

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RICARDO DE CAMPOS KRUM

**UTILIZAÇÃO DO FMEA PARA MELHORIA DAS FALHAS EM NIPLES
DE REDUÇÃO UTILIZADOS EM UMA PRENSA HIDRÁULICA DE
PLACAS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2014

RICARDO DE CAMPOS KRUM

**UTILIZAÇÃO DO FMEA PARA MELHORIA DAS FALHAS EM NIPLES
DE REDUÇÃO UTILIZADOS EM UMA PRENSA HIDRÁULICA DE
PLACAS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO.**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Produção”.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Trojan

PONTA GROSSA

2014



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



FOLHA DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DO FEMEA PARA MELHORA DAS FALHAS EM NIPLES DE REDUÇÃO UTILIZADOS EM UMA PRENSA HIDRÁULICA DE PLACAS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO.

por

Ricardo de Campos Krum

Esta monografia foi apresentada no dia 19 de dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende
(UTFPR)
Banca

Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende
Coordenador
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

RESUMO

KRUM, Ricardo de Campos; **Utilização do fmea para melhoria das falhas em niples de redução utilizados em uma prensa hidráulica de placas de madeira: estudo de caso.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação *latu sensu* em Engenharia de Produção)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Devido à alta incidência de vazamentos de óleo na Prensa Hidráulica da empresa Masisa do Brasil, este trabalho tem como foco propor melhorias para as falhas em niples de redução de uma prensa hidráulica utilizando a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). Através da aplicação do FMEA podemos detectar falhas antes que elas ocorram, diminuindo a chance de implantação de uma ação corretiva e um aumento da sua vida útil. Na empresa Masisa, não foi realizado um estudo para a substituição do niple de redução da prensa. Cada vez que ocorre vazamento, há uma parada de produção que gera um custo alto. Através do FMEA identificou-se que antes de substituir o niple de redução é necessário fazer um estudo sobre o tipo e as características da prensa e também sobre o material do niple substituído. Esse estudo deve ser feito de modo seguro utilizando como base referências teóricas. Identificou-se que alguns procedimentos de operação e erro de projeto estão interferindo na vida útil do niple de redução. A empresa utiliza niples de redução que são fabricados com materiais que não cumprem requisitos de composição conforme norma internacional podendo utilizar outros niples de redução que atendam a todos os requisitos e propriedades da prensa e suas variáveis do processo. As principais recomendações identificadas no estudo foram: Utilizar material para a fabricação do componente com nível de inclusões não metálicas da série fina e nível 1 conforme a norma NM 88/2000 e também utilizar material com resistência mecânica superior, podendo ser utilizado o aço norma ASTM A182 grau F11 classe 3. A segunda recomendação é utilizar quando da fabricação da rosca, processo de laminação, com a promoção de região com encruamento plástico, o que beneficia o uso do componente, quando utilizado em esforços cíclicos. O processo de trepanação pode ser aplicado, porém deve existir controle sobre o avanço da ferramenta de modo a minimizar o dano por deformação na superfície interna. Como possibilidade de aumentar a resistência a fadiga, fica sugerida a aplicação de jateamento com granalha de aço, para obter tensão residual de compressão na superfície livre, principalmente na região da rosca. Outra recomendação é durante a manutenção, atentar para a limpeza e procedimentos de manipulação de peças para evitar acréscimo extra de contaminação. Especial atenção deve ser dada às mangueiras, pois entre os itens hidráulicos é a que mais adiciona contaminação ao sistema. Com a utilização do FMEA, essas medidas serão implantadas de modo seguro diminuindo as chances do equipamento ou processo falhar. Esta análise ajuda a aumentar o conhecimento do equipamento e as possíveis conseqüências das falhas decorrentes do processo de projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, eventualmente ainda existente, irão causar mínimos danos. Dessa forma atende-se ao objetivo que é garantir a melhor selabilidade do cilindro da prensa por um maior período de tempo utilizando um niple que atenda o projeto da prensa hidráulica.

Palavras-chave: Material. Modo de Análise de Falha – FMEA. Niple de redução Prensa hidráulica. Resistência.

ABSTRACT

KRUM, Ricardo Campos; **Using fmea to improve flaws in reduction nipples used in a hydraulic press of wooden boards: study caso.2014**. Working End of Course (Postgraduate lato sensu in Production Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Due to the high incidence of oil spills in Hydraulic Press Company Masisa Brazil, this work focuses on proposing improvements for the flaws in reduction nipples of a hydraulic press using FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) tool. Through the application of FMEA can detect failures before they occur, reducing the chance of implementing corrective action and increased their lifespan. In Masisa company, no studies nipple to replace the gland reduction was conducted. Leak occurs every time there is a stoppage of production that generates a high cost. Through the FMEA identified that before replacing the nipple reduction is necessary to make a study on the type and characteristics of the press and also material on the nipple replaced. This study should be done safely using as a base theoretical references. It was identified that some operating procedures and design error are interfering in the life of nipple reduction. The company uses reduction nipples that are manufactured with materials that do not meet requirements according to international standard composition can use other reduction nipples that meet all the requirements and properties of the press and its process variables. The main recommendations identified in the study: Using material for the manufacture of the component-level non-metallic inclusions of fine grade and level 1 as the norm NM 88/2000 and also use materials with superior mechanical strength, ASTM standard can be used A182 grade F11 class 3. The second recommendation is to use when making the thread rolling process, promoting a region of plastic strain hardening, which benefits the use of the component, when used in cyclic stresses. The process of burr can be applied, but there must be control over the advancement in order to minimize the damage on the inner surface by deforming tool. As possibility of increasing the fatigue resistance, it is recommended to apply to steel grit blasting to obtain residual compressive stress at the free surface, especially in the region of the thread. Another recommendation is for the maintenance, pay attention to cleaning and handling procedures to avoid extra additional pieces of contamination. Special attention should be given to hoses because of the hydraulic lines is that it adds more pollution to the system. With the use of FMEA, these measures will be implemented safely decreasing the chances of the equipment or process fails. This helps to increase the knowledge of the equipment and the possible consequences of failures arising in the design process, ensuring that the results of any failure, possibly still existing, will cause minimal damage. Thus, it meets the goal is to ensure the best sealability the cylinder of the press for a longer period of time using a nipple that fits the design of hydraulic press.

Keywords: Material. Mode of Failure Analysis - FMEA. Hydraulic press nipple reduction. Resistance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de formulário mostrando critérios de avaliação.....	18
Figura 2 – Painéis Melamínicos	20
Figura 3 – Alimentação de placas	22
Figura 4 – Alimentação de papel impregnado.....	22
Figura 5 – Formação de placas e papel.....	23
Figura 6 – Introdução de placas na prensa	23
Figura 7 – Vista lateral da prensa	24
Figura 8 – Retirada de placas da prensa	24
Figura 9 – Fresadora.....	25
Figura 10 – Classificação de chapas	25
Figura 11 – Esquema hidráulico básico da prensa	28
Figura 12 – Localização dos niples de redução no cilindro	29
Figura 13 – Localização do cilindro na prensa hidráulica.....	29
Figura 14– Localização aproximada do niple de redução cilindro.....	29
Figura 15 – Niple de redução quebrado	32
Figura 16 – Amostra recebida para análise. Indicado o local da falha em azul na região da rosca. Escala em milímetros	38
Figura 17 – Detalhe da identificação do componente. Em vermelho, local do corte para análise metalográfica	38
Figura 18 – Registros fotográficos da superfície da fratura.....	39
Figura 19 – Representação esquemática do efeito de jateamento sobre a superfície livre do metal.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Severidade da consequência da falha	30
Quadro 2 – Ocorrência da falha	30
Quadro 3 – Detecção da ocorrência da falha.....	31
Quadro 4 – Escala de risco	31
Quadro 5 – Relatório de levantamento de dados de quebra.....	33
Quadro 6 – Relatório de causas prováveis da falha que ocasionou a quebra do niple.....	34
Quadro 7 – FMEA- Nível de risco	35
Quadro 8 – Check-list mapeamento de falha	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMAS DA PESQUISA	10
1.1.1 Delimitação do Tema	11
1.2 PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo geral	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE O FMEA	13
2.1.1 Significado	13
2.1.2 Objetivos	14
2.1.3 Aplicação	14
2.1.4 Tipos	14
2.1.5 Benefícios	15
2.1.6 Planejamento	15
2.1.7 Funcionamento Básico	16
2.1.8 Avaliação dos Índices	17
2.1.9 Ações Recomendadas	18
2.1.10 Continuidade	19
2.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	19
2.2.1 Características do Produto Melamínico	20
2.2.2 Propriedades das Placas Melaminizadas	20
2.2.3 Detalhamento do Processo de Produção	21
2.2.4 Alimentação de placas de MDF	21
2.2.5 Alimentação de papel Impregnado	22
2.2.6 Formação	23
2.2.7 Introdução de Placas na Prensa	23
2.2.8 Prensagem	24
2.2.9 Retirada de Placas da Prensa	24
2.2.10 Fresamento	25
2.2.11 Classificação	25
2.2.12 Empilhamento	26
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1.1 Coleta de Dados	27
3.2 APLICAÇÃO DO FMEA NA EMPRESA	27
3.2.1 Características da Prensa	27
3.2.2 Localização do Niple de Redução na Prensa	28
3.2.3 Avaliação dos Índices	30
3.2.3.1 Número de prioridade de risco	30
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 PERDAS DE PRODUÇÃO	32
4.2 POTENCIAIS DE FALHA E ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO	32
4.3 REVISÃO DOS ÍNDICES E PLANO PREVENTIVO	35
4.4 RESPONSÁVEL E PRAZOS	37
4.5 ATUALIZAÇÃO/ REVISÃO DO FMEA SEMPRE QUE NECESSÁRIO	37

4.6 DISCUSSÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS PARA AS PRINCIPAIS FALHAS	37
4.6.1 Qualidade do Material do Niple	37
4.6.2 Fadiga por Esforço	41
4.6.3 Ambiente e Plano Preventivo	43
5. CONCLUSÃO	45
6. REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Atualmente para que as empresas se mantenham “vivas” no mercado, é necessário que estas tenham um diferencial competitivo para atender as exigências do mercado e de seus clientes. Para isso as empresas estão aplicando cada vez mais técnicas e metodologias com bases estatísticas objetivando a prevenção, detecção e controle de falhas nos projetos, processos e sistemas, para isso utiliza-se o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análises de Modos de Falhas e Efeitos) como uma ferramenta vital na prevenção de falhas atuando dentro de programas de qualidade e confiabilidade.

O FMEA é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, prever falhas antes que se produza uma peça e/ou produto ou a melhoria do equipamento. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou o processo falhar, ou seja, buscando aumentar sua confiabilidade.

Na busca da identificação e classificação dos tipos de falhas e seus modos de ação empresas vão utilizando essa ferramenta para solucionar ações para a devida correção. Podemos citar o caso da empresa Alfa Auto, um grupo de grande porte, que atua no setor automobilístico a nível mundial. No ano de 2009 a empresa recebeu um número significativo de reclamações sobre o ar condicionado, ocasionando a formação de uma equipe bem estruturada para analisar as causas das reclamações. Após a elaboração e aplicação do FMEA novamente foram coletados dados referentes aos defeitos de climatização dos veículos terminados durante o período de Fevereiro a Outubro de 2010. Confrontando os defeitos de 2009 com os de 2010, observa-se que houve uma redução total de 34% dos defeitos após a implementação do FMEA. Para o principal defeito (mau ou não funcionamento) houve uma redução de 31%, pouco menor em relação aos outros defeitos, porém ainda assim uma redução expressiva para o processo. A redução mais importante foi observada para o defeito ruído 53%. (RAMOS; CHAVES; BRANDALISE, 2012, p.11).

Outra aplicação dos conceitos do FMEA que podemos citar é de uma determinada empresa que o utilizou para revisar e melhorar o processo de usinagem de discos de freio. Através das análises feitas com a equipe do FMEA, conseguiu-se identificar perto de 400 modos de falhas, encontrando-se aproximadamente três causas para cada modo, gerando um total de 1250 causas. Como o disco de freio trata-se de item de segurança, cerca de 70% do NPR ultrapassou o valor de 32, estipulado pela empresa, com a aplicação de 60% das ações recomendadas conseguiu-se diminuir em um período de seis meses (outubro 2004 a abril 2005) cerca de vinte por cento da quantidade refugada, que era o grande vilão, pois como as maiorias das peças eram refugadas não se conseguia atingir o volume necessário para atender o cliente, com isso gerava-se um número muito alto de horas-extras, gastos excedentes com insertos e desgastes dos equipamentos devido o fato de as máquinas não pararem no tempo correto para manutenções preventivas. (MACEDO; NARDINI; FERRER, 2005, p.2).

Considerando e analisando a importância da ferramenta FMEA e o seu sucesso nas organizações que a utilizam, a sua aplicação na empresa Masisa do Brasil irá ocasionar uma melhoria contínua, melhor definição e estruturação nos seus processos de modo que seus meios de produção resultem em produtos com um nível mais alto de qualidade e satisfação de seus clientes.

Assim sendo o presente trabalho visa através do FMEA evitar paradas desnecessárias no processo produtivo, a minimização e a eliminação de falhas potenciais e busca também um retorno financeiro direto através da diminuição dos custos de produção e despesas com refugos, no setor humano, busca-se a colaboração e comprometimento das pessoas, que, juntas, possam refletir sobre o uso de novas práticas para o melhoramento contínuo da qualidade e de si mesmas.

1.1 TEMAS DA PESQUISA

Na linha de produção de painéis melamínicos, a principal etapa do processo é a de prensagem, ou seja, a colagem do papel impregnado na superfície do painel. Depois de prensados os painéis, os mesmos devem ser retirados da prensa para que outros painéis sejam prensados.

Este estudo revelará o quanto é importante o FMEA para a melhoria das falhas e processos em uma prensa hidráulica de placas de madeira, desfrutando das várias possibilidades de análise, identificação e eliminação de falhas que está ferramenta proporciona.

1.1.1 Delimitação do Tema

O estudo de caso estará fundamentado em uma linha de produção de painéis melamínicos, mais precisamente na quebra dos niples de redução localizados no cilindro de levante da prensa WEMHÖNER.

1.2 PROBLEMA

O problema da empresa Masisa do Brasil é que os niples de redução, quando submetidos à temperatura e pressão, e a esforços cíclicos entram em processo de fratura.

A inexistência de uma análise de falhas no cilindro de levante da empresa Masisa do Brasil, pode ocasionar uma parada da linha de produção para manutenção corretiva, gerando custos elevados. A descoberta das causas e de seus efeitos poderá aumentar a vida útil dos niples, desde que sejam controladas as especificações técnicas e sejam utilizados os materiais adequados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Principal

Propor a melhoria no enchimento de óleo na camisa no cilindro de levante da prensa da empresa Masisa do Brasil por um maior período de tempo através da análise e aplicações técnicas adequadas aos niples de redução.

1.3.2 Objetivos Secundários

1 ° - Conceituar a ferramenta FMEA e demonstrar a sua importância na indústria;

2° - Identificar os modos de falha conhecidos e os potenciais.

3° - Identificar causas e efeitos de cada modo de falha.

4° - Priorizar modos de falha de acordo com o NPR (*risk priority number*), produto da frequência de ocorrência, severidade e detecção.

5° - Aplicar o FMEA para a proposição de melhorias técnicas aplicadas aos niples de redução da prensa.

1.4 JUSTIFICATIVA

O sucesso do enchimento de óleo na camisa no cilindro de levante da prensa é decorrente de vários fatores entre os quais estão a correta seleção do niple e do material do mesmo e o entendimento de todos os dados operacionais e de aplicação no processo.

Devido a esses fatores vamos aplicar o FMEA, pois uma correta aplicação dessa ferramenta ajuda a identificar falhas potenciais. Dessa forma geramos um maior conhecimento do histórico das falhas, levando-a efetuar uma correção, diminuindo ou eliminando a probabilidade da ocorrência de futuras falhas. Sendo assim o FMEA orienta soluções o que poupa custos, tornando a durabilidade do processo maior, sem ocorrências de falhas evitando a parada de produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE O FMEA

De acordo com (SAKURADA, 2001) o FMEA teve sua origem em nove de novembro de 1949, como uma disciplina do exército norte americano que usava um procedimento militar chamado MIL-P-1629 (*Military Procedure MIL-P-1629*). Este procedimento foi feito para delimitar uma técnica para demonstrar efeito nos sistemas, falhas em equipamentos e análise de sua criticidade. As falhas eram classificadas de acordo com o sucesso das missões, do contingente e do equipamento.

Em meados de 1960, este método foi utilizado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) nos Estados Unidos. Esse método foi utilizado nas viagens espaciais, na tecnologia nuclear e também no projeto Apolo.

O FMEA vem sendo usado no ramo automobilístico desde 1976, a fim de evitar que problemas cheguem até o consumidor (DAILEY, 2004). É uma ferramenta imprescindível para as empresas fornecedoras deste tipo. A maioria dos fornecedores da indústria automobilística utiliza esta ferramenta juntamente com a norma TS 16.949 (*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*, 2002).

2.1.1 Significado

É um método que busca evitar por meio do processo de análises de falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que venham a ocorrer falhas no projeto do processo ou do produto.

O FMEA é um método analítico padronizado de detecção e eliminação de problemas potenciais de forma sistemática e completa. (HELMAN E ANDERY, 1995).

2.1.2 Objetivos

O objetivo básico deste procedimento é detectar falhas antes que se produza uma peça ou um produto, diminuindo a chance de implantação de uma ação corretiva. Com sua utilização, diminui as chances do produto ou processo falhar, ou seja, aumenta sua confiabilidade.

Para (BACK, 1983), o FMEA é de grande utilidade para identificar a necessidade de um re-projeto visando sua confiabilidade, como resultado da análise do projeto ou produto. Esta análise ajuda no aumento do conhecimento do produto e as possíveis conseqüências das falhas decorrentes do processo de projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, eventualmente ainda existente, irão causar mínimos estragos.

2.1.3 Aplicação

O FMEA é aplicado para:

- Diminuir a probabilidade da ocorrência de erros em produtos ou processos que já estão em operação;
- Diminuir a ocorrência de falhas que ainda não tenham ocorrido (falhas potenciais);
- Diminuir a ocorrência de falhas em projetos de produtos ou processos;
- Aumentar a qualidade em procedimentos técnicos e administrativos;

2.1.4 Tipos

Esta ferramenta pode ser utilizada tanto para desenvolvimento do projeto do processo ou do produto, diferenciando-se somente pelo objetivo. São classificadas de dois tipos de acordo com o Instituto de Qualidade Automotiva (IQA – 2008).

- **FMEA de processo** são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como referência as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

-**FMEA de produto** são as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é eliminar falhas no produto ou nos processos decorrentes do projeto. É conhecida também como FMEA de projeto.

2.1.5 Benefícios

Alguns benefícios que a ferramenta FMEA traz, segundo (STAMATIS, 1995):

- Estabelece uma prioridade de ações de melhoria de projeto;
- Ajuda a identificar as características críticas ou significativas;
- Ajuda a identificar e eliminar os problemas potenciais de segurança;
- Estabelece uma prioridade de ações corretivas;
- Estabelece uma prioridade para ações de melhoria;
- Redução significativa dos custos;
- Auxilia nas análises dos fluxos de trabalho;
- Melhoria da qualidade;
- Ajuda a alcançar e superar as expectativas dos clientes;
- Melhor desempenho das equipes;
- Reduz o tempo de desenvolvimento dos produtos;
- Melhora a imagem da organização;
- Aumento do valor agregado nos produtos e processos;
- Ajuda a identificar antecipadamente as falhas, no desenvolvimento do produto

2.1.6 Planejamento

Segundo (HELMAN E ANDERY, 1995), existem algumas etapas a serem seguidas na confecção do FMEA, estas etapas são realizadas pela equipe ou responsável pela aplicação da metodologia FMEA.

- **Descrição dos objetivos e abrangência da análise:** esta etapa mostra quais produtos/ processos serão analisados.

- **Formação dos grupos de trabalho:** são definidas quantas pessoas participarão do grupo, contando com pessoas de diversas áreas como as de desenvolvimento, as de produção e também as de qualidade.

- *Análise das falhas em potencial:* Esse nome é dado por existir cinco tipos de falhas dentro da metodologia. Essas falhas são: Falha completa, falha parcial, falha intermitente, falha devido ao excesso da função, função indesejada. Nesta etapa o grupo discute e preenche o formulário definindo:

- 1) Função do produto/processo
- 2) Tipo de falha potencial para cada função
- 3) Efeito da falha potencial
- 4) Causa da falha em potencial
- 5) Controles atuais

2.1.7 Funcionamento Básico

A metodologia é a mesma para qualquer tipo de FMEA, seja ele de processo, produto ou procedimento ou se é aplicado para processos/produtos novos ou que já estão em operação.

Alguns autores como (KUME, 1996), (STAMATIS, 1995), (VILLACOURT, 1992) dizem que um FMEA deve ser desenvolvido por uma equipe. No entanto (PALADY, 1997) diz que o FMEA pode e vem sendo utilizado individualmente, mas concorda que é mais eficiente quando utilizado em um esforço de equipe.

Para a utilização da técnica FMEA, é aconselhável a formação de um grupo de pessoas onde realizarão um trabalho de definição da função ou característica de produto/processo que irá relacionar os tipos de falhas que poderão ocorrer. Para cada tipo de falha é estudado suas possíveis causas e efeitos, relacionando com sua detecção e também sua prevenção.

Não é necessário que haja concordância das idéias em 100 por cento, mas todos os membros devem estar comprometidos com a decisão (STAMATIS, 1995).

É necessário também atribuir índices para avaliação dos riscos, e descobrindo quais são eles, inicia-se uma discussão para adotar medidas de melhoria.

2.1.8 Avaliação dos Índices

Nesta etapa são definidos os índices de severidade (S), os índices de detecção (D), e os índices de ocorrência (O) para cada causa de falha. Podem-se usar critérios de avaliação previamente definidos, como mostra a figura 01, mas o ideal é que cada empresa possua seus próprios critérios. Depois, são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R) por meio da multiplicação dos outros três índices (O GERENTE, 2009).

- SEVERIDADE (S): é uma apreciação de quanto é sério o efeito do modo de falha potencial no seu cliente. O cliente neste caso poderia ser a próxima operação, subseqüentes operações ou usuário final. (THYSSENKRUPP, 2006).
- OCORRÊNCIA (O): é a probabilidade de um mecanismo/causa específico ocorrer durante a vida do projeto. A probabilidade de ocorrência tem um significado relativo mais importante que apenas um valor absoluto (MANUAL ,2003).
- DETECÇÃO (D): é a avaliação da probabilidade que o processo tem de detectar o modo da falha antes de o produto ser remetido para o cliente. Se a detecção for quase impossível, é lhe atribuída à pontuação 10, sendo praticamente garantida, a pontuação um. (THYSSENKRUPP, 2006).

SEVERIDADE			
Índice	Severidade	Critério	
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu	
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;	
3			
4		Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente	
5	Moderada		
6			
7		Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	
8	Alta		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança	
10			

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk > 1,00
3		1:4.000	
4		1:1.000	
5	Moderada	1:400	Cpk < 1,00
6		1:80	
7		1:40	
8	Alta	1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

DETECÇÃO		
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

Figura 01: Exemplo de formulário mostrando critérios de avaliação
Fonte: www.gepeq.dep.ufscar.br

2.1.9 Ações Recomendadas

Através de conhecimento técnico, bibliográfico, criatividade, o grupo lista de ações conforme o *ranking* e a prioridade, que podem ser realizadas para a

diminuição dos riscos. Essas medidas serão analisadas conforme sua viabilidade, sendo escolhidas as que serão utilizadas. Podemos citar como exemplo:

- Medidas de prevenção quanto ao tipo da falha e a causa da falha;
- Medidas que identificam a ocorrência de falhas;
- Medidas que limitem o efeito do tipo da falha;
- Medidas que aumentam a detecção da causa ou tipo da falha;

2.1.10 Continuidade

Conforme (KUME, 1996), o FMEA é um documento “vivo”, ou seja, sempre que for alterado algum tipo de produto/processo que já possua uma análise já realizada, é necessária uma revisão nessas alterações.

Mesmo quando não há uma alteração no produto/processo é necessário revisar as falhas que foram imaginadas pelo grupo com as que ocorrem na prática, de modo a se prevenir de falhas não previstas.

2.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Masisa é considerada uma das empresas líderes na fabricação de painéis de MDF (Fibras de madeira de média densidade) e MDP (Partículas de madeira de média densidade) para móveis e arquitetura de interiores. Os produtos são reconhecidos pela qualidade, inovação e design variado.

Na América Latina, a Masisa tem 12 complexos industriais: dois no Brasil (Ponta Grossa, no Paraná, e Montenegro, no Rio Grande do Sul), sete no Chile e outros três na Argentina, México e Venezuela.

Também atua na área florestal através de suas filiais: Florestal Tornagaleones no Chile, Florestal Argentina na Argentina, e Masisa do Brasil no Brasil. Para abastecer suas plantas conta com 238 mil hectares de florestas de eucalipto e pinus no Chile, Argentina, Brasil e Venezuela. No Paraná, tem 20 mil hectares, dos quais 12 mil cultivados.

Em Ponta Grossa/PR, a empresa opera há 13 anos e participa ativamente em atividades de promoção do *design* e de apoio ao desenvolvimento da indústria

do móvel nacional. Com a inauguração do complexo industrial, a empresa começou uma nova etapa na qual terá relevância neste mercado.

A linha de MDF começou a produção em dezembro de 2000, e a linha de OSB no final de 2001. Esta linha em 2008 foi vendida para LP (Lousiana Pacific), aproximadamente 18 meses após o início da montagem. A linha de revestimento melamínico de baixa pressão começou a operar em de abril de 2001.

A capacidade de produção de MDF é de 300 mil metros cúbicos ao ano. A linha de revestimento melamínico de baixa pressão permite revestir 290 mil metros cúbicos de painéis ao ano.

2.2.1 Características do Produto Melamínico

Os painéis Melamínicos são confeccionados de MDF e Aglomerados ou MDP revestidos em uma ou duas faces com laminado melamínico, assim oferece uma alta resistência a abrasão, produtos químicos e impermeabilidade a água. Esse tipo de matéria é ideal para construção de móveis em geral, estão disponíveis em várias cores e texturas, conforme mostra figura 02.

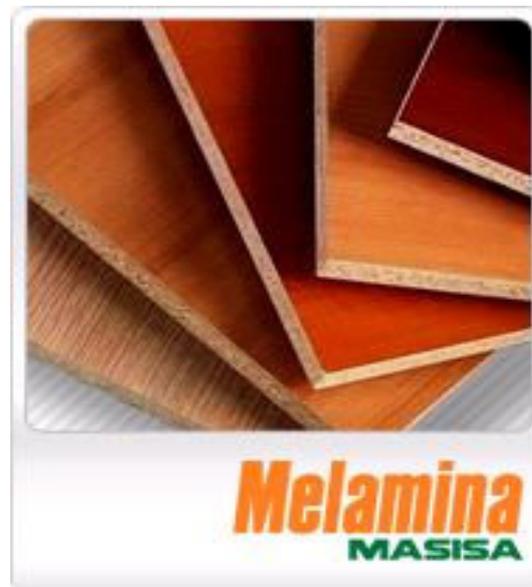


Figura 02: Painéis Melamínicos
Fonte: Masisa do Brasil Ltda, 2009

2.2.2 Propriedades das Placas Melaminizadas

As propriedades são medidas através de testes descritos em análises por responsabilidade da equipe da qualidade assegurada do produto:

- Resistências a água;
- Resistência mecânica;
- Resistência a adquirir sujeira;
- Resistência aos agentes químicos.

2.2.3 Detalhamento do Processo de Produção

Para a produção de painéis existem outros sub-processos que começa na alimentação da linha com painéis de MDF e folhas impregnadas com resina melamínica ate a embalagem do produto final, as principais etapas são:

- Alimentação de placas de MDF;
- Alimentação de papel impregnado;
- Formação;
- Introdução de placas na prensa;
- Prensagem;
- Retirada de placas da prensa;
- Fresamento;
- Classificação;
- Empilhamento;
- Embalagem.

2.2.4 Alimentação de Placas de MDF

As placas são desempilhadas dos *pallets* uma a uma na linha de produção por um braço mecânico que levanta a placa com ventosa de vácuo. São braços mecânicos que succionam a chapa mediante vácuo e conduzem as placas até uma mesa de rolos. Quando duas chapas estão em cima da mesa, outro braço mecânico conduz uma das placas para a mesa de formação.

A figura 03 mostra o braço mecânico retirando uma placa do *pallet* e movimentado-a para a mesa de formação.



Figura 03: Alimentação de placas
Fonte: Aatoria Própria

2.2.5 Alimentação de Papel Impregnado

Um braço mecânico com ventosas, denominado braço de papel, permite a partir do vácuo, tirar uma folha para colocar na mesa de formação do painel. No caso de produção de um material com duas faces, será retirada uma folha colocada na mesa de Formação, depois serão colocadas as chapas em cima dessa folha e o braço virá novamente com uma folha para a parte superior da chapa. Caso seja apenas uma face, a folha só vai ser colocada na parte superior da chapa.

A figura 04 mostra o braço mecânico succionando o papel para levar na parte superior das chapas.



Figura 04: Alimentação de papel impregnado
Fonte: Aatoria Própria

2.2.6 Formação

Consiste em uma correia transportadora que levará as chapas formadas até o carro introdutor de chapas que deixará as mesmas na prensa. Neste percurso o material passará por barras de energia eletrostática, essa carga de energia serve para que o papel “cole” nas chapas, assim não soltando quando as chapas entram na prensa. A figura 05 mostra as chapas sendo levada até a correia transportadora banda um.



Figura 05: Formação de placas e papel
Fonte: Aatoria Própria

2.2.7 Introdução de Placas na Prensa

As placas são introduzidas na prensa por um carro (carro introdutor) onde braços mecânicos de sustentação que se abrem quando se encontra na posição da prensa. A figura 06 mostra a introdução das chapas na prensa.



Figura 06: Introdução de placas na prensa
Fonte: Aatoria Própria

2.2.8 Prensagem

O processo de prensagem consiste na parte mais crítica da linha. Estas prensas são consideradas de baixa pressão, sendo chamadas de linhas BP. Toda a variável do processo como a temperatura, a pressão e o tempo de prensagem, varia conforme o produto que está sendo confeccionado.

A prensa tem seu aquecimento fornecido por um circuito de óleo térmico que consiste em quatro bombas centrífugas, onde quatorze cilindros hidráulicos de ação única que distribuem a pressão de maneira uniforme no prato de prensagem, e outros dois cilindros hidráulicos para levantar a prensa. A figura 07 mostra a vista lateral da prensa.



Figura 07: Vista lateral da prensa
Fonte: Autorial Própria

2.2.9 Retirada de Placas da Prensa

As chapas são extraídas da prensa por um braço mecânico com ventosas que succionam as chapas e as sustentam enquanto o carro movimenta as placas para fora da prensa. A figura 08 mostra as chapas que foram retiradas pelo carro extrator de placas.



Figura 08: Retirada de placas da prensa
Fonte: Autorial Própria

2.2.10 Fresamento

O fresamento consiste em retirar a rebarba de papel que fica nas laterais da placas, dando um acabamento.

Quando as facas passam pela lateral da chapa, pedaços de papéis caem em uma esteira transportadora que levará as sobras de papéis para a aspiração. A figura 09 mostra a vista lateral da fresa.



Figura 09: Fresadora
Fonte: Aatoria Própria

2.2.11 Classificação

Todas as chapas são classificadas por um operador com o auxílio de um braço mecânico que levanta a chapa para poder fazer a inspeção visual na parte inferior das chapas, o operador classificará a chapa entre três níveis (1° qualidade, 2° qualidade e 3° qualidade) dentro dos critérios de qualidade da empresa.

A figura 10 mostra a placa levantada, assim pode-se inspecionar a parte inferior da chapa, essas inspeções são levadas em consideração quando o papel está: corrido; grudado; partes faltando; manchas; insetos; etc.



Figura 10: Classificação de chapas
Fonte: Aatoria Própria

2.2.12 Empilhamento

Após serem classificadas, as chapas são empilhadas de acordo com sua classificação e os *pallets* de produto acabado serão formados. As placas são embaladas e ficam no estoque por no mínimo 72 horas para consolidar suas propriedades mecânicas e resfriamento.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo fundamentou-se com a ajuda de profissionais pertencentes ao quadro funcional da empresa Masisa, a qual foi indispensável à colaboração para as pesquisas de campo. Estas pesquisas foram realizadas segundo práticas compatíveis com as normas de segurança da empresa.

3.1.1 Coleta de Dados

Para a coleta de dados operacionais tais como, inspeções visuais nos painéis de temperatura e pressão da prensa, foi indispensável o auxílio de funcionários da empresa Masisa.

Os procedimentos operacionais e de manutenção foram registrados através de máquinas fotográficas e também com pesquisas sobre manuais e especificações técnicas dos equipamentos utilizados na pesquisa.

3.2 APLICAÇÃO DO FMEA NA EMPRESA

Esse projeto se encontra nos moldes de um estudo teórico, em que a empresa pretende antecipar e corrigir as possíveis falhas no processo prensagem de painéis melamínicos para a produção no âmbito da fábrica. Para o trabalho da prensagem será dada ênfase a análise da implantação do plano preventivo, as novas formas de desenvolvimento da manutenção preventiva, novos dispositivos e equipamento do processo.

3.2.1 Características da Prensa

Trata-se de uma prensa de pratos de ciclo curto WEMHÖNER KT-F-1E, construída no ano de 2000, número de serie 2139. Nela são produzidas placas melamínicas, folheados e pisos melamínicos.

- Componentes principais

Pratos de aquecimento:

Quantidade: 02

Dimensões: 5700 x 1950 mm;

Força total: 4918091,3 Kgf;

Pressão específica máxima: 479 N/cm²;

Temperatura máxima de operação: 220 °C;

Ciclo mecânico: 10 s;

Tempo com baixa pressão: 1,2 s.;

Tempo mínimo de ciclo de prensagem: 30 s.

Cilindro de pressão BE-002020-00-4 D=400 HUB= 260:

Quantidade: 14

Cilindro de levante BE-002278-00-4

Quantidade: 02

A prensa funciona com 14 cilindros de pressão e 02 cilindros de levante como mostra figura 11.

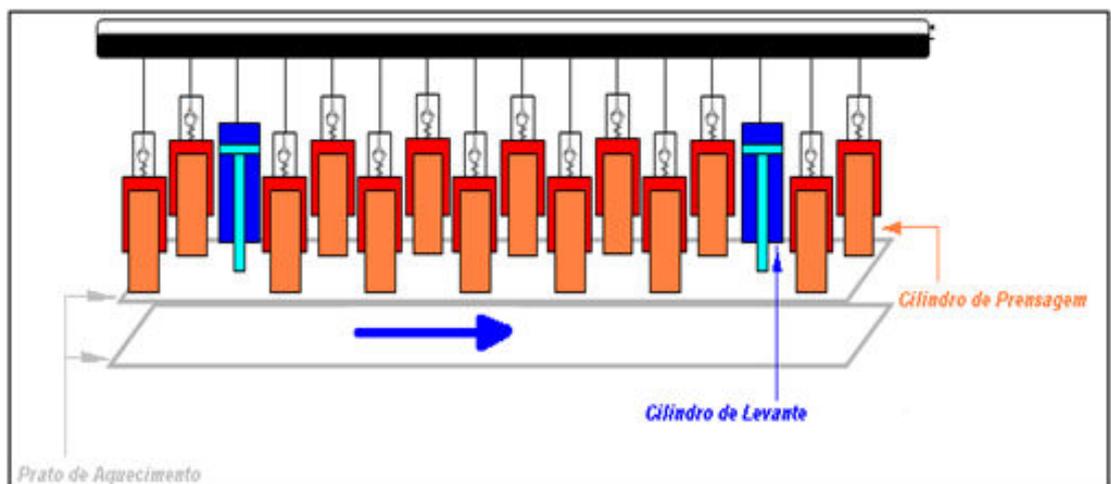


Figura 11 - Esquema hidráulico básico da prensa
Fonte : Manual de Operação da Prensa de Melamina, 2002.

3.2.2 Localização do Niple de Redução na Prensa

O niple de redução fica localizado no cilindro de levante da prensa, conforme mostram as figuras 12,13 e 14.

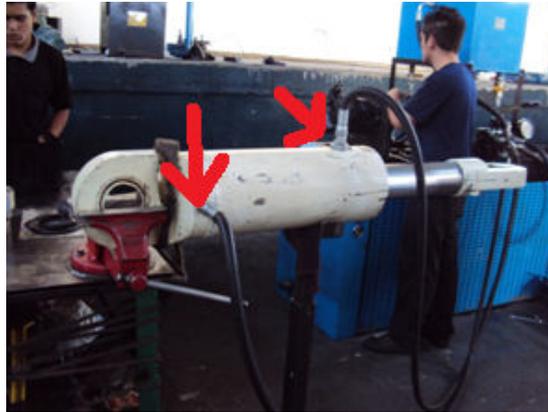


Figura 12 – Localização dos niples de redução no cilindro
Fonte : Autoria Própria



Figura 13 – Localização do cilindro na prensa hidráulica
Fonte : Autoria Própria



Figura 14 – Localização aproximada do niple de redução no cilindro
Fonte : Autoria Própria

3.2.3 Avaliação dos Índices

3.2.3.1 Número de prioridade de risco

Para a avaliação do risco de um dado sistema, devemos definir a prioridade de uma falha. O critério para a avaliação é o número de prioridade de risco (NPR) que é composto por três fatores individuais. Precisamos quantificar estes três fatores de acordo com alguns critérios.

O fator S (severidade da consequência da falha) é quantificado quanto à parada do equipamento, conforme mostra o quadro 01.

S: Severidade da consequência da falha		
5	Muito crítico	Causa parada total do equipamento, segurança, meio-ambiente.
4	Crítico	Causa parada do equipamento.
3	Moderado	Pode causar parada do equipamento.
2	Baixo	Difícil causar parada.
1	Muito Baixo	Muito difícil causa parada.

Quadro 01 - Severidade da consequência da falha
Fonte: Autoria Própria.

O fator O (ocorrência da falha) é quantificado quanto à frequência que ocorre a falha do equipamento, conforme mostra quadro 02.

O: Ocorrência da falha		
5	Altíssima frequência	mais de 1 x por mês.
4	Muita frequência	mais de 1 x por 3 meses.
3	Frequência Moderada,	mais de 1 x por 6 meses.
2	Frequência Baixa	mais de 1 x por 12 meses.
1	Frequência Muito Baixa	mais de 1 x por 24 meses.

Quadro 02 - Ocorrência da falha
Fonte: Autoria Própria.

O fator D (detecção da ocorrência da falha, é identificado através da manutenção preventiva, mais especificamente através do *check-list*) é quantificado quanto à facilidade de detecção da falha, conforme mostra o quadro 03.

D: Detecção da ocorrência da falha	
5	Muito difícil detecção.
4	Difícil detecção.
3.	Detecção moderada
2	Fácil detecção.
1	Muito fácil detecção.

Quadro 03 - Detecção da ocorrência da falha
Fonte: Autoria Própria.

Os índices de avaliação de cada um dos itens acima são pontuados de 5 a 1, após quantificado cada fator deve-se, através do NPR verificar a medida de risco fazendo a seguinte multiplicação: (NPR =O x S x D). O produto desse cálculo, como mostra o quadro 04, é analisada conforme a escala adotada neste processo

NPR (Número de Prioridade de Risco)	Índice de Risco:
36 a 125	Crítico, obrigatório abrir ações para diminuir risco
9 a 35	Moderado, analisar necessidade de abrir ação
1 a 8	Baixo Risco, não há necessidade de abrir ação

Quadro 04 – Escala de risco
Fonte: Autoria própria.

Dessa etapa resultará a elaboração do relatório – FMEA para que sejam elaboradas as ações corretivas ou medidas de prevenção. O relatório será o mecanismo de controle e de resumos das informações, relacionadas à execução dessas ações corretivas ou medidas de prevenção.

A planilha de análise de falhas pode conter recursos visuais para uma melhor identificação da severidade.

Para severidade, detecção ou ocorrência as células possuem a formatação condicional: 4 ou 5 a célula é vermelha para 3 é amarela e para 1 e 2 verde. Para NPR será adotado a seguinte formatação condicional: entre 36 a 125 a célula é vermelha, para 9 a 35 a célula será amarela e de 1 a 8 a célula será verde.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERDAS DE PRODUÇÃO

A fissura gerada no niple de redução do cilindro de levante ocasionou uma parada de produção sendo necessária uma manutenção corretiva. A intervenção do equipamento começou dia 22/02/2014 às 11 horas e 55 minutos, o início da produção retornou no dia 23/02/2014 às 09 horas e 38 minutos, ou seja, 1082 minutos de parada. Com os dados de tempo de parada total da linha de produção foi deixado de produzir 4328 painéis melaminicos, a perda em metros cúbicos levando em base painéis de 15 milímetros foi de 326.720 metros cúbicos, em valores essa perda de produção é estimada em 101.279,93 dólares.

4.2 POTENCIAIS DE FALHA E ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS

No momento em que a prensa estava subindo para prensagem, o niple de redução do 2º cilindro de levante quebrou despressurizando o sistema não gerando força mecânica para levantar o prato de aquecimento superior. A figura 15 mostra a quebra do niple.



Figura 15 – Niple de redução quebrado
Fonte: Spectro scan.

Ao iniciar a retirada do cilindro de levante da prensa, notou-se que um niple de redução estava quebrado. A causa provável da quebra do niple foi a vibração ocasionada pelo trabalho da prensa, fazendo com que niple perdesse o aperto gerando uma folga entre o niple e a estrutura do cilindro, ocasionando uma fadiga no niple o qual acabou quebrando. O quadro 05 mostra o modelo de relatório para levantamento de dados da quebra.

ANÁLISE DE FALHA				
LINHA:	DATAS			AF Nº
MELAMINA	ABERTURA 22/02/2014		FECHAMENTO 23/02/2014	31/14
ORIGEM DA AF	SET_UP minutos	<input type="checkbox"/>	QUALIDADE	ÁREA [TAG]
	DISPONIBILIDADE	<input checked="" type="checkbox"/>	VELOCIDADE	G-MEL-1-5100
TÍTULO DA FALHA [descrição SAP]				TIPO DA FALHA
Avaria no Niple de redução do Cilindro de Levante				FM
EQUIPAMENTO	CONJUNTO		SUBCONJUNTO	COMPONENTE
Prensa	Cilindro de Levante		Niple de Redução	
INÍCIO DA PARADA	FIM DA PARADA		OPERADOR	TURNO
22/02/14 11:55	23/02/2014 09:38			3
TEMPO TOTAL [min]	PERDA [chaco]		PERDA m ³ (base 15mm)	CUSTO [US\$] aprox.
1082	4328		326.720	101.279,93
FALHA	FALHA [Descrição dos fatos e como ocorreu a Falha]			
	Momento em que a prensa estava subindo da prensagem o niple de redução do segundo cilindro de levante quebrou e deixou a mesma despressurizada deixando-a sem força mecânica para levantar o prato de aquecimento superior.			
AÇÕES	ANÁLISE INICIAL			
	Quebra do Niple de redução do 2º cilindro de levante da prensa			
	AÇÕES TOMADAS			
	Parado a prensa e descarregado os acumuladores Accionado munck e 2 mecânicos para a troca Retirada do cilindro hidráulico Substituição do Niple Montagem do niple novo no cilindro de levante			
CAUSA	CAUSA PROVÁVEL			
	Vibração ocasionada pelo trabalho da prensa, fazendo com que niple perdesse o aperto gerando uma folga entre o niple e a estrutura do cilindro, ocasionando uma fadiga no niple o qual acabou quebrando			
	COMPONENTE SUBSTITUÍDO			CÓDIGO SAP
	Niple de redução			
AF ABERTA POR:	AF EXECUTADA POR:	AF AVALIADA POR:		
Alessandro/João				

Quadro 05 – Relatório de Levantamento de dados de quebra
Fonte: Masisa do Brasil.

O quadro 07 mostra o desenvolvimento do FMEA, com o levantamento dos potenciais de falhas, com o nível de risco.

FMEA - Nível de risco								
POTENCIAIS MODOS DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	S	CAUSAS POTENCIAIS	O	PREVENÇÃO ATUAL	DETECÇÃO	D	NPR
Qualidade do material do Niple	Quebra do Niple	5	Alto índice de impurezas	5	Inexistente	Muito difícil	5	125
Fadiga por esforço	Quebra do Niple	5	Vibração (esforços cíclicos)	5	Inexistente	Muito difícil	5	125
Ambiente	Quebra do Niple	5	Meio Agressivo	5	Inexistente	Moderada	4	100
Falta de plano preventivo	Quebra do Niple	5	Não havia histórico de falhas neste equipamento	5	Inexistente	Muito difícil	2	50

Quadro 07 – FMEA - Nível de risco
Fonte: Autoria própria.

4.3 REVISÃO DOS ÍNDICES E PLANO PREVENTIVO

Nessa etapa o responsável pelas ações realiza uma avaliação da eficácia das ações, se necessário revisa as ações ou implanta uma nova ação. O responsável tem a função de revisar e se for necessário atualizar o FMEA, esse tempo de revisão é determinado pela gerência da manutenção.

O plano preventivo é criado para minimizar a probabilidade de uma mesma falha ocorrer várias vezes e também para evitar que novas falhas apareçam no processo e no equipamento. Deve-se ter um responsável para checar

periodicamente o equipamento, segundo *check-list* (quadro 08) previamente elaborado com a linha em funcionamento e com a linha parada.

Também com a linha em funcionamento devem ser checados visualmente todos os componentes e verificados possíveis vazamentos de óleo hidráulico que podem comprometer a integridade do equipamento e da produção. Realizando-se o plano preventivo e a ficha de análise de falha, a ocorrência da falha pode diminuir, melhorando o processo.

MASISA	ANÁLISE DE FALHA MAPEAMENTO				
HISTÓRICO DE SERVIÇOS E ATIVIDADES REALIZADAS NO EQUIPAMENTO					
	DESCRIÇÃO	DATA	EXECUTANTE	RESULTADO	PERIODICIDADE
SERVIÇOS CORRETIVOS	TROCA DA MANGUEIRA DO CILINDRO, SAÍDA DA PRENSA	9/2/12	Equipe de manutenção	Eliminado vazamento	sem evidências anteriores
CHECK-LIST	INSPEÇÃO VISUAL DAS CONEXÕES DO CILINDRO	16/2/14	Daniel	OK	Mensal
PREVENTIVA	TRINCA DAS MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	18/4/13	Daniel	OK	Anual
TERMOGRAFIA	NÃO APLICÁVEL				
ANÁLISE VIBRAÇÃO	NÃO APLICÁVEL				
ANÁLISE DE ÓLEO	MONITORADO NAS DA UNIDADE HIDRÁULICA	10/3/14	Edivaldo	OK	Mensal
OUTROS					

Quadro 08 – Check-list mapeamento de falhas

Fonte: Masisa do Brasil

4.4 RESPONSÁVEL E PRAZOS

A gerência da manutenção da Masisa deve nomear um responsável pela ação recomendada e definir uma data para conclusão ou a contratação de uma empresa terceirizada para fazer uma consultoria técnica.

Após a identificação no FMEA, as ações corretivas devem ser primeiramente dirigidas aos problemas mais críticos, NPR mais alto. Acrescentar uma validação ou uma verificação no projeto irá somente reduzir o índice de detecção por tipo de falha. A redução da ocorrência acontece somente com a remoção ou controle de uma ou mais causas de falha. Somente a revisão do projeto pode diminuir o índice de Severidade.

Dessa forma, como constatado nos dados do FMEA, a falha de vazamento de óleo hidráulico devido à qualidade do material no niple e o ambiente em que ele se encontra são os maiores índices de NPR e, portanto, o de maior relevância. Os demais itens também serão analisados em função dos maiores para os menores índices de NPR.

4.5 ATUALIZAÇÃO / REVISÃO DO FMEA SEMPRE QUE NECESSÁRIO

As atualizações e revisões do FMEA deverão ocorrer com frequência definida pela equipe de manutenção e respeitada esta periodicidade a fim de verificar melhores oportunidades de melhorias e correção de falhas na elaboração das análises feitas anteriormente.

4.6 DISCUSSÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS PARA AS PRINCIPAIS FALHAS

4.6.1 Qualidade do Material do Niple

Como proposta de ações de melhorias para esse defeito e solução da quebra do niple foi recolhida uma amostra dos niples de redução da empresa e foi mandado para o laboratório Spectro scan especializado em analisar a falha ocorrida no niple objetivando identificar a causa da raiz da falha. Os dados a seguir, mostram os resultados encontrados pelo laboratório para a devida amostra.

- Identificação da amostra:

S-40918 – NIPLE DE REDUÇÃO 1.3/4” X 1.1/2”

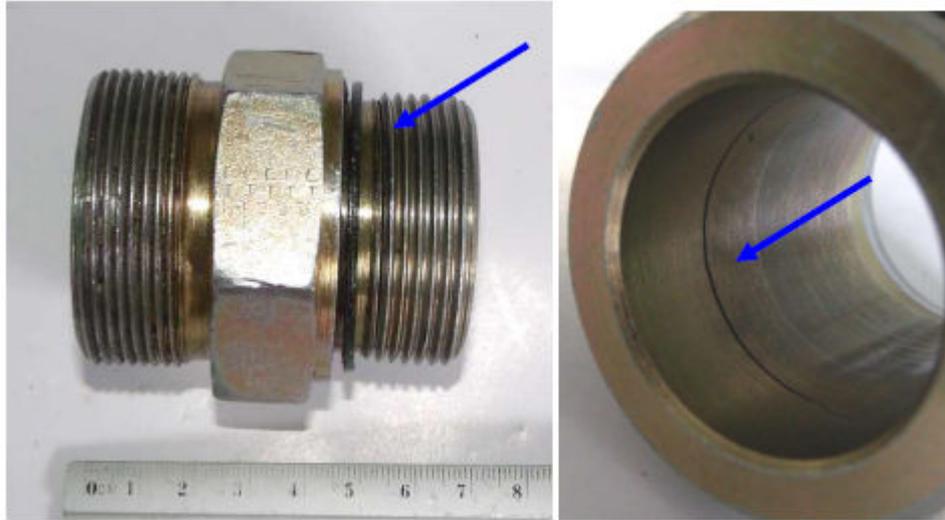


Figura 16 – Amostra recebida para análise. Indicado o local da falha em azul na região da rosca. Escala em milímetros.

Fonte: Spectro scan



Figura 17 – Detalhe da identificação do componente. Em vermelho, local do corte para análise metalográfica.

Fonte: Spectro scan

- Análise metalográfica

A ação foi removida por corte com disco abrasivo, no local indicado na figura 17, sendo preparada por lixamento seguido de polimento em suspensão de alumina. Ataque com reagente nital 2% e exame em microscopia óptica.

- Análise fratográfica

Para uma melhor análise da falha ocorrida no componente, o relatório da empresa Spectro scan fornece o registro fotográfico da superfície de fratura, incluindo comentários relevantes no entendimento o mecanismo da falha.

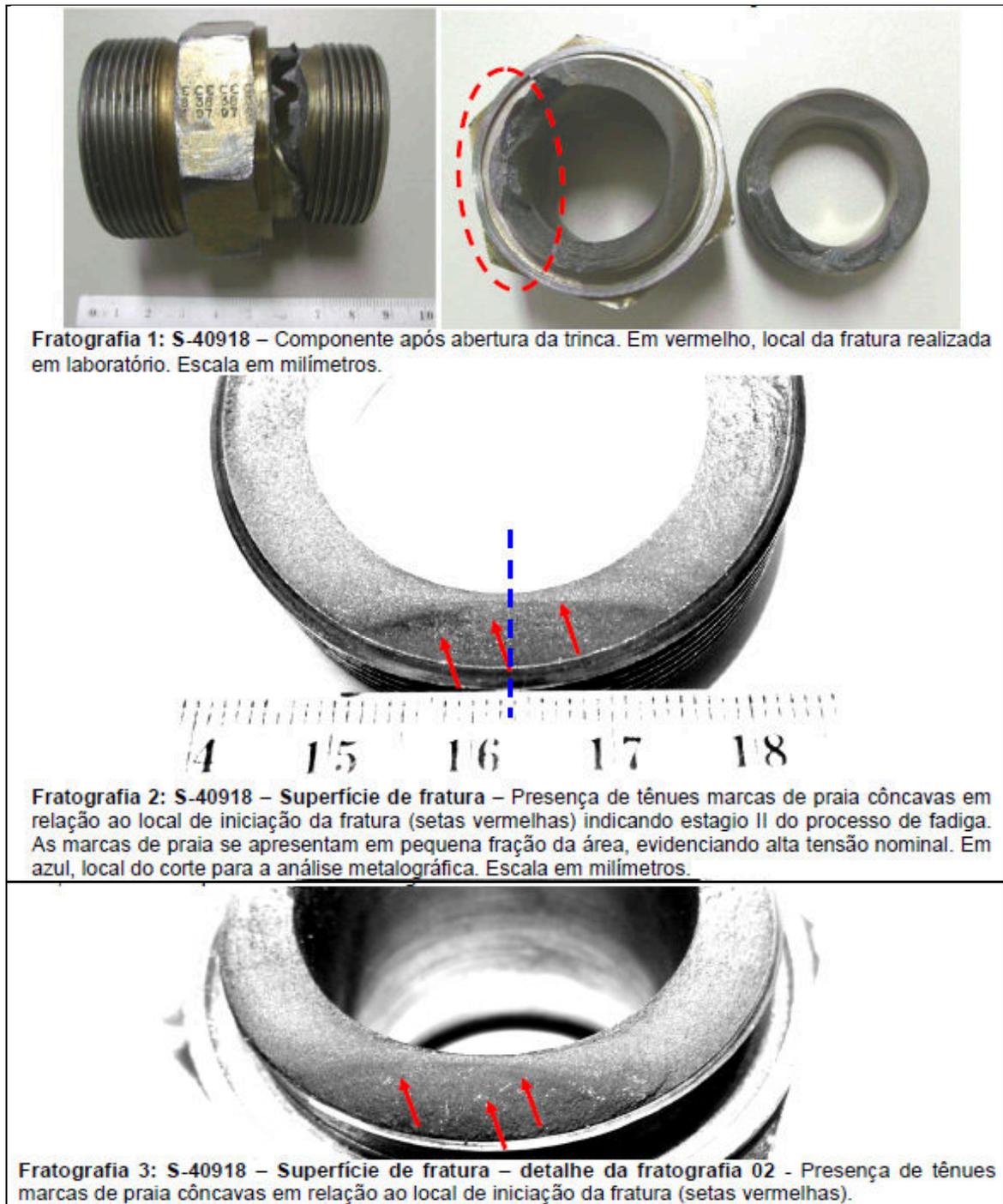


Figura 18 – Registros fotográficos da superfície da fratura.

Fonte: Spectro scan

- Caracterização do material

Segundo o laboratório Spectro scan, o material em estudo **não cumpre** requisitos de composição conforme norma internacional. A tabela 01 apresenta a composição obtida comparada com o aço SAE 1015.

Tabela 01 – Composição especificada para o aço SAE 1015 (% peso)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Mo	Referência
0,13-0,18	0,30-0,60	0,040 _{máx.}	0,050 _{máx.}	0,40 _{máx}	Não especificado		SAE 1015
0,154	6,094	0,085	>0,080	0,034	> 0,612	0,360	S-40918

Fonte: Spectro scan

- Causa raiz da falha

O exame da superfície de fratura e propagação da trinca evidencia que o mecanismo da falha ocorreu por fadiga.

A iniciação, detectada no exame metalográfico, se deu a partir do fundo do perfil da rosca, em região onde a dureza medida foi de 197 HV e local da presença de inclusões não metálicas grosseiras.

O nível de tensão mecânica atuante sobre o niple é alto, evidenciado pela pequena fração de área com marcas de praia e com alta concentração de tensões, na raiz da rosca.

- Conclusão

Segundo a Spectro scan o niple entrou em processo de fratura por utilização de material com alto nível de inclusões não metálicas, e baixa dureza, que sob a aplicação de esforço cíclico, tomou lugar a nucleação de trinca da fadiga.

As inclusões não metálicas, neste nível, funcionaram com estágio I do processo de fratura por fadiga. Portanto, o material no estado em que se encontra mesmo antes da ciclagem de pressão e de tensão mecânica, já se apresentava com severo dano, cuja origem está na fabricação do niple.

- Sugestão para esta falha

Conforme o laboratório Spectro scan, no sentido de evitar novas ocorrências de falhas, ficam sugeridas as seguintes ações:

- Utilizar material para a fabricação do componente com nível de inclusões não metálicas da série fina e nível 1 conforme a norma NM 88/2000.
- Utilizar material com resistência mecânica superior, podendo ser utilizado o aço norma ASTM A182 grau F11 classe 3. A composição para este material está apresentada na tabela 02 e os valores de propriedade mecânica na tabela 03.

Tabela 02 – Composição especificada para o aço ASTM A 182 Grau F11 Classe 3 (% peso)

C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Referência
0,10-0,20	0,30-0,80	0,040 _{máx.}	0,040 _{máx.}	0,50-1,00	1,00-1,50	0,44-0,65	ASTM A 182 Grau F11 Classe 3

Fonte: Spectro scan

Tabela 03 – Propriedades mecânicas especificadas para o aço ASTM A 182 Grau F11 Classe 3

Resistência à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Alongamento (%)	Referência
515,0 _{Mínimo}	310,0 _{mínimo}	20,0 _{mínimo}	ASTM A 182 Grau F11 Classe 3

Fonte: Spectro scan

4.6.2 Fadiga por Esforço

- Causa da raiz da falha

Segundo a Spectro scan o uso do alto teor de manganês, pode ter sido proposital no sentido de obter endurecimento por solução sólida, ganhar resistência mecânica e tenacidade a fratura. Porém este tipo de ganho não tomou lugar, visto que as inclusões presentes são dominantes, como possível meio de acomodação para este alto teor de manganês.

- Sugestão para esta falha

Conforme a Spectro scan, utilizar quando da fabricação da rosca, processo de laminação da rosca, com a promoção de região com encruamento plástico, o que beneficia o uso do componente, quando utilizado em esforços cíclicos.

O processo de trepanação pode ser aplicado, porém deve existir controle sobre o avanço da ferramenta de modo a minimizar o dano por deformação na superfície interna.

Como possibilidade de aumentar ainda a resistência a fadiga, fica sugerida a aplicação de jateamento com granalha de aço, shot-peening, para obter tensão residual de compressão na superfície livre, principalmente na região da rosca. O valor desta tensão compressiva deve ser da ordem de 800 MPa e pode ser avaliada pelo uso de lâmina Almen.

A figura 19 fornece esquematicamente o efeito desta prática. Estas tensões compressivas na superfície inibem o dano por micro-deformação, eliminando a nucleação de trincas de fadiga.

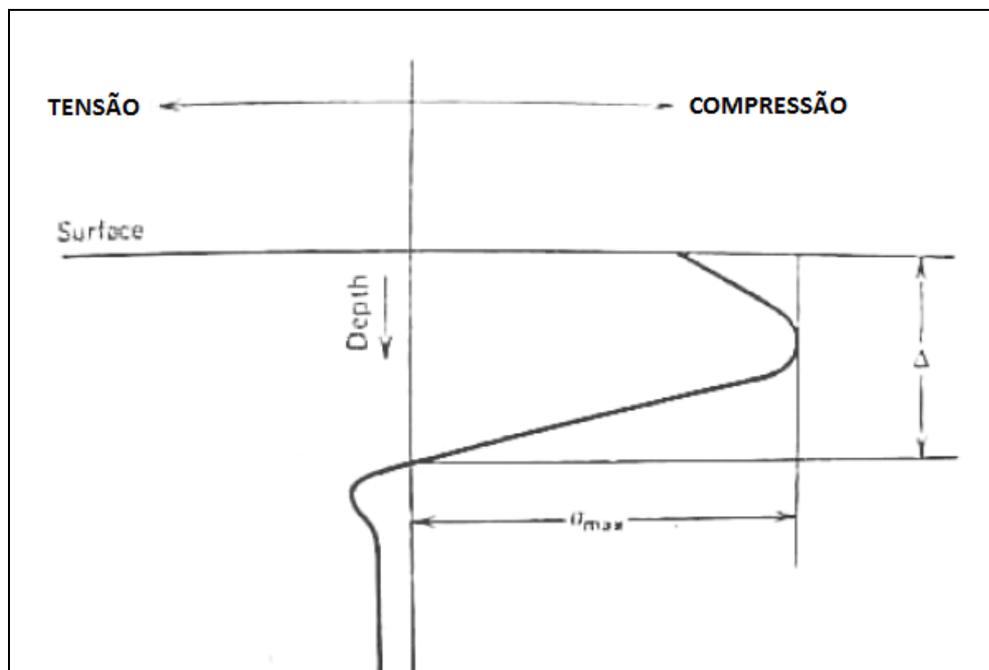


Figura 19 – Representação esquemática do efeito de jateamento sobre a superfície livre do metal

Fonte: Spectro scan

4.6.3 Ambiente e Plano preventivo

- Causa da raiz da falha

Uma parada de produção por falha de operação, equipamento ou do niple de redução gera uma manutenção corretiva. A falta de manutenção preventiva gera uma série de danos ao niple.

Segundo o MANUAL DE CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO DA CATERPILLAR (2002) todos os efeitos da contaminação são péssimos. Os agentes contaminantes reduzem a eficiência e os tempos de ciclo do sistema. Nos sistemas hidráulicos, por exemplo, a eficiência pode cair até 20% antes que o operador consiga detectar um problema. Isto se traduz em prejuízos avultados de produtividade. Os agentes contaminantes também aceleram o desgaste dos componentes, se o problema não for resolvido, redundarão em falhas catastróficas, reparações dispendiosas e tempo de máquina parada não programado.

A contaminação do óleo é o inimigo nº 1 do Sistema Hidráulico, em qualquer máquina. Este tipo de contaminação afeta negativamente o rendimento das máquinas, tanto por abrasão como pelo progressivo acumular de partículas sobre a superfície dos componentes.

As vias mais comuns de acesso de ar aos hidráulicos são as fugas nas bombas ou cilindros, junto às furações de entrada de óleo. As bolhas de ar que acedam os cilindros conseguem originar fendas ou descamação, de onde resultam desgastes sérios neles. Além do mais, o ar é o fator essencial da oxidação. Por tudo isto não se esqueça, conserve sempre os seus Sistemas Hidráulicos limpos, frescos e fechados

- Sugestão para esta falha

Segundo o MANUAL DE CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO DA CATERPILLAR (2002) durante a manutenção, atentar para a limpeza e procedimentos de manipulação de peças para evitar acréscimo extra de contaminação. Especial atenção deve ser dada às mangueiras, pois entre os itens

hidráulicos é a que mais adiciona contaminação ao sistema, se não for preparada e embalada da maneira correta até sua utilização.

As análises periódicas ao estado da pureza do óleo fornecem uma contagem de partículas, em micron, possibilitando avaliar o estado real do óleo e prevenir a ocorrência de problemas nos hidráulicos. Este aviso antecipado contribui para evitar estragos sérios e avarias que, de outra forma, podem levar dias a reparar.

Segundo SAAD (2012) junto com as ações anteriores, um plano preventivo de manutenção também inclui ajustes de rotina e substituição de componentes desgastados. Isso ajuda a manter o equipamento em conformidade com as normas de produção e evitar eventuais longos períodos de inatividade.

Criar e seguir um cronograma são essenciais para o sucesso de qualquer planejamento de manutenção preventiva. Não fazer isso pode levar a atrasos que causam atrasos e oneram a empresa, além de pagamento de funcionários, que deve esperar enquanto a máquina estiver sendo reparada. Com essa estratégia, o tempo de inatividade é mantido a um mínimo, a qualidade dos produtos produzidos não é comprometida e os níveis de produtividade ajudam a manter a linha dentro de um intervalo aceitável.

5. CONCLUSÃO

A prensa hidráulica da empresa Masisa foi projetada para trabalhar com niples de redução com características específicas para ela. Esses niples resistem muito bem a ciclagem de pressão e a tensão mecânica ocasionado pelo esforço cíclico. Estes niples possuem uma elevada dureza, alta resistência mecânica e tenacidade a fratura.

Devido a manutenção realizada nos cilindros da prensa, como troca de mangueiras, reparos hidráulicos entre outros, estes niples de redução muitas vezes são substituídos por outros que não são específicos para a mesma, ocasionando a fadiga nestes niples que ocasiona vazamento de óleo hidráulico, perda de pressão do sistema e parada do equipamento.

Uma parada de produção por falha do equipamento ou do niple de redução gera uma manutenção corretiva. A parada do equipamento para manutenção dura aproximadamente uma hora quando existe o vazamento de óleo hidráulico, considerando que essa falha acontece com certa frequência, que em 2013 chegou a acumular cerca de 25 horas paradas, a perda de produção chegou 452.939 m³ considerando um chapa de 5mm e um custo total estimado de U\$\$ 140.406,55.

Para tentar solucionar os problemas do niple de redução, utilizamos a ferramenta da qualidade chamada FMEA onde ela nos orientou a buscar soluções para a prensa hidráulica e também a manter o melhor rendimento possível para ao qual foi projetado. Através do FMEA vimos que antes de instalar um niple de redução é necessário fazer um estudo como em base referências teóricas.

Nessas referências constatamos que alguns procedimentos de operação e projeto da empresa Masisa não estão de acordo com a bibliografia estudada. Podemos citar alguns erros: Operação – As conexões hidráulicas estão sendo montadas em ambiente contaminado interferindo na vedação e vida útil das conexões hidráulicas. Existem erros de projeto na prensa como niples com alto nível de inclusões não metálicas, e baixa dureza, que sob a aplicação de esforço cíclico, tomam lugar a nucleação de trinca da fadiga. Abaixo citaremos a lista das melhorias encontradas para solucionar o problema de vedação da empresa Masisa:

- Recomendamos à empresa Masisa a implantação do FMEA para acompanhar o desenvolvimento das melhorias propostas no trabalho e também para servir de base na aplicação em outras áreas crítica da empresa.
- Implantação de check-list e da ficha de análise da falha. Com essa ficha teremos um detalhamento melhor das falhas que irão ocorrer na prensa hidráulica e também irá servir para a coleta de dados para a continuidade do FMEA.
- Utilizar material para a fabricação do componente com nível de inclusões não metálicas da série fina e nível 1 conforme a norma NM 88/2000.
- Utilizar material com resistência mecânica superior, podendo ser utilizado o aço norma ASTM A182 grau F11 classe 3.
- Utilizar quando da fabricação da rosca, processo de laminação da rosca, com a promoção de região com encruamento plástico, o que beneficia o uso do componente, quando utilizado em esforços cíclicos.
- O processo de trepanação pode ser aplicado, porém deve existir controle sobre o avanço da ferramenta de modo a minimizar o dano por deformação na superfície interna.
- Como possibilidade de aumentar ainda a resistência a fadiga, fica sugerida a aplicação de jateamento com granalha de aço, shot-peening, para obter tensão residual de compressão na superfície livre, principalmente na região da rosca.
- Realizar a limpeza da prensa hidráulica pelo menos duas vezes ao mês, melhorando sua eficiência e também evitando a contaminação de seus componentes hidráulicos.

Se houver uma compreensão e comprometimento da empresa, a Masisa certamente será surpreendida pelos benefícios resultantes das melhorias orientadas através do FMEA neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Marta Duarte; COSTA, Jorge Moreira da. **Estratégia de gestão de obras de arte baseada numa análise de risco segundo a FMEA**. 2004. Disponível em: <http://www.fe.up.pt/si_uk/publs_pesquisa.FormView?P_ID=12633>. Acesso em: 20 jul.2014.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BARROS C.G. **Transmissão de calor**. Curitiba-Pr.Fev.2009. Disponível em www.portal.dos.professores.mec.gov/fichaTécnicaAula.html?aula=1671B. Acesso em 07.out.2014

CABANO ENGENHARIA - **Consultoria, projeto, assessoria e estudo em sistemas de ar condicionado, ventilação, salas limpas e refrigeração**. Belém – PA, Dez.2003. Disponível em http://www.cabano.com.br/trocadores_de_calor.html Acesso em: 07. jun.2014.

CASAROTTO FILHO, N., FÁVERO, J.S., CASTRO, J.E.E., 1999, **Gerência de Projetos/Engenharia Simultânea**. 1. ed. São Paulo, Atlas S.A.

DAILEY, K. W. **The FMEA Pocket Handbook**. DW Publishing, 2008.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P., (1995). **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed.

IQA- Instituto da Qualidade Automotiva. **FMEA, Análise de Modo e Efeitos de Falha em Potencial**: julho 2001. [São Paulo], 2001.

KREITH, F; BOHN, M. S. **Princípios da transferência de calor**. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

KSR . **Perguntas práticas sobre um FMEA**.

Disponível em <http://www.ksr.com.br/oqufmea.html>. Acesso em 03. Jun.2014.

LEAL, F; PINHO, A.F; ALMEIDA, D.A. **Análise das Falhas através da aplicação da do FMEA e da Teoria Grey**. Disponível em:<<http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/RGIv02n01a8.pdf>>. Acesso em: 13.nov.2014.

MACEDO, Silvia M.; NARDINI, Jurandir J.; FERRER Modesto H. **FMEA aplicado no processo de usinagem de disco de freio**.In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, 7.; 2005, Ilha Solteira,SP.Disponível em:http://www.abcm.org.br/pt/wpcontent/anais/creem/2005/pdf/trabalhos_completos/pf16.pdf

Manuais da QS 9000. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA):** Manual de Referência. 1997.

MANUAL CATERPILLAR. **Controlo de contaminação:** Manual de Referência. 2002.

MARSHALL JUNIOR, I., CIERCO, A.A., ROCHA, A.V., MOTA, E.B., 2003, **Gestão da Qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro, Editora FGV.

Masisa do Brasil Ltda. **Apostila de Polimerização**. Ponta Grossa, 2002.

Masisa do Brasil Ltda. **Manual de Operação da Prensa de Melamina**. 2002.

MORETTI, D.C; BIGATTO, B.V. **Aplicação do FMEA: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de cargas**.

Disponível em: <http://www.nortegubisian.com.br/artigos/fmea.pdf>. Acesso em: 02. Set. 2014.

OLIVEIRA, C. B. M.; ROZENFELD, H. (1997). **Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, Gramado, 1997. Anais. Porto Alegre, UFRGS. (t: 662).

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falhas e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997

PORTAL O GERENTE. **Manuais da QS**.

Disponível em : [www. http://www.ogerente.com.br/qual/dt/qualidade-dt-FMEA.htm](http://www.ogerente.com.br/qual/dt/qualidade-dt-FMEA.htm). Acesso em: 03. Jun.2014.

QUALITY ASSOCIATES INTERNATIONAL. **Conteúdo básico sobre FMEA, e outras ferramentas como QFD e QS 9000**.

Disponível em <http://www.quality-one.com>. Acesso em 03. Jun.2014.

RAMOS, Helena A.; CHAVES, Carlos A.; BRANDALISE, Nilson. Aplicação do Método Fmea no Processo de Climatização de uma Indústria Automobilística. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA DE GESTÃO E TECNOLOGIA, 4.;2012, Resende, RJ,**Anais eletrônicos**.Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos12/551691.pdf>

SAAD, F; **Importância do planejamento de manutenção preventiva**

Disponível em:<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/7223-importancia-do-planejamento-de-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 12.nov.2014.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001. STAMATIS, D. H.**Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution**, ASQC Quality Press, Wisconsin, USA, First Edition. 1995

THYSSENKRUPP, Metalúrgica Campo Limpo Ltda.- **Treinamento Seis Sigma sessão 1,2,3.** (Campo Limpo 2006.1).

TOLEDO, J.C; AMARAL, D.C. **FMEA: Análise do Tipo e Efeito de Falha.**
Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>.
Acesso em: 28 jun. 2014.

WEMHÖNER, H. (2001). **Manual da Prensa WEMHÖNER.** Masisa do Brasil Ltda.