foi percebido que dois aspectos impactavam na “problemática 1” e um na “problemática 2”, sendo eles:

- 1.1 Durante os horários de refeição dos inspetores – nos 3 turnos de trabalho – há um impacto negativo de 22% na eficiência da inspeção visual uma vez que ficam menos pessoas trabalhando na linha, logo, cerca de 4,42% do dia o transportador fica parado, e por consequência os operadores da vulcanização precisam remover os

pneus do transportador manualmente para que a produção não seja impactada, conforme figura 3.

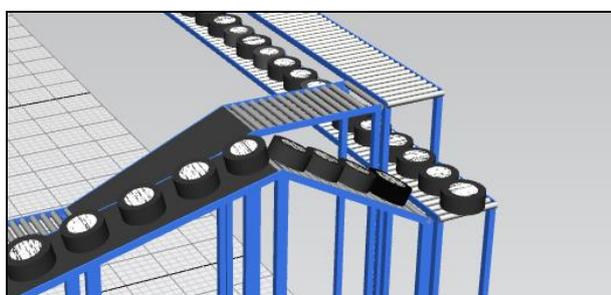
Figura 3 - Transportador Superior e Inferior de ligação com a Inspeção Final durante o horário de refeição



Fonte: Autor (2019)

1.2 Ao decorrer do turno, por se tratar de pessoas, há uma variação no tempo de ciclo da inspeção visual, logo, levando em consideração que a vulcanização mantém uma cadência produtiva estável, os transportadores que ligam essas duas áreas precisam acumular pneus. Porém, o transportador inferior por vezes enche até parar e o superior se mantém vazio. Isso representa uma perda produtiva por volta de 1,11% do dia, conforme pode ser verificado na figura 4.

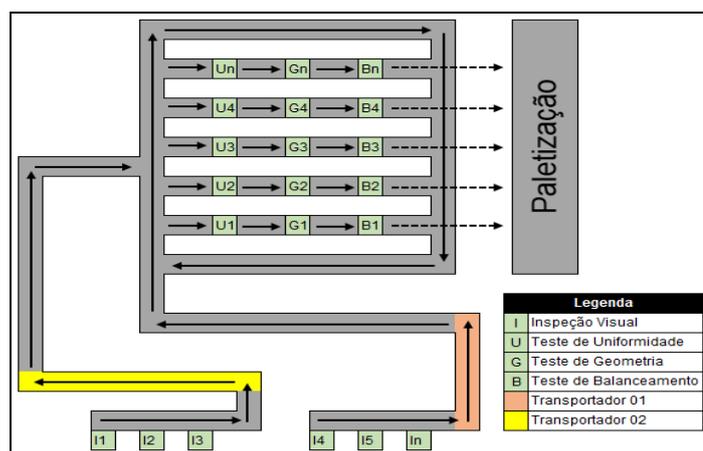
Figura 4 - Transportador Superior e Inferior de ligação com a Inspeção Final durante momentos de variação no tempo de ciclo



Fonte: Autor (2019)

2.1 As máquinas de uniformidade, geometria e balanceamento têm variações de eficiência durante o dia, logo, por vezes os transportadores que ligam a inspeção visual e essas máquinas precisam acumular um pouco mais. Além disso, as máquinas têm algumas restrições de medição, tais como, modelo de marcação de fita no pneu, tipo de cliente e tamanho da jante, logo, o fluxo sofre impacto por ter variação no número de modelos de pneus. Sendo assim, o transportador 01 fica parado por 7,19% do dia, conforme figura 5.

Figura 5 – Fluxo de produção da Inspeção Visual até a Paletização



Fonte: Autor (2019)

Partindo desses pressupostos, foi levantado algumas ações de melhoria a serem testadas e mensuradas. No que se refere ao problema “1.1”, foi criada uma nova escala de refeição e descanso para os três turnos, levando em consideração o momento em que estatisticamente a vulcanização tem uma melhor eficiência produtiva, conforme se vê na tabela 3. Logo, no momento em que demanda mais produtividade na área de inspeção visual, terá menos pessoas fora da máquina. Essa ação conseguiu cessar as paradas por esse motivo.

Tabela 3 - Novos horários de refeição e descanso

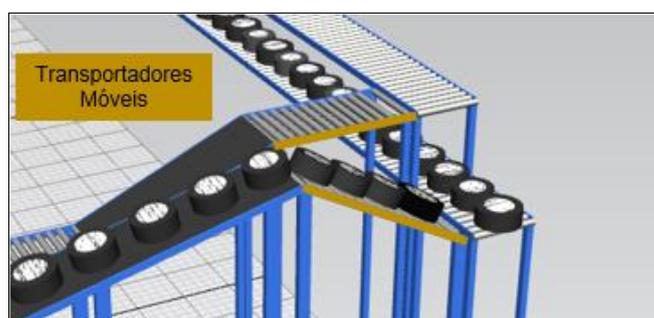
Inspetor	1º Descanso		2º Descanso		Refeição		
	Saída	Retorno	Saída	Retorno	Saída	Retorno	
1º Turno	01	09:00	09:10	12:50	13:00	10:30	11:30
	02	09:10	09:20	13:00	13:10	10:30	11:30
	03	09:20	09:30	13:10	13:20	10:30	11:30
	n	n	n	n	n	n	n
2º Turno	01	16:40	16:50	20:50	21:00	18:00	19:00
	02	16:50	17:00	21:00	21:10	18:00	19:00
	03	17:00	17:10	21:10	21:20	18:00	19:00
	n	n	n	n	n	n	n
3º Turno	01	03:30	03:40	05:00	05:10	01:00	02:00
	02	03:40	03:50	05:10	05:20	01:00	02:00
	03	03:50	04:00	05:20	05:30	01:00	02:00
	n	n	n	n	n	n	n

Fonte: Autor (2019)

Com relação ao problema “1.2”, foi criada uma lógica nova de programação considerando momentos em que, por mais que o transportador inferior esteja cheio, quando houver espaço no transportador superior, o trecho móvel automaticamente transfere a sua posição, como pode ser visto na figura 6 abaixo. Ou seja, todas as vezes em que o transportador inferior não tiver mais espaço para acumular pneus, imediatamente começa a acumular no transportador superior.

Essa modificação, assim como a anterior, não exigiu nenhum investimento além de tempo, e conseguiu determinar que o balanceamento de linhas seja feito sempre que houver necessidade e de forma automática. Sendo assim, o bloqueio foi cessado e o fluxo se manteve estável.

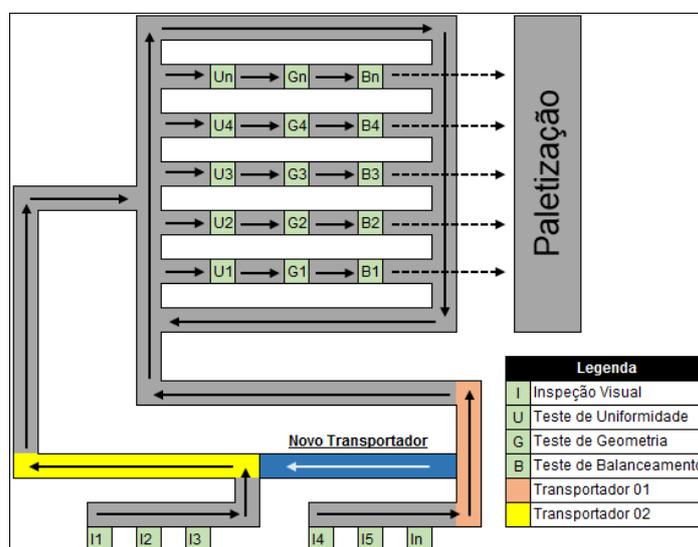
Figura 6 – Transportadores móveis automáticos



Fonte: Autor (2019)

Para o problema “2.1”, foi verificado que o transportador 02 não fica bloqueado, justamente por receber menos pneus vindo dos inspetores visuais e por fazer parte de outro modelo de lógica de programação. Sendo assim, foi instalado um novo transportador que liga o transportador 01 ao 02 e sempre que precisa, o fluxo muda automaticamente e balanceia as linhas, como pode ser visto na figura 7 abaixo. Isso custou para empresa por volta de R\$100.000,00, mas, contando com essa modificação, as paradas foram eliminadas.

Figura 7 – Novo transportador após área da Inspeção Visual



Fonte: Autor (2019)

5. RESULTADOS

Após a implementação das soluções encontradas com a utilização do *software* de simulação, os resultados começaram a aparecer. Mostrando assim, a efetividade da ferramenta aplicada.

Dentre as 3 ações executadas, duas delas não precisaram de qualquer tipo de investimento, portanto, alcançou o ganho total. A outra necessitou uma

aquisição de aproximadamente R\$100.000,00, mas ainda assim foi justificada pelo ganho obtido, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Saving das soluções encontradas

Problema	Custo (1 ano)	Solução	Investimento	Ganho Real (1 ano)	Ganho Real (2 ano)
Transportador da Vulcanização fica parado 5,53% do dia	R\$ 45.300,00	Escala de Refeição e Descanso	R\$ -	R\$ 45.300,00	R\$ 90.600,00
		Transportadores Móveis Automáticos	R\$ -		
Inspetores ficam parados 3,65% do dia	R\$ 74.800,00	Ligação dos transportadores na saída da Inspeção Visual	R\$ 100.000,00	-R\$ 25.200,00	R\$ 49.600,00
Total			R\$ 100.000,00	R\$ 20.100,00	R\$ 140.200,00

Fonte: Autor (2019)

Partindo dessa análise, fica claro a desenvoltura que a metodologia empregada traz para a resolução das ações propostas durante o projeto. Além disso, a facilitação para medições e análises do real problema fica determinada de forma clara, fazendo com que as soluções fossem encontradas mais facilmente.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo permitiu avaliar as dificuldades em que a empresa examinada passava durante o processo produtivo nas áreas vulcanização e inspeção final. Além disso, tornou-se possível criar medidas de observação para encontrar de forma simples e objetiva as possíveis soluções.

De modo geral essas duas áreas encontram-se em situações dependentes, ou seja, uma vez que são áreas subsequentes, o problema de uma impacta na outra. A área da inspeção final sofre por interferência na variação produtiva dos inspetores visuais e por influência das restrições de máquinas. Na vulcanização é basicamente consequência desses problemas,

mas também é impactada por não ter medidas adequadas para o balanceamento de linhas.

Assim motivou o questionamento do presente artigo: torna-se possível apontar melhorias projetadas em um software de simulação, por meio da identificação dos pontos de bloqueio dos transportadores industriais, para aprimorar a performance das áreas vulcanização e inspeção final de pneus?

Por meio de modelos simulados no *Plant Simulation* e discussões com a equipe multifuncional, foi projetado medidas para melhorar o desempenho das áreas estudadas. Diante das perspectivas citadas, ficou evidente que os pontos de bloqueio nos transportadores das áreas vulcanização e inspeção final foram encontrados e sanados com as ações implementadas.

Para manter a performance e colocar em pauta o conceito da melhoria contínua, torna-se necessário a avaliação de mais áreas dentro do processo produtivo, tais como construção e paletização. Visando assim, manter o fluxo contínuo e buscar cada vez mais aumentar a eficiência produtiva.

Seguindo esses fundamentos, fica notório a importância da tecnologia para otimizar o desempenho do fluxo em uma manufatura. Além disso, por consequência, consegue trazer redução de custos para a organização, conforme apresentado após realizar a simulação, por meio de: mensurar o impacto do problema, discutir modificações levantadas, simular no *software* as modificações acordadas e avaliar se as modificações foram efetivas.

7. REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, Juliana. **Sistematização no processo de desenvolvimento de produto, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BANGSOW, Steffen. **Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk: Usage and Programming with Examples and Solutions**. Zwickau: Springer, 2010. 297 p.

BRAGA, Ricardo Marques. **Os desafios para estabelecer um fluxo contínuo numa linha de produção: caso da indústria automobilística**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CANTÚ-GONZÁLEZ, José Roberto; GARCÍA, María del Carmen Guardado; HERRERA, José Luis Balderas. **Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional**. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, v. 3, n. 5, p.1-21, jun. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2008.

GUIMARÃES, Julio et al. **Inovação no Processo e Melhoria Contínua em uma Indústria de Plásticos do Polo Moveleiro da Serra Gaúcha**. Sistemas & Gestão, [s.l.], v. 8, n. 1, p.34-43, 2013. LATEC. <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2013.v8.n1.a3>.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p.

PINHO, Bruno; CAPPELLI, Claudia; LIMA, Leonardo; NASCIMENTO, Licia; SENNA, Pedro; PAIM, Rafael. **Metodologias e Ferramentas para Simulação de Processos**. Rio de Janeiro, 2009.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SHANNON, Robert E.. **Introduction to the art and science of simulation**. 1998. 14 f. Course of Industrial Engineering, College Station, Texas, 1998.

SIDERSKA, Julia. **Application of tecnomatix plant simulation for modeling production and logistics processes**. Business, Management and Education, [s.l.], v. 14, n. 1, p.64-73, 10 jun. 2016. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/bme.2016.316>.

SLACK, Nigel; CHARNBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2002. 747 p.

YEN-TSANG, Chen; CSILLAG, João Mário; CATTINI JUNIOR, Orlando. **Melhoria contínua continua? Conceitos, Vertentes e Tendências**. 2010. 14 f. Rio de Janeiro, 2010.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e método**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.