



ANAIS

COMO INTEGRAR A CADEIA DE SUPRIMENTOS DAS EMPRESAS MONTADORAS DE MICROCOMPUTADORES NO PÓLO DE INFORMÁTICA DE ILHÉUS/BA UTILIZANDO TECNOLOGIA RFID

FREDERICO WERGNE DE CASTRO ARAUJO FILHO (wergne@fieb.org.br ,
fredwergne@hotmail.com)

FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC

XISTO LUCAS TRAVASSOS JÚNIOR (lucas.travassos@fieb.org.br)

FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC

FRANCISCO UCHÔA PASSOS (francisco.uchoa@fieb.org.br)

FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC

RESUMO

Este artigo tem como objetivo desenvolver uma metodologia de integração da tecnologia RFID, em empresas montadoras de microcomputadores, para o controle de estoque, rastreabilidade de insumos/produtos e satisfação do cliente. A metodologia de integração da tecnologia RFID foi desenvolvida para identificar e avaliar o processo de uma montadora, aplicar o FMEA de Processo para analisar as falhas potenciais e propor ações de melhorias utilizando a tecnologia RFID.

A metodologia foi então aplicada em uma empresa do pólo de informática de Ilhéus/BA para validação. Neste estudo, foi possível comprovar a viabilidade da tecnologia RFID para o controle de estoque e rastreabilidade do produto. Tais comprovações foram obtidas através de: redução de um posto de trabalho na expedição, redução dos custos de substituição por componente com equivalência superior e redução do tempo de leitura do pallet de produto acabado.

Palavras-chave: RFID; FMEA de Processo; *Site Survey*; Automação de Processo; Operação

1. Introdução

De acordo com Soares *et al* (2008), no atual mercado competitivo, onde a qualidade no atendimento é um item cada vez mais requisitado e as perdas financeiras são cada vez menores, a tecnologia RFID vem ganhando foco e atenção dos executivos, visando o aumento da eficiência da cadeia logística através da disponibilidade dos produtos no tempo certo e no local desejado, com o menor custo de operação. Como resultado, grandes empresas mundiais estão adotando ano a ano a tecnologia RFID.

Ainda segundo Soares *et al* (2008), os estoques são os setores que mais esperam pelo amadurecimento das soluções da tecnologia RFID, no qual os ganhos com a sua implantação vão muito além da substituição da tecnologia de automação de captura de dados, tendo como principal objetivo aumentar a integração de toda cadeia logística, de forma a fornecer ferramentas que possibilitem rastreabilidade e controle dos produtos que circulam na cadeia.

Este trabalho começou em 2008, motivado pelas observações realizadas em visitas nas diversas empresas montadoras de microcomputadores no Pólo de Informática de Ilhéus/BA, sendo que tal pólo é representado por cerca de vinte montadoras de microcomputadores. Sua matéria-prima é praticamente toda importada de fornecedores asiáticos (China, Coréia do Sul,



ANAIS

Tailândia entre outros) e sua produção abastece o mercado brasileiro, concentrando-se principalmente nas regiões norte e nordeste do país.

As dificuldades encontradas por essas empresas em gerir seus estoques de matéria-prima e de produto acabado mesmo utilizando código de barras para identificação automática nas etapas do processo de produção foi o fator motivacional deste trabalho e que serviram como arcabouço para o desenvolvimento da metodologia de integração em questão.

As dificuldades encontradas com maior relevância nas empresas da região são descritas a seguir:

- Venda de produtos que não continham todos os componentes, conforme pedido de cliente, conseqüentemente a empresa substituía tal componente, pela maioria das vezes, por um de maior valor agregado (responsabilidade do fornecedor) – discrepância entre estoque físico e sistema de controle de estoque (banco de dados);
- Rastreabilidade de componentes nas etapas de montagem – quando algum componente estava danificado e conseqüentemente substituído por outro, porém o controle dessa etapa é, na maioria das empresas, feito manualmente (através do preenchimento de planilha de controle no final do expediente e lançado no sistema de estoque);
- Problemas de leitura de Código de Barras nas etapas de inserção de dados no Sistema ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento dos Recursos da Empresa) das empresas;
- Controle manual de inventário do estoque de matéria-prima.

Este trabalho de pesquisa tem por objetivo avaliar as condições específicas de adoção de um sistema RFID numa empresa montadora de microcomputadores, situada no Pólo de Informática de Ilhéus/BA, visando um retorno sobre o investimento adequado para modernizar esta empresa com uma solução atual. Ressalta-se também que nenhuma empresa da região detém esta tecnologia.

A tecnologia RFID apresenta algumas vantagens quando comparada à tecnologia de código de barras, atualmente utilizada, respeitando as condições encontradas na empresa. O método de leitura das etiquetas RFID possibilita que as mesmas sejam lidas em grande velocidade em comparação ao código de barras. A leitura da etiqueta RFID não depende da visualização, pode ser reutilizada ou operar em ambientes insalubres ou contaminados por sujeira.

O ponto inovador desta pesquisa é a criação de uma metodologia de integração da tecnologia RFID ao sistema de produção atualmente utilizado, para facilitar a adoção de tal tecnologia nas empresas que visam melhorar o controle, o gerenciamento de estoque de matéria-prima e a rastreabilidade do produto. Ressalta-se que esta metodologia visa reduzir impactos significativos na estrutura da empresa para facilitar a integração.

Observaram-se outros benefícios inerentes a utilização desta tecnologia como: redução no tempo de produção, redução de falhas no processo e redução de defeitos. Tais benefícios foram alcançados devido ao controle em tempo real, pela capacidade de leitura de diversas etiquetas ao mesmo tempo, e supressão de operação manual para realização da leitura.

Além disso, todo o elo logístico ao qual a empresa que adota a tecnologia RFID se beneficia, pois com o controle do estoque em tempo real, o fornecedor desta empresa poderá monitorar o estoque dos seus produtos e atender de forma mais precisa a necessidade do seu cliente.



ANAIS

2. Tecnologia RFID

A tecnologia RFID tem suas origens na Segunda Guerra Mundial, com o sistema de identificação IFF – *Identification Friend-or-Foe* (Sistema de Identificação de amigo ou inimigo), que permitia as unidades aliadas a distinção entres aeronaves aliadas e inimigas. A tecnologia RFID funciona no mesmo princípio básico. Um sinal é enviado a uma etiqueta o qual é ativado e reflete de volta o sinal (sistema passivo) ou transmite seu próprio sinal (sistema ativo).

Segundo Pinheiro (2006), os avanços consideráveis ocorridos com a tecnologia RFID, são inegáveis, contudo diversos desafios mostram-se reais para sua ampla utilização. Esses desafios são percebidos na aplicação que é feita dos dispositivos. Em algumas aplicações, a tecnologia está razoavelmente consolidada, enquanto que para outras ainda deve esperar o desenvolvimento de novos dispositivos, protocolos de segurança assim como a redução do custo das etiquetas.

Desenvolve-se neste tópico uma relação de vantagens e desvantagens que a leitura da bibliografia ofereceu e que serviram de base para implementação da tecnologia na empresa em questão.

Vantagens do uso do RFID

Segundo Bernardo (2004), de uma forma geral, são vantagens da tecnologia RFID:

- a capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para etiquetas ativas;
- a detecção sem necessidade da proximidade da leitora para o reconhecimento dos dados;
- a durabilidade das etiquetas com possibilidade de reutilização;
- a redução de estoque;
- a contagem instantânea de estoque, facilitando os sistemas empresariais de inventário;
- a precisão nas informações de armazenamento e velocidade na expedição;
- a localização dos itens em processos de busca;
- a melhoria no reabastecimento com eliminação de itens faltantes e aqueles com validade vencida;
- a prevenção de roubos e falsificação de mercadorias;
- a coleta de dados animais ainda no campo;
- o processamento de informações nos abatedouros;
- a otimização do processo de gestão portuária, permitindo às companhias operarem muito próximo da capacidade nominal dos portos.

Desvantagens do uso do RFID

Conforme descreve Bernardo (2004) como desvantagens, podem-se apresentar os seguintes itens:

- custos dos sistemas RFID, mesmo para produtos de maior valor agregado, esta substituição não se mostra ainda tão vantajosa;
- interferência eletromagnética e materiais metálicos ou condutivos, que dificultam a transmissão dos sinais de radiofrequência entre a etiqueta e o leitor RFID;
- regulamentação ao nível nacional e internacional ainda não compatíveis.

Em relação ao problema identificado no estudo de caso as principais vantagens e desvantagens levam a premissa de que a tecnologia pode ser implantada, porém deve-se identificar as falhas de processo que podem comprometer na integração com o sistema atual.



ANAIS

Desta forma, para que o processo de integração seja realizado faz-se necessário a identificação das falhas do processo para que estas sejam avaliadas, sanadas ou na pior das hipóteses minimizadas. Para tanto, o estudo da FMEA é apresentado a seguir.

3. FMEA de Processo

Dentre as diversas ferramentas utilizadas para análise de falhas (Digrama de Ishikawa, Árvore de Falhas, Gráfico de Pareto, Análise de Fluxo, 5 Por quês, MASP, Análise Funcional entre outras) a FMEA se mostrou a mais adequada para a o desenvolvimento da metodologia, por detalhar etapa por etapa, agregar mais informações nas descrições do processo e identificar as causas das falhas no processo de montagem de microcomputadores do estudo de caso.

Segundo Stamatis (2003), os fatores severidade, ocorrência e detecção são calculados por especialistas conforme a escala de valores, na maioria das vezes definida de um a dez, baseado em critérios de avaliação geralmente de comum acordo dentro da equipe. Como o NPR (Número de Prioridade de Risco) é uma medida do risco de fracasso de determinada função do processo, este índice deve ser usado para classificar as falhas e priorizar as ações. São recomendadas ações com prioridade dada às falhas que atingiram o NPR mais alto.

Utilizando este conceito foi desenvolvida uma metodologia de integração da tecnologia RFID para a cadeia de suprimentos das empresas montadoras de microcomputadores que será apresentada a seguir.

4. Metodologia Desenvolvida

A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia desenvolvida para o detalhamento de cada etapa do processo de viabilidade técnica, ou seja, relata os procedimentos que nortearam o estudo de caso realizado na empresa que será denominada como XYZ por motivo de confidencialidade. Esta empresa foi escolhida por apresentar as limitações e características encontradas na maioria das empresas da região em estudo já mencionadas anteriormente.

Apesar de a metodologia contemplar o estudo de viabilidade econômica, esta etapa não será apresentada neste artigo. No entanto, o estudo de viabilidade econômica pode ser encontrado em (Araujo Filho, 2011).

ANAIS

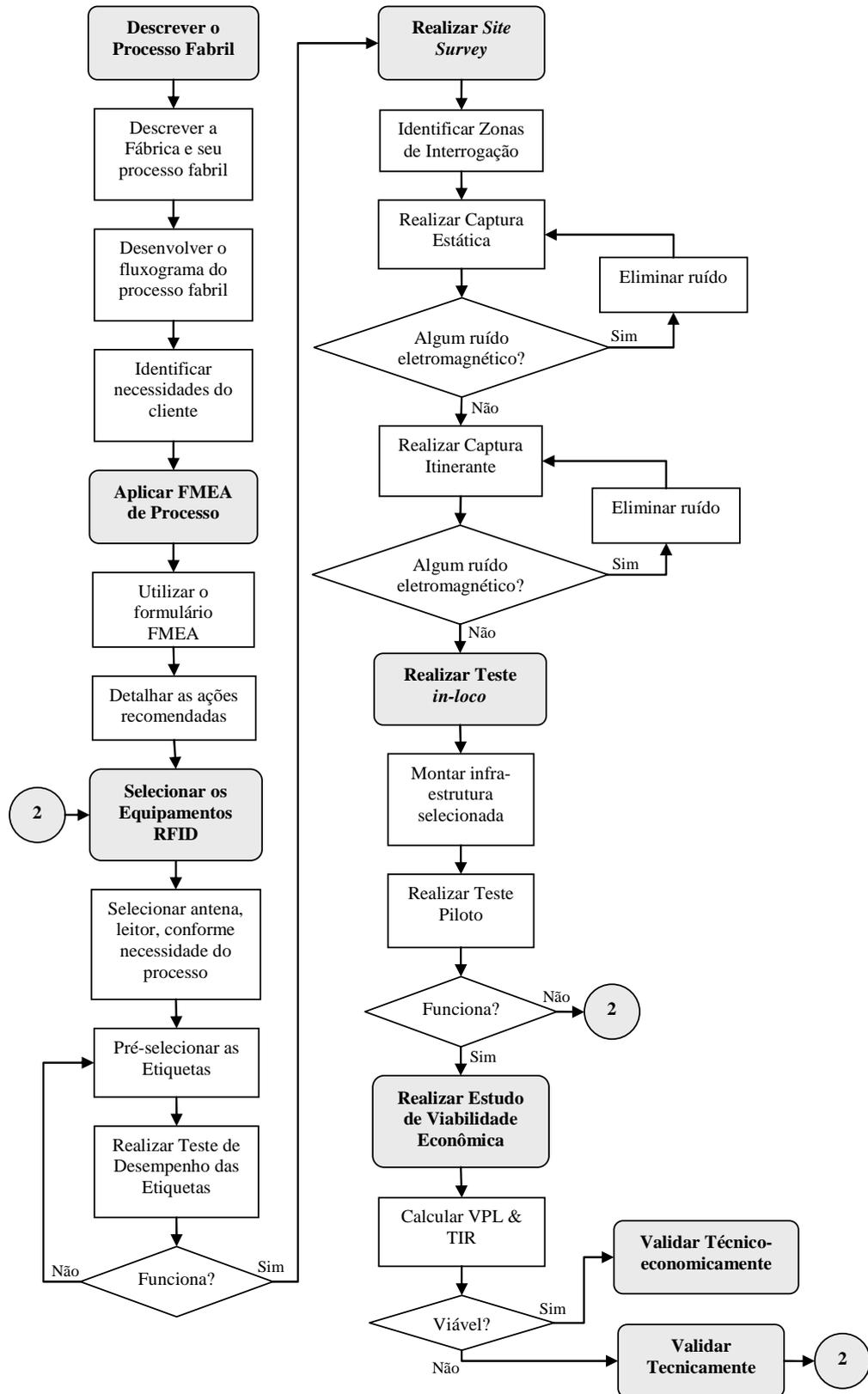


Figura 3 – Fluxograma da Metodologia Desenvolvida
 Fonte: (Araujo Filho, 2011)



ANAIS

4.1. Descrição e Avaliação do Processo

Nesta seção, será apresentada a descrição da fábrica da empresa XYZ e do processo de montagem de computadores desde o recebimento de matéria-prima até a liberação do produto acabado.

4.1.1. Descrição da Fábrica

A fábrica de computadores, objeto do estudo de caso, foi construída no ano de 2008 no pólo industrial de Informática em Ilhéus/BA, com objetivo de produzir computadores de mesa e portáteis para atender as regiões norte e nordeste do Brasil.

A mesma possui uma linha de montagem flexível, responsável por fabricar 05 modelos de computadores de mesa e 01 modelo de portátil. A produção mensal da fábrica é de aproximadamente 12 mil máquinas. A fábrica possui 1134 m² de área construída sendo dividida em área administrativa (Recepção, Administração, Gerência, Banheiros, Sala de Reunião, Arquivo, Copa, Cozinha, Refeitório e Cozinha) com 239 m² e área de produção com 895 m².

4.1.2. Descrição do Processo de Recebimento de Insumos

O processo de insumos inicia-se na chegada do produto junto a equipe de Estoque, o responsável confere os dados da Nota Fiscal com os dados contidos no pedido. Após a conferência documental, é feita a conferência física dos produtos adquiridos, bem como a condição de embalagem e possíveis danos causados pelo transporte.

Todos os dados de conferência são registrados no carimbo de Inspeção de Recebimento. Caso não exista nenhuma discordância no material, física ou documental, o mesmo é aprovado e encaminhado para o Estoque.

Caso exista divergência no material, física ou documental, é feita comunicação a Direção, que definirá se o mesmo deve ser devolvido ao fornecedor ou se será autorizada sua entrada no Estoque.

Após sua entrada no estoque, é gerado e impresso os códigos de barra (CB) dos componentes. Logo após a impressão dos CBs (Códigos de Barra) os mesmos são inseridos nos componentes e lançados via leitor óptico no Sistema Integrado de Controle Empresarial (SICE). Por fim os componentes são armazenados no Estoque.

4.1.3. Descrição do Processo de Montagem Computadores

O processo de montagem de computadores inicia-se com a geração da Ordem de Venda através de um *software* comercial (ERP), pela equipe de vendas localizada no sudeste do país. O Gerente de Estoque gera a Ordem de Produção (OP) em um sistema ERP diferente do usado pela área comercial. Desta forma, a montadora é obrigada a alimentar o sistema da área comercial de forma forçada pois não há integração entre os bancos de dados.

Caso alguns itens não estejam no estoque, estes são substituídos por equivalentes. Nesta mesma fase são gerados os CBs das fontes e dos números de série pai para o referido lote.

Após essa etapa, é impressa a OP e encaminhada para equipe de Estoque. A equipe de estoque separa os gabinetes e as fontes, conforme OP no Estoque de Matéria-Prima e também os periféricos (Placa-mãe, memória, *Hard Disc* (Disco Rígido), Processador e DVD – Disco Versátil Digital) no Estoque Crítico.

Os gabinetes e as fontes são encaminhados para a Preparação de Gabinete (também fixação da fonte). Em paralelo a essa etapa, os periféricos são encaminhados e conferidos pela

ANAIS

equipe de Preparação de KIT. Nessa etapa, são montados placa-mãe, processador, cooler e memória (fixação com silicone).

Depois da preparação do gabinete com a fonte e da caixa, seguem as etapas de montagem da máquina:

- 1º Posto: Fixar HD, DVD e número de série pai no gabinete e fixação do CB da fonte.
- 2º Posto: Fixar Frente do gabinete no gabinete.
- 3º Posto: Conectar Cabos Frontais (LEDs, USB, POWER e RESET) na placa-mãe.
- 4º Posto: Fixar KIT no gabinete e conectar cabo de alimentação na placa-mãe, HD e DVD.
- 5º Posto: Amarrar com abraçadeiras os cabos de alimentação.
- 6º Posto: Fixar cabo SATA no HD e DVD.
- 7º Posto: Fixar laterais do gabinete.
- 8º Posto: Inserir Etiqueta de Configuração na lateral, conectar e realizar pré-teste e setup da máquina (Placa-mãe, Processador, memória, DVD, USB Frontal). Caso a máquina seja aprovada é disponibilizada no *rack* para *run in*, se reprovada é encaminhada para o Reparo.

Após a aprovação da linha de montagem e do reparo, as máquinas são disponibilizadas para *run in*. Nessa etapa, é instalado SO (Sistema Operacional) e realizado teste de exaustão da mesma.

A etapa seguinte é o teste final da máquina, são observados desde a parte de *hardware* quanto a de *software* da máquina. Ao final desta etapa a máquina é embalada com teclado, caixa de som, mouse, manuais, CDs de Drivers e é inserida a etiqueta do Número de Série Pai na caixa e disposta no pallet.

Os palletes são armazenados no estoque. Quando uma nota fiscal (NF) é gerada, a equipe de Estoque amarra (via leitor de CB) o Número de Série Pai de cada máquina a NF pelo *software* comercial.

4.1.4. Descrição do Processo de Geração de Nota Fiscal para Pedido de Venda

O processo de geração de NF para pedido de venda inicia-se pelo pedido de venda do sistema ERP (*software* comercial). A equipe do estoque lança número de série pai das máquinas que estão no pallet para compor a quantidade de máquinas que contêm a NF de Venda. Após compor a quantidade de máquinas da NF, a mesma é emitida e a equipe de estoque disponibiliza para retirada pallets com identificação manual do número da NF nas etiquetas das máquinas.

4.2. Aplicação do FMEA no Processo Fabril da Montadora

O Formulário FMEA, para análise do processo fabril da montadora, foi desenvolvido por uma equipe composta de 04 especialistas (Laboratório de Microeletrônica do Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - CIMATEC). Os resultados mais importantes deste trabalho foram a possibilidade de evidenciar os modos potenciais de falhas, suas causas e as alternativas para impedir a ocorrência das falhas. Para preenchimento do formulário FMEA, a equipe seguiu a metodologia abordada no item 3.

As ações de melhoria foram focadas nas operações em que o grau de risco (NPR) estava acima de 125. No Formulário FMEA, aplicado no processo fabril da empresa, foram

ANAIS

identificados 50 itens. Também foram evidenciados que sete destes itens (1, 11, 28, 30, 31, 34 e 43) foram os que possuíram os maiores índices do NPR, conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Formulário FMEA

Fonte: (Araújo Filho, 2011)

ITEM	FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO (S) POTENCIAL (IS) DA FALHA	SEVERID.	CLASS.	CAUSA POTENCIAL (6M) MECANISMOS	OCORR.	CONTROLE PREVENTIVO ATUAL	CONTROLE DE DETECÇÃO ATUAL	DETEC.	NPR
1	Geração da OP (Ordem de Produção)	Componente Indisponível em Estoque	Substituição por componente com equivalência inferior ou superior ao da OV	5		Controle de matéria-prima em Estoque	8	Inventário de Estoque Anual (Manual / CB)	ERP (SICE)	4	160
11	Preparação do KIT (placa-mãe, processador, cooler e memória RAM)	Erro de leitura dos CBs dos componentes	Atraso na liberação do KIT para a linha de montagem	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175
28	Embalagem	Inserção equivocada da etiqueta de CB do nº de Série Pai na embalagem	Dados inconsistentes no sistema ERP (Produto Acabado)	7		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	5	140
30	Geração de NF	Seleção equivocada dos Dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário, CDs de drivers)	Máquina embalada fora das especificações da OP	8		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	6	192
31		Inserção na embalagem com número insuficiente dos Dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário, CDs de drivers)	Máquina embalada fora das especificações da OP	8		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	6	192
34	Entrada de matéria-prima	Erro de leitura do CB do nº de série pai para compor a quantidade de máquinas da NF	Atraso na liberação da NF com as máquinas	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175
43	Reparo de Máquina	Erro de leitura do CB do componente para inserção no sistema ERP (SICE)	Atraso na liberação dos componentes	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175

Abaixo estão listadas as ações recomendadas no FMEA de Processo:

- 1. Inventário em tempo real:** Foi levantada a falha de componente indisponível em estoque devido ao controle de matéria-prima em estoque. Verificou-se que 30% das Ordens de Produção eram geradas substituindo os componentes por outros com equivalência inferior ou superior. Evidenciou-se também que o

ANAIS

inventário de estoque crítico e produto acabado eram realizados uma vez por ano e que demandava um tempo de execução de 03 dias, em virtude de algumas etapas da conferência serem realizadas de forma manual e esse quantitativo ser comparado com o estoque virtual (Sistema ERP).

2. **Substituição das Etiquetas CBs por RFID:** Nas etapas de Preparação do KIT, Embalagem, Geração de NF e Entrada de Matéria-prima, foram levantadas as falhas de erro de leitura do CBs dos componentes e do número de série pai da máquina, e também inserção equivocada da etiqueta de CB do número de série pai, devido à etiqueta CB estar danificada. Para isso, a ação recomendada é a substituição das etiquetas CBs por etiquetas RFIDs, pois a etiqueta RFID é mais resistentes a impactos e fricção mecânica do que a etiqueta CB.
3. **Identificação dos Periféricos com Etiquetas RFID:** Foram levantadas as falhas de seleção dos dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário e CDs de Drivers) e inserção na caixa de embalagem com número insuficiente dos mesmos dispositivos devido à operação manual indevida. Portanto, a ação recomendada é a identificação dos dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los com a Etiqueta RFID de número de série pai da caixa de embalagem da máquina, via sistema ERP.

4.3. Medições e Testes

Nesta seção, serão abordadas as etapas de viabilidade técnica do estudo de caso. A primeira subseção apresenta a seleção dos equipamentos RFID que apresentaram melhores resultados na automatização do processo fabril da empresa XYZ. A segunda subseção trata as análises realizadas do ambiente e ruídos eletromagnéticos (*Site Survey*), nos pontos onde serão instalados os equipamentos de RFID na empresa XYZ.

4.3.1. Seleção dos Equipamentos RFID mais Adequados

Para seleção dos equipamentos RFID que corresponderá à infraestrutura adequada para o estudo de caso, foram considerados primeiramente as informações técnicas dos fabricantes das etiquetas e foram realizados pré-testes de leitura destas etiquetas nos componentes, no gabinete que compõem a máquina e na caixa de embalagem, utilizando o leitor móvel modelo MC-9090-G da Motorola (Motorola, 2011b). Por final, foram realizados testes de desempenho de leitura das etiquetas pré-selecionadas nos componentes e no gabinete que compõem a máquina, e nas caixas de embalagem utilizando o leitor modelo XR-440 da Symbol (Motorola, 2011c) e uma antena modelo AN-400 da Symbol (Motorola, 2011a).

Os testes foram realizados com a infraestrutura de equipamentos (etiquetas, leitores e antena) que dispunha o Laboratório de Microeletrônica. No entanto, a escolha da etiqueta foi feita considerando-se critérios técnicos e econômicos.

4.3.1.1. Pré-seleção das Etiquetas

Foi realizada uma tabulação, contendo as especificações técnicas oriundas dos *datasheets* dos fabricantes, sendo que o protocolo de comunicação de todas as etiquetas é o EPC Classe 1 Geração 2. As duas últimas linhas correspondem aos pré-testes de leitura em consonância às necessidades do processo referente ao estudo de caso, conforme Tabela 2.



ANAIS

Tabela 2 – Tabulação das Etiquetas
Fonte: (Araujo Filho, 2011)

Modelo	Survivor	Confidex Cruiser	Confidex Corona	Confidex Pino	SteelWave	SteelWave Micro	Ironside	Confidex Halo	ALN-9640
Dimensões*	224 x 24 x 8 mm	16 x 74 x 0,3 mm	100 x 20,32 x 0,3 mm	75 x 14 x 0,4 mm	45 x 35 x 6 mm	13 x 38 x 3 mm	51,5 x 47,5 x 10 mm	60 x 12 x 14 mm	101,6 x 50,8 x 0,3 mm
Distância de Leitura*	8 - 12 m	4 - 5 m	5 - 9 m	3 - 4 m	4 - 6 m	2,5 m	6 - 7 m	5 - 7 m	4 - 6 m
CI e Tamanho da Memória*	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC NXP G2 + NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	NXP G2XM Up to 240-bit EPC + 512-bit extended user memory	96-bit EPC + 64 bit Impinj Monaco/64 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 512-bit EPC NXP G2	Impinj Monza3 96-bit EPC	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	Alien Higgs-3 96-bit EPC
Montagem*	Adesivo Mecânica	Adesivo	Adesivo Mecânica	Mecânica	Adesivo	Adesivo	Adesivo Mecânica	Mecânica	Adesivo
Aplicação em Componentes**	Inviável em virtude das dimensões do tag	Inviável em superfície metálica	Inviável em virtude das dimensões do tag	Inviável em virtude da montagem ao componente	Inviável para alguns componentes (placa-mãe, Leitor de DVD, memória)	Viável	Inviável para alguns componentes (placa-mãe, Leitor de DVD, memória)	Inviável em virtude da fixação (abraçadeira).	Inviável em superfície metálica
Aplicação em Caixa**	Viável	Viável	Viável	Inviável em virtude da montagem à caixa	Viável	Viável	Viável	Inviável em virtude da fixação (abraçadeira).	Viável

* Dados de especificação técnica retirados dos Fabricantes CONFIDEX (2010) e ALIEN (2010).

** Testes realizados com o Leitor MC-9090-G Motorola no Laboratório de Microeletrônica do CIMATEC

ANAIS

4.3.1.2. Testes de Desempenho das Etiquetas

Deavorus *et al* (2005) recomenda realizar um teste de desempenho de uma etiqueta RFID para avaliar o sucesso da implementação do sistema RFID em estudo. O teste consiste em ajustar a potência do leitor para potência máxima, realizar 100 tentativas de leituras de uma etiqueta a uma distância fixa. Para simular outras distâncias, a potência do leitor deve ser atenuada a passos de 0,5 dBm para cada 100 tentativas de leitura. A taxa de resposta é a relação entre o número de leituras bem sucedidas pela quantidade de tentativas de leitura.

Após a etapa de pré-seleção das etiquetas, foram realizados os testes de desempenho com a etiqueta *SteelWave Micro* para os componentes (Placa-mãe, HD, Leitor de DVD, Memória RAM, Fonte e Gabinete) e com a etiqueta *ALN-9640* para a caixa da embalagem no Laboratório de Microeletrônica.

A distância fixa utilizada para os testes foi aproximadamente de 70cm +/- 2cm. Para garantir maior confiabilidade dos resultados, foram realizados 04 ensaios para cada componente com a mesma etiqueta, totalizando 10.800 tentativas de leitura.

A Figura 2 apresenta os testes realizados nos componentes da máquina (Placa-mãe, HD, Leitor de DVD, Memória RAM, Fonte, Gabinete e Caixa de Embalagem).

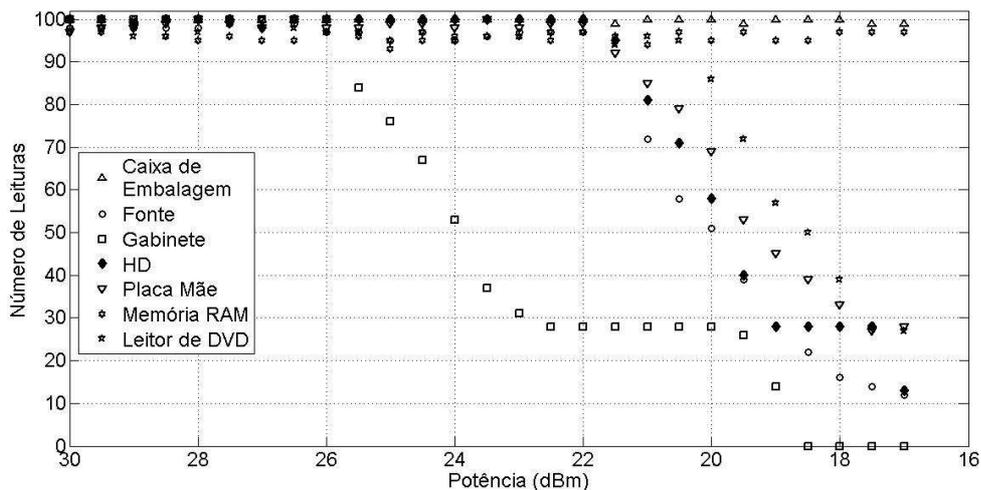


Figura 2 – Teste de desempenho nos componentes da máquina
Fonte: Autores

4.3.2. Site Survey

Segundo Sweeney II (2005), para realizar o *site survey* é necessário seguir as seguintes etapas:

1. **Definir os locais de leitura (ou zonas de interrogação) onde serão instalados o sistema RFID.** Essas localizações variam de armazém para armazém e necessitam de ponto de energia e conectividade *Ethernet* para os leitores (a menos que se tenha leitores com conectividade sem fio). Comumente, as zonas de interrogação RFID são colocadas nas portas, linhas de montagem e prateleiras de inventário;
2. **Realizar o *site survey* nos locais de leitura respeitando todo ciclo de processo da empresa (24h ou 48h).** Normalmente, é realizado em dias de operação normal da empresa, respeitando todos os horários de operação.



ANAIS

3. **Realizar Captura Estática.** Para realizar a captura estática, deve-se configurar os equipamentos conforme abaixo:
 - a. Colocar a antena de meia onda, (anexada diretamente ao tripé) para que o centro da antena esteja no centro da área-alvo;
 - b. Conectar a antena na porta de entrada do analisador de espectro (via cabo coaxial);
 - c. Conectar o *laptop* ao analisador de espectro, usando um conector RS-232 ou *Ethernet*. Se utilizar um *laptop* para registrar os dados, deve-se configurar o monitor virtual para registrar as informações a cada hora e salvando-as no disco rígido. Ou senão, deve-se fotografar o monitor do analisador de espectro a cada duas horas ao longo do ciclo normal de operação;
 - d. Configurar o analisador de espectro para frequência de operação que será utilizada o sistema RFID;
4. **Realizar Captura Itinerante** Para realizar a captura itinerante, deve-se configurar os equipamentos da seguinte forma:
 - a. Configurar o analisador de espectro exatamente da mesma maneira como configurado na captura estática, com exceção da fonte de tensão e da antena que deverão ser móveis;
 - b. Deve-se mover ao redor das instalações, para observar algum ruído. Caso seja encontrada alguma fonte de interferência deve-se identificar a localização exata da mesma no projeto.
5. **Mapear as zonas de interrogação no projeto, com as devidas localizações das fontes de interferência.**

4.3.2.1. Site Survey na Empresa XYZ

O *site survey* foi realizado nas zonas de interrogação, conforme Figura 3 nos locais onde ocorrem as etapas de Preparação do KIT (Figura 4), Geração de NF da empresa (Figura 5) e Entrada de Matéria-prima (Figura 6). Para a captura estática, foram registradas a cada 2h as imagens do analisador de espectro em cada local, com ciclo de 24h (início das 08:00 até as 08:00 do dia seguinte), porém o último registro de cada local, correspondia do período das 18:00 do dia anterior às 08:00, em virtude da empresa não ter atividade fora do expediente administrativo.

Foram identificados alguns espectros de frequência nas zonas de interrogação, porém todos os espectros estavam fora da faixa de trabalho da frequência UHF – *Ultra High Frequency* (Ultra Alta Frequência).

Já para a captura itinerante, não foi registrado pelo analisador de espectro, nenhum espectro dentro da faixa de 902 a 907,5MHz e da faixa de 915 a 928MHz.

ANAIS

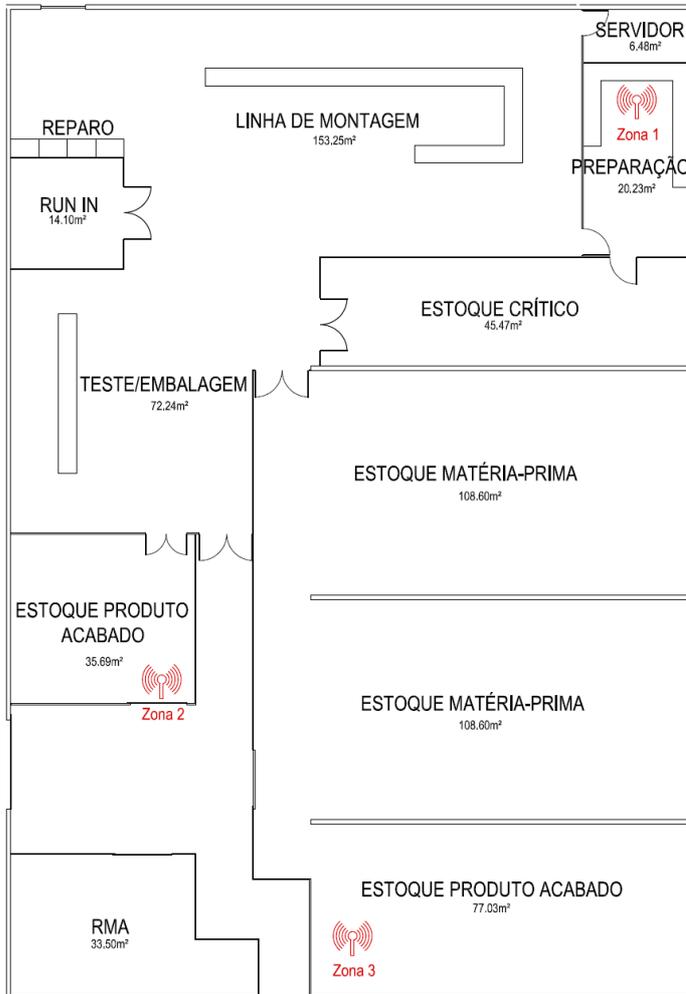


Figura 3 – Zonas de Captura Estática
Fonte: (Araujo Filho, 2011)



Figura 4 – Preparação do KIT (Zona 1)
Fonte: (Araujo Filho, 2011)



Figura 5 – Geração de NF (Zona 2)
Fonte: (Araujo Filho, 2011)



Figura 6 – Entrada de Matéria-prima (Zona 3)
Fonte: (Araujo Filho, 2011)

4.3.3. Disposição e Testes no Produto

Após realização dos testes de *Site Survey*, foram realizados os testes *in- loco*. As etapas deste teste abrangem:

- **Entrada de Componentes:** Através da integração de dados com o ERP, o usuário solicitará ao sistema a emissão de etiquetas para os volumes que compreendem um determinado conjunto/lote de Componentes. Através das informações contidas na NF de Entrada lançada no ERP, os dados serão associados para posterior rastreabilidade. Nesse momento, será realizado o crédito dos Componentes no sistema, liberando-os para utilização caso necessário.
- **Estoque:** Após a devida etiquetagem das *tags* RFID nos volumes dos Componentes, os mesmos serão armazenados como de costume.

ANAIS

- **Movimentação:** Com o auxílio de um Coletor de Dados RFID integrado ao ERP, o operador irá localizar a Ordem de Produção a qual listará quais componentes, e respectivas quantidades, devem ser separados e enviados para a linha de Produção. Nesse momento, os Componentes separados e lidos pelo Coletor RFID serão associados ao status de Reservado, o que compreende que os Componentes serão utilizados e debitados a qualquer momento.
- **Produção:** Através de integração com o ERP e, mediante informações contidas na Ordem de Produção, etiquetas RFID serão impressas com as informações do Produto Acabado e número do Lote em questão. As etiquetas RFID estarão associadas à Ordem de Produção, cujo número também será associado à Movimentação dos Componentes, garantindo a associação de Produto Acabado e Componentes.
- **Apontamento de Produção:** Todos os Produtos Acabados devidamente acomodados de forma padronizada em um pallet, passarão por um Portal RFID. Nesse exato momento, a confirmação da leitura do RFID do produto acabado mudará o status dos Componentes utilizados de Reservado para Debitado, gerando o débito dos Componentes no estoque, ao mesmo tempo que realizará um crédito de Produto Acabado no estoque.

5. Resultados

Após o teste *in-loco* foi aplicado novamente o formulário FMEA para avaliar a eficiência do sistema RFID, abaixo segue os resultados de NPR para os itens que foram trabalhados (Tabela 3):

Tabela 3 – Formulário FMEA

ITEM	AÇÕES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDADE PELAS AÇÕES RECOMENDADAS E OS PRAZOS ENVOLVIDOS	AÇÃO TOMADA	SEVERID.	OCORR.	DETEC.	NPR
1	Realizar Inventário em tempo-real (Etiquetas RFID no Estoque de Material Crítico e Produto Acabado)	CIMATEC/ Empresa JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	5	5	2	50
11	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35
28	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC/ Empresa JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	4	2	56
30	Identificar dos dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los com a máquina para embalagem	CIMATEC/ Empresa JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	8	3	2	48
31	Identificar dos dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los com a máquina para embalagem	CIMATEC/ Empresa JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	8	3	2	48
34	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35



ANAIS

43	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35
----	-----------------------------------	---------------------	--	---	---	---	----

Com isso os resultados esperados com a implantação da metodologia desenvolvida para integração da tecnologia RFID na empresa em questão são:

- Redução de um operador de estoque, em virtude da substituição da leitura manual em código de barras por portal RFID. A tecnologia RFID mostrou-se tão eficiente em relação à tecnologia atual (código de barras) que o tempo utilizado para leitura de um pallet no processo de composição da Nota Fiscal com o quantitativo de máquinas, que reduziu de um minuto e meio (leitor óptico) para sete segundos em média com a utilização do portal com a tecnologia RFID, nos testes realizados;
- Redução da substituição de componente por um de equivalência superior, por controle de estoque em tempo real;

6. Conclusões

Neste artigo foram evidenciados que a metodologia de implementação da tecnologia RFID em empresas montadoras de microcomputadores no estudo de caso foi viável.

Observou-se, também que a utilização da ferramenta FMEA para identificação e eliminação das causas do modo de falha no processo foi eficiente por detalhar, etapa por etapa, e agregar mais informações as já relatadas nas descrições do processo e identificar as causas das falhas no processo de montagem de microcomputadores do estudo de caso.

Outro ponto importante foram as avaliações técnicas realizadas na seleção de etiquetas, equipamentos RFID e análise do ambiente e de ruídos eletromagnéticos no ambiente fabril. Tais avaliações representaram a comprovação do subsídio técnico na eficácia da tecnologia nos testes realizados *in-loco* da empresa, com garantia de leitura em todos os pontos onde foram definidas as capturas de dados. A tecnologia mostrou-se tão eficiente em relação à tecnologia atual (código de barras) que o tempo utilizado para leitura de um *pallet* no processo de composição da Nota Fiscal com o quantitativo de máquinas, foi reduzido de um minuto e meio (leitor óptico) para sete segundos em média com a utilização do portal com a tecnologia RFID.

Vale salientar também que existem outros ganhos significativos, que são inerentes a implantação da tecnologia RFID, porém difíceis de serem mensurados. Tais ganhos são refletidos na cadeia produtiva como um todo, pois com o controle do estoque em tempo real, o fornecedor desta empresa poderá monitorá-lo de forma a atender precisamente a necessidade do seu cliente (a empresa). Este monitoramento em tempo real entre fornecedor e empresa é replicado nos demais elos da cadeia, o que garante melhor qualidade de atendimento ao consumidor final, redução dos custos logísticos e de operações. Desta forma, o componente será rastreado do fabricante ao consumidor final.

7. Referências

ALIEN. **RFID Tags**. Disponível em: <<http://www.alientechnology.com/tags/index.php>>. Acesso em: 11 dez. 2010.

ARAUJO FILHO, F. W. C. **Automação da Cadeia de Suprimentos das Empresas Montadoras de Microcomputadores no Pólo de Informática de Ilhéus/BA Utilizando**



ANAIS

- Tecnologia RFID.** 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, BA, 2011.
- BERNARDO, C. G.. A Tecnologia RFID e os Benefícios da Etiqueta Inteligente para os Negócios.** Revista Eletrônica Unibero de Produção Científica, Anhanguera, ano 2, n. 2, Set. 2004. Disponível em: <http://www.unibero.edu.br/download/revistaeletronica/Set04_Artigos/A%20Tecnologia%20RFID%20-%20BSI.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2009.
- CONFIDEX. Product Datasheets.** Disponível em: <<http://www.confidex.fi/downloads>>. Acesso em: 10 dez. 2010.
- DEAVOURS, D.D.; RAMAKRISHNAN, K. M.; SYED, A. RFID Performance Tag Analysis.** Technical Report ITTC-FY2006-TR-40980-01, October 2005. Disponível em: <<http://www.rfidalliancelab.org/publications/FY2006-TR-40980-01.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2010.
- MARTINS, S. S. Qualidade no atendimento.** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP1998_ART434.pdf> Acesso em: 10 dez. 2010.
- MOTOROLA. ANTENA AN400.** Disponível em: <http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Reader+Antennas/AN400_US-EN#>. Acesso em: 01 jul. 2011b.
- MOTOROLA. COLETOR MC9090-G.** Disponível em: <http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/MC9090-G_RFID_US-EN#>. Acesso em: 01 jul. 2011c.
- MOTOROLA. LEITOR XR450.** Disponível em: <http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/XR450+Fixed+RFID+Reader_US-En>. Acesso em: 01 jul. 2011a.
- PINHEIRO, J. M. S.. Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID.** Caderno UniFOA, Volta Redonda, ano 1, n. 2, Nov. 2006. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/02/18.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2009.
- SOARES, R. S. et al. O impacto da tecnologia de etiqueta inteligente (RFID) na performance de cadeias de suprimentos – Um estudo no Brasil.** Revista Jovens Pesquisadores, Ano V, n. 9, jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/viewFile/820/344>>. Acesso em: 10 dez. 2010.
- STAMATIS, D.H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.** 2. Ed. ASQ Quality Press, Milwaukee, 2003.
- SWEENY II, P. J. RFID for Dummies.** Ed. Wiley Publishing Inc., Indianapolis, Indiana 2005, 409 p.