

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

JOÃO RICARDO AZANHA FILHO

**PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE PARA UMA FORMADORA DE TUBOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

JOÃO RICARDO AZANHA FILHO

**PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE PARA UMA FORMADORA DE TUBOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

Proposta de um programa de manutenção centrada em confiabilidade para uma formadora de tubos

por

JOÃO RICARDO AZANHA FILHO

Esta monografia foi apresentada em 11 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O João Ricardo Azanha Filho foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr. Eng.
Professor Orientador – UTFPR

Prof. Emerson Riggoni Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Este trabalho não existiria sem a ajuda e incentivo das pessoas da ArcelorMittal Contagem, Artur Muller da Silveira, Anderson Abel Silva, Dunalva, Rogério Barbosa, que proporcionaram condições para a realização. A eles dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço as pessoas da ArcelorMittal unidade de Contagem em Minas Gerais que proporcionaram as condições necessárias, disponibilizando tempo e recursos para realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rodrigues, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

AZANHA FILHO, João Ricardo. **Proposta de um programa de manutenção centrada em confiabilidade para uma formadora de tubos**. 2017. 56. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O presente trabalho apresenta a metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta da gestão estratégica de manutenção, a aplicação da MCC envolve o conhecimento integrado da empresa, de cada setor e cada equipamento, decidindo ondem quando e por que aplicar cada tipo de manutenção. A ferramenta vem sendo adotada na ArcelorMittal a fim de evitar perda de produção por indisponibilidade dos equipamentos e com o aumento da complexidade e a diversidade de ativos físicos dentro de uma organização aumenta ainda mais a demanda por sistemas de manutenção eficientes. Será apresentado detalhamento dos conjuntos de uma formadora de tubos. Em seguida será apresentada a teoria da Manutenção Centrada em Confiabilidade, onde são definidos os termos utilizados pela metodologia e detalhadas as etapas do processo. Em seguida o método de Manutenção Centrada em Confiabilidade será aplicado a alguns conjuntos que mais impactaram no resultado da disponibilidade e tempo entre falha.

Palavras-chave: Manutenção centrada em confiabilidade. Formadora de tubos.

ABSTRACT

AZANHA FILHO, João Ricardo. **Proposta de um programa de manutenção centrada em confiabilidade para uma formadora de tubos.** 2017.56. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

This present work aims to present the Reliability Centered Maintenance methodology as a tool for strategic maintenance management. The application of RCM involves the integrated knowledge of the company, the sectors and the equipments, deciding where and when to apply each type of maintenance. The tool has been adopted in ArcelorMittal in order to avoid loss of production due to the equipment's unavailability, and the increase in the complexity and diversity of physical assets in the organization further increases the demand for efficient maintenance systems. Assembly details of a tube mill and the theory of Reliability Centered Maintenance will be presented, where the terms used by the methodology were defined and the process were detailed. Then the Reliability Centered Maintenance

Palavras-chave: Reliability Centered Maintenance. Tube Mills.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Fluxograma de produção de tubos.....	18
Figura 3.1 – Evolução da manutenção.....	23
Figura 3.2 – Classificação da manutenção.....	25
Figura 3.3 – Classificação das falhas.....	29
Figura 3.4 – Classificação das falhas para os objetivos da MCC.....	30
Figura 4.1 – Etapas de implementação da MCC.....	35
Figura 4.2 – Diagrama organizacional da hierarquia e caracterização das fronteiras e interfaces entre os conjuntos.....	36
Figura 4.3 – FMEA do subconjunto mesa de rolos da banca de embalagem.....	44
Figura 4.4 – FMEA do subconjunto carro de transporte e cintagem da banca de embalagem.....	44
Figura 4.5 – FMEA do subconjunto sistema de pesagem da banca de embalagem.....	45
Figura 4.6 – FMEA do subconjunto painel de controle da banca de embalagem.....	45
Figura 4.7 – FMEA do subconjunto sistema de acondicionamento da banca de embalagem.....	45
Figura 4.8 – Funções primárias e secundárias do conjunto banca de embalagem.....	49
Figura 4.9 – Severidade das consequências.....	49
Figura 4.10 – Probabilidade de ocorrência de falha.....	50
Figura 4.11 – Probabilidade de detecção de falha.....	50
Figura 4.12 – Diagrama de decisão do conjunto banca de embalagem.....	52
Figura 4.13 – Diagrama de decisão do conjunto serra voadora.....	52
Figura 4.14 – Diagrama de decisão do conjunto formação.....	53
Figura 4.15 – Diferentes falhas potenciais podem preceder uma falha funcional.....	54
Gráfico 4.1 – Disponibilidade geral da formadora de tubos MTU-130.....	37
Gráfico 4.2 – MTBF geral da formadora de tubos MTU-130.....	37
Gráfico 4.3 – Estratificação da duração de paradas por manutenção por conjunto.....	38
Gráfico 4.4 – Estratificação do tempo entre falhas por conjunto.....	39
Quadro 2.1 – Especificação dos produtos da formadora MTU-130.....	17
Quadro 4.1 – Funções dos conjuntos desenrolador duplo e corte e emenda.....	40
Quadro 4.2 – Funções dos conjuntos acumulador horizontal e formação.....	41
Quadro 4.3 – Funções dos conjuntos sistema de soldagem e sistema refrigeração.....	41
Quadro 4.4 – Funções dos conjuntos calibração e sistema de inspeção.....	42
Quadro 4.5 – Funções dos conjuntos serra voadora.....	42
Quadro 4.6 – Funções do conjunto banca de embalagem.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS

MCC	Manutenção Centrada em confiabilidade
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (Período médio entre falhas)
RCM	<i>Reliability-Centered Maintenance</i> (Manutenção Centrada em confiabilidade)
NBR-6591	Norma Brasileira- Tubos de aço com solda longitudinal de seção circular, quadrada, retangular e especial para fins industriais
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Análise Modos de Falha e Efeitos)
RPN	Grau de prioridade de risco

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
------	--

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	TEMA DE PESQUISA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA	17
2.1	PROCESSO E COMPOSIÇÃO DA FORMADORA DE TUBOS.....	17
2.1.1	Processo de produção de tubos.....	17
2.1.2	Composição da formadora de tubos MTU-130.....	17
2.1.2.1	Desenrolador duplo	178
2.1.2.2	Corte e emenda.....	178
2.1.2.3	Acumulador horizontal de rolo	179
2.1.2.4	Formação	179
2.1.2.5	Sistema de solda	179
2.1.2.6	Canal de resfriamento	179
2.1.2.7	Calibradora e cabeça turca.....	179
2.1.2.8	Serra de corte.....	20
2.1.2.9	Mesa aceleradora.....	20
2.1.2.10	Banca de embalagem.....	20
2.2	SÍNTESE	20
3	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	22
3.1	HISTÓRIA DA MCC	22
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO	25
3.3	METODOLOGIA APLICADA NA MCC	27
3.3.1	Definições.....	27
3.3.2	Sequência de implementação	32
3.3.3	A manutenção centrada em confiabilidade e a FMEA.....	33
4	DESENVOLVIMENTO	35
4.1	SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES	35
4.2	ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS-FMEA.....	40
4.3	SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES.....	48
4.3.1	Grau de Probabilidade de Risco.....	49
4.3.2	Análise do grau de probabilidade de risco.....	517
4.4	SELEÇÃO DE ATIVIDADES APLICÁVEIS.....	51
4.5	AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE	54
4.6	SELEÇÃO DAS ATIVIDADES APLICÁVEIS EFETIVAS.....	54
4.7	DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS ATIVIDADES	55
5	CONCLUSÃO	55
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	57

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta alguns conceitos inerentes a Manutenção Centrada na Confiabilidade que estão relacionados aos objetivos deste trabalho. A partir da teoria encontrada em bibliografias e normas de referência pretende aplicar as etapas que compõem o procedimento de implantação da MCC.

1.1 TEMA DE PESQUISA

A Manutenção Centrada na Confiabilidade MCC ou RCM – *Reliability Centred Maintenance* é a aplicação de um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção e estabelecer a melhor estratégia de manutenção, para qualquer processo produtivo. O método se dá através da identificação da funcionalidade ou do desempenho no que diz respeito a sua operacionalidade, identificando os modos de falha e as causas prováveis. Para determinar se uma falha tem efeito significativo, a MCC leva em conta os impactos nos aspectos pilares que são: segurança, meio ambiente, operação e economia do processo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar a manutenção centrada em confiabilidade em uma formadora de tubos, na unidade da ArcelorMittal em Contagem.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar e analisar histórico de falhas ocorridas no equipamento nos últimos 2 anos;
- Definir sistemas e subsistemas que serão analisados;
- Analisar Modos de falhas e Efeitos;

- Propor um plano de manutenção baseado na MCC para implementação em formadoras de tubos;

1.3 JUSTIFICATIVA

Desta forma, a proposta de se implantar a MCC neste sistema vem de encontro com a necessidade de conhecer melhor a formadora de tubos para melhor investir em sua manutenção, haja vista a disponibilidade da manutenção para o equipamento foi de 83% no ano de 2016, onde a meta esperada é de 95%. O MTBF do equipamento deverá atingir valores maiores do que as 7,2 horas obtidas também em 2016.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Propor um programa de manutenção centrada em confiabilidade e estabelecer um método modelo de implantação em equipamentos formadora de tubos, apresentando os conceitos de manutenção e a técnica da MCC, por meio de revisão bibliográfica que consta em livros, monografias, dissertações e artigos. Sugerir a aplicação da MCC para o equipamento, evidenciando a necessidade de adoção da técnica, diferentemente da atual utilizada, com foco não somente em manutenção preventiva e corretiva, e sim em uma estruturação pautada na metodologia apresentada. Com a elaboração de formulários e diagramas, por intermédio de uma pesquisa de campo, análise de histórico de falhas do equipamento de 2 anos e a equipe de planejamento da ArcelorMittal Contagem, a identificação das funções significantes da formadora de tubos, análise dos Modos de falhas e Efeitos, e estabelecendo um programa de manutenção definindo a periodicidade das atividades aplicáveis de manutenção para antecipação de falhas com o intuito de constatar que estas ações impactem em sua disponibilidade e MTBF.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 é abordada a apresentação do projeto de pesquisa onde detalha a especificação técnica básica da formadora de tubo, processo de produção de tubos com costura e composição do equipamento com relação aos seus conjuntos.

No capítulo 3 é abordada a teoria da Manutenção Centrada na Confiabilidade, mostrando a sua história e evolução, explicando-se os tipos de manutenção e detalhando-se cada etapa dessa metodologia.

No Capítulo 4 é abordada a metodologia para implementação da manutenção centrada em confiabilidade seguindo as sete etapas, seleção do sistema e coleta de informações, análise de modos de falha e efeitos, seleção de funções significantes, seleção de atividades aplicáveis, avaliação da efetividade das atividades, seleção de tarefas aplicáveis e efetivas e definições das periodicidades das atividades.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões ao término da implementação da metodologia baseada na MCC nos principais conjuntos da formadora de tubos.

2 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA

Este trabalho é uma proposta de elaboração de um programa de manutenção MCC para uma formadora de tubos instalada na ArcelorMittal Contagem. O equipamento tem grande relevância no volume de produção de tubos da unidade e produz tubos específicos, que não tem condição de ser produzidos em outros equipamentos nessa mesma fábrica.

2.1 PROCESSO E COMPOSIÇÃO DA FORMADORA DE TUBOS

A formadora MTU-130 produz tubos em aço carbono com costura, solda longitudinal, estruturais e industriais de seção circular, quadrada e retangular de acordo com a NBR-6591.

Quadro 2.1 – Especificação dos produtos da formadora MTU-130

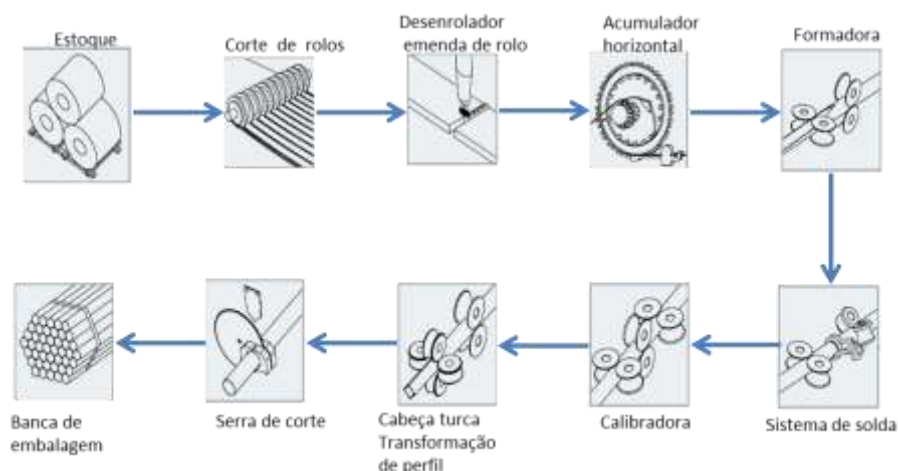
Dados dos produtos	Dimensão
Diâmetro mínimo (mm)	76,20
Diâmetro máximo (mm)	127,00
Espessura mínima (mm)	1,50
Espessura máxima (mm)	4,75
Comprimento mínimo (mm)	5.000
Comprimento máximo (mm)	10.000
Largura máxima do rolo (mm)	402
Limite de Resistência (Mpa)	350

Fonte: manual do equipamento (2006)

2.1.1 Processo de produção de tubos

Todos os tubos quadrados e retangulares são produzidos da bitola de origem, seção circular, seguindo o fluxo de produção, a figura 2.1 mostra a sequência do processo de produção de tubos, esses são produzidos a partir de bobinas cortadas longitudinalmente, no processo de *slitter* ou corte de rolos, que variam a largura em função do diâmetro de origem do tubo.

Figura 2.1 - Fluxograma de produção de tubos



Fonte: o autor (2017).

2.1.2 Composição da formadora de tubos MTU-130

A formadora de tubos MTU-130 é composta por conjuntos de equipamentos com funções específicas, são instalados possibilitando a produção em linha na seguinte ordem, desenrolador duplo, corte e emenda, acumulador horizontal de rolo, formadora, sistema de solda, canal de resfriamento, calibradora, cabeças turcas, serra de corte, mesa aceleradora e banca de embalagem.

2.1.2.1 Desenrolador duplo

Constituído de dois mandris expansíveis em paralelo, a expansão abrange a variação de diâmetros de 430 a 540 mm, os mandris são escorados em uma estrutura que gira 180° em uma torre vertical. As duas posições de trabalho são travadas mecanicamente através de um cilindro pneumático.

2.1.2.2 Corte e emenda

Constituída de uma máquina de solda por arco elétrico MIG e um alimentador, onde é feita a solda das extremidades do rolo de fita metálica, utilizado como matéria prima, para garantir a continuidade do processo de produção.

2.1.2.3 Acumulador horizontal de rolo

O equipamento acumulador de rolo consiste basicamente em enrolar uma bobina na posição horizontal pelo externo sobre uma mesa rotativa e alimentar a linha puxando a outra extremidade pelo interno, este sistema tem a função de enrolar vários rolos de fita metálica emendados entre si.

2.1.2.4 Formadora

É constituída por uma mesa de guia de entrada com um par de rolos horizontais reguláveis de acordo com a largura do rolo para guiar a fita metálica até a primeira passagem, 6 passagens de rolos com fechamento vertical e 5 passagens de rolos com fechamento horizontal que tem a função de formação da fita metálica em tubo de seção circular, os rolos superiores e inferiores são acionados por motor, redutor e eixos cardans.

2.1.2.5 Sistema de solda

Constituída de uma guia de fenda rotativa, placa de solda, cortador de rebarba acionado por um sistema hidráulico, enrolador de refilo de solda com mandril expansível, dois roletes de fechamento vertical para acabamento da solda, e um gerador para solda de alta frequência.

2.1.2.6 Canal de resfriamento

Constituído de um canal por onde o tubo soldado passa imerso em óleo solúvel e guiado por roletes reguláveis de acordo com a bitola do tubo.

2.1.2.7 Calibradora e Cabeça turca

É constituída por 3 passagens de rolos com fechamento vertical e 3 passagens de rolos com fechamento horizontal que tem a função de calibração do

tubo seção circular, e começa a formar o perfil quadrado ou retangular, os rolos superiores e inferiores são acionados por motor, redutor e eixos cardans.

A cabeça turca é constituída de 3 passagens com placas com regulagem angular e de altura, mancais para suportar os roletes com regulagem radial independente. Tem a função de endireitamento, formar o perfil quadrado e retangular e calibração do tubo formado.

2.1.2.8 Serra de corte

Constituído de um carro voador para acompanhar a velocidade da linha de produção e um cabeçote de corte onde a lâmina é montada, permite as regulagens dos parâmetros de avanço e rotação para realização do corte do tubo nos comprimentos pré-determinados.

2.1.2.9 Mesa aceleradora

Constituído de uma mesa de roletes acionados por um sistema de transmissão de correntes, tem a função de transportar o tubo até a banca de embalagem.

2.1.2.10 Banca de embalagem

Constituída por uma mesa transportadora de tubos para levar o tubo até a banca onde o fardo é formado automaticamente, e uma mesa de transferência para levar o tubo da banca até a esteira onde o tubo é amarrado, posteriormente a amarração essa esteira transporta o fardo para pesagem.

2.2 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o processo de produção de tubos com costura, especificação do equipamento em questão para objeto de pesquisa e o

detalhamento dos conjuntos que compõe a formadora de tubos, sendo assim possível explicitar inicialmente algumas funções básicas.

3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC

A manutenção centrada em confiabilidade – MCC é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Esta começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e consequências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e onde podemos identificar consequências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados.

A MCC é a prática que vem sendo adotada pelas empresas de classe mundial, como forma de garantir sua competitividade e a consequente perpetuação no mercado, a manutenção passa a ser uma função estratégica das empresas que podem gerar resultados positivos de desempenho dos sistemas que garantam ao mesmo tempo confiabilidade e custos competitivos. LAFRAIA (2001).

3.1 HISTÓRIA DA MCC

A origem da manutenção centrada em confiabilidade está relacionada aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolveram após a segunda Guerra Mundial. No campo tecnológico, foram decisivas as pesquisas iniciadas pela indústria bélica americana seguidas pela automação industrial em escala mundial, viabilizadas pela evolução da informática e telecomunicações, presentes em todos os aspectos da sociedade atual.

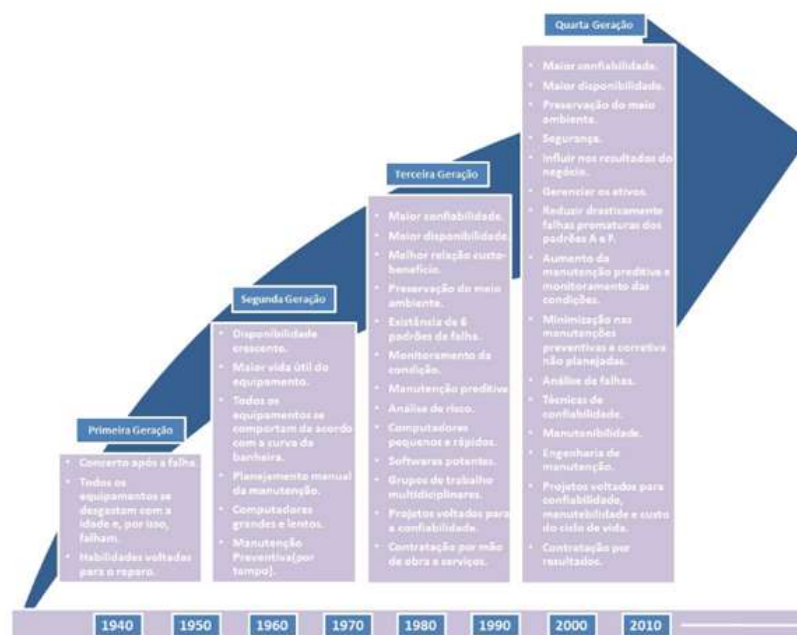
Na década de 60 a indústria aeronáutica americana obteve resultados favoráveis da metodologia que motivaram sua adoção crescente pelo setor elétrico mundial, expandindo-se para outros setores produtivos, entre eles as usinas nucleares, a construção civil, a indústria química, de refino e extração de petróleo, indústria de gás, instalações de bombeamento, siderurgias, celulose, papel, alimentação, mineração, transporte e até hospitais.

No campo social, este movimento resultou na dependência da sociedade contemporânea em relação aos métodos automáticos de produção. Sua dimensão

atingiu níveis suficientes para afetar o meio ambiente e a própria segurança física dos seres humanos. Em paralelo, evoluiu a consciência mundial da importância da preservação dos recursos naturais, aliado a uma necessidade ascendente de garantia de segurança física. Na atualidade, exige-se que os processos de projeto e manutenção dos meios de produção atendam altos níveis de disponibilidade e segurança.

A partir de 1930, a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações, conforme mostrado na figura 3.1. PINTO & XAVIER (2009).

Figura 3.1 - Evolução da manutenção



Fonte: Adaptado PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif (2009).

A primeira geração abrange o período antes da segunda guerra mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples, e na sua grande maioria, superdimensionados.

Aliado a tudo isto, devido à conjuntura da época, a questão da produtividade não era prioritária. Consequentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada; apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente, corretiva não planejada.

A Segunda Geração ocorre entre os anos de 50 e 70 do século passado, portanto após a segunda grande guerra. As pressões do período da guerra aumentaram por todo tipo de produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de

mão de obra industrial diminuiu sensivelmente, como consequência, naquele período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais.

Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isto na busca da maior produtividade; a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à ideia de que falhas dos equipamentos poderiam e deveria ser evitado, o que resultou no conceito de manutenção preventiva.

A Terceira Geração na década de 70 acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção, que sempre diminuiu a capacidade de produção, aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos, era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas *Just-in-time*, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica.

Na Terceira Geração reforçaram-se o conceito e a utilização da manutenção preditiva. O avanço da informática permitiu a utilização computadores pessoal velozes e o desenvolvimento de softwares potentes para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção.

O conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicado pela Engenharia e na Manutenção. O processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade, apoiado nos estudos de confiabilidade da indústria aeronáutica, tem sua implantação iniciada na década de 90 no Brasil.

Os novos projetos buscam uma maior confiabilidade, contudo a falta de interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação, impedia que os resultados fossem melhores e, em consequência, as taxas de falhas prematuras (mortalidade infantil) eram elevadas.

Na Quarta Geração algumas expectativas em relação a manutenção existentes na terceira geração continuam a existir na quarta geração. A disponibilidade é uma das medidas de desempenho mais importantes da manutenção, senão a mais importante. A confiabilidade dos equipamentos é um fator de constante busca pela manutenção. A consolidação das atividades de engenharia da manutenção, dentro da estrutura organizacional da manutenção,

tem na garantia da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência.

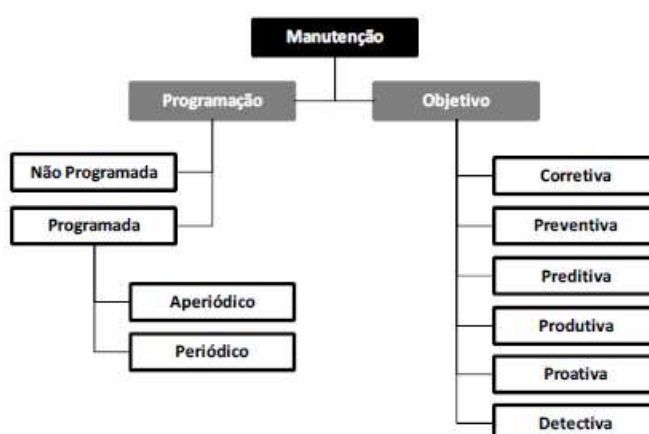
A prática de análise de falhas é uma metodologia consagrada como uma prática capaz de melhorar o desempenho dos equipamentos e da empresa, por consequência.

Com o objetivo de intervir cada vez menos na planta, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condição de equipamentos e do processo são cada vez mais utilizadas. Em consequência, há uma tendência de redução na aplicação da manutenção preventiva ou programada, desde que ela promove a paralisação dos equipamentos e sistemas, impactando negativamente na produção. O mesmo acontece em relação à manutenção corretiva não planejada, que se torna um indicador da ineficácia da manutenção. PINTO & XAVIER (2009).

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção segundo Siqueira (2005), desde sua concepção, têm sido classificadas de acordo com a forma de programação e o objetivo das tarefas executadas, conforme mostra a figura 3.2.

Figura 3.2 - Classificação da manutenção



Fonte: Adaptado SIQUEIRA, Yoni Patriota de (2005).

3.2.1 Quanto à programação

Com relação a programação, são comuns as classes de manutenção programada e não-programada para designar, respectivamente, as atividades executadas obedecendo a critérios de tempo e condições pré-definidas e as executadas em função da necessidade. As manutenções programadas podem ser periódicas se realizadas em intervalos fixos de tempo ou aperiódicas quando realizadas a intervalos variáveis, ou dependendo de oportunidades. SIQUEIRA (2005)

3.2.2 Quanto aos objetivos

Os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Seis categorias são normalmente identificadas, sob este aspecto:

- Manutenção Reativa ou Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Produtiva;
- Manutenção Detectiva.

A manutenção corretiva ou reativa destina-se a corrigir falhas que já tenham ocorrido, enquanto a manutenção preventiva tem o propósito de prevenir e evitar as consequências das falhas. A manutenção preditiva busca a previsão ou antecipação da falha; medindo parâmetros que indiquem a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas. Similarmente, a manutenção detectiva procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não sejam percebidas. A manutenção produtiva objetiva garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos. Finalmente, na manutenção proativa, a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa de melhoria contínua. SIQUEIRA (2005)

3.3 METODOLOGIA APLICADA NA MCC

A MCC é uma metodologia sistemática usada para otimizar as estratégias de manutenção. Esse processo procura obter respostas corretas e precisas a um conjunto de sete questões básicas, são elas:

- 1) Quais são as funções e padrões de desempenho associados a um ativo físico no seu presente contexto operacional?
- 2) De que modo este ativo físico falha em cumprir suas funções?
- 3) O que causa cada falha funcional?
- 4) O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5) De que forma cada falha importa?
- 6) O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- 7) O que deve ser feito para prevenir cada falha?

Para responder cada questão, a MCC utiliza muito métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, algumas tradicionais, outras recentes e modernas, seguindo uma sequência estruturada e bem documentada.

3.3.1 Definições

O processo de MCC e a utilização das ferramentas de apoio exigem inicialmente um perfeito entendimento de uma série de definições associadas à falhas e desempenhos dos itens físicos. Portanto serão apresentadas algumas definições fundamentais para o desenvolvimento da MCC, segundo SIQUEIRA, 2005.

3.3.1.1 Funções

Função é o que o usuário deseja que o item ou sistema faça dentro de um padrão de desempenho especificado. É o principal produto da primeira etapa da metodologia MCC, as definições das funções são necessárias à identificação das atividades de manutenção recomendadas para cada sistema.

Como regra geral, devem-se identificar as funções em sua ordem de importância, observando os seguintes aspectos:

- Segurança pessoal e dos operadores;
- Meio ambiente;
- Operação da instalação;
- Economia do processo;
- Instrumentação e controle.

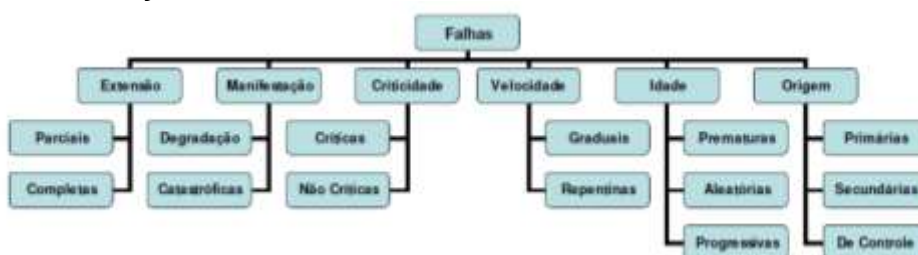
A identificação das funções dos sistemas consiste de uma descrição textual, que contém obrigatoriamente sua finalidade ou objetivo e, se possível, os limites aceitáveis de qualidade neste objetivo.

As funções podem ser classificadas em funções secundárias e o processo da MCC será sempre iniciado pelas funções principais. A função principal de um item físico está associada à razão pela qual o ativo foi adquirido. O objetivo principal da manutenção é assegurar o desempenho mínimo das funções principais, na maioria das vezes, os itens físicos realizam outras funções além das principais. Essas funções são chamadas de funções secundárias e podem ser divididas nas seguintes categorias: integridade ambiental, segurança, integridade estrutural, controle, armazenamento, conforto, aparência, proteção, economia, eficiência, contenção, higiene, medição e supérfluos.

3.3.1.2 Falhas

Uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar sua função requerida ou esperada. Prevenir e corrigir falhas constitui os objetivos principais da manutenção para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. As falhas podem ser classificadas sobre vários aspectos, conforme figura 3.3. SIQUEIRA (2005)

Figura 3.3 - Classificação das falhas



Fonte: Adaptado SIQUEIRA, Yoni Patriota de (2005).

Quanto à origem:

Falhas podem ter origem primária, quando decorrem de deficiências próprias de um componente, dentro dos limites normais de operação; ou origens secundárias se derivam de operação fora dos limites normais, tais como sobre cargas, descargas atmosféricas, etc. Falhas de comando se originam de ordens errôneas do operador ou uso inadequado pelo usuário.

Quanto à extensão:

De acordo com sua extensão, as falhas podem ser parciais, quando resultam do desvio de algumas características funcional do item, além dos limites especificados, mas sem perda total da sua funcionalidade; ou falhas completas, quando provocam a perda total da função requerida do item.

Quanto à velocidade:

Falhas podem ser classificadas, segundo a rapidez com que ocorrem, em falhas graduais, quando podem ser percebidas ou previstas por uma inspeção antes que ocorram, e falhas repentinas, em caso contrário. Esta definição será importante quando do estudo das atividades preventivas e preditivas preconizadas pela MCC.

Quanto à manifestação:

Outra classificação de falhas refere-se à forma de manifestação, a qual pode ocorrer por degradação, quando ela ocorre simultaneamente de forma gradual e parcial, podendo tornar-se completa ao longo do tempo, ao contrário das falhas catastróficas, que ocorrem simultaneamente de forma repentina e completa. Existem ainda as falhas intermitentes que persistem por tempo limitado, após o qual o item se recupera aparentemente sem qualquer ação externa.

Quanto à criticidade:

As falhas podem também ser classificadas segundo sua criticidade. Falhas crítica seriam aquelas que produzem condições perigosas ou inseguras para quem

usa, mantém ou depende do item, ou que podem causar grandes danos materiais ou ambientais. As falhas não-criticas seriam aquelas que não provocam estes efeitos. Esta forma de classificação será importante na lógica de definição das atividades de manutenção.

Quanto à idade:

Falhas influem na vida útil ou produtiva de um item. Sobre este aspecto, as falhas podem ser classificadas em prematuras, quando ocorrem durante o período inicial de vida do equipamento, geralmente associadas a defeitos grosseiros de fabricação; ou aleatórias, quando ocorrem de maneira imprevisível, durante todo o período de vida útil, como resultado do processo de desgaste, deterioração e envelhecimento do item.

Para os objetivos da MCC, as falhas são classificadas conforme figura 3.4.

- Falha funcional: definida pela incapacidade de um item desempenhar uma função específica dentro de limites desejados de desempenho. As falhas funcionais podem ser classificadas em:

- Falha evidente: detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal;

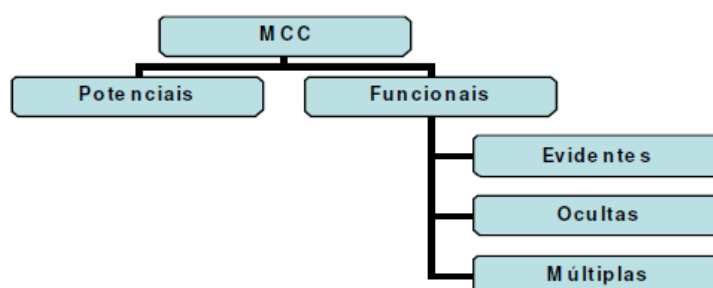
- Falha oculta: não pode ser detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal;

- Falha múltipla: combinação de um falha oculta somada a uma segunda falha que a torne evidente.

- Falha potencial: definida como uma condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência.

SIQUEIRA (2005)

Figura 3.4 - Classificação das falhas para os objetivos da MCC



Fonte: Adaptado SIQUEIRA, Yoni Patriota de (2005).

3.3.1.3 Modos de falha

Um modo de falha é definido como qualquer evento que causa uma falha funcional, ou seja, uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho.

A identificação dos modos de falha de um item físico é um dos passos mais importantes no desenvolvimento de qualquer programa que pretenda assegurar que o ativo continue a executar suas funções previstas. Quando em um sistema ou processo cada modo de falha foi identificado, torna-se possível verificar suas consequências e planejar ações para corrigir ou prevenir o a falha. Na prática, dependendo da complexidade de um item físico, do contexto operacional e do nível em que está sendo feita a análise, normalmente são listados vários modos de falha como causas da falha funcional. Alguns dos modos de falha típicos que podem gerar falha funcional são: fratura, separação, deformação, desgaste, abrasão, desbalanceamento, rugosidade, desalinhamento, trincamento, deficiências da manutenção, etc. SIQUEIRA (2005)

3.3.1.4 Causa da falha

A causa da falha representa os eventos que geram o aparecimento do modo de falha e pode ser de projeto, defeito do material, deficiência durante o processamento ou fabricação dos componentes, defeitos de instalação e montagem, condições de serviço não previstas ou fora da especificação de projeto, operação indevida. SIQUEIRA (2005)

3.3.1.5 Efeitos da falha

Os efeitos da falha é o que acontece quando um modo de falha ocorre. Esta definição evidencia a finalidade do estudo dos efeitos das falhas: pesquisar os impactos dos modos de falha nas funções do sistema e na instalação. Através desse estudo, será possível definir as consequências das falhas. SIQUEIRA (2005)

3.3.1.6 Consequências da falha

As falhas podem afetar a produção, a qualidade do serviço ou do produto, a segurança e o meio ambiente, podendo incorrer em aumento do custo operacional e do consumo de energia. A natureza e a severidade dessas consequências orientam a maneira como será vista a falha.

A combinação do contexto operacional, dos padrões de desempenho e dos efeitos indica que cada falha tem um conjunto específico de consequência e a elas associadas, se tais consequências forem muito severas, grandes esforços deverão ser realizados para evitar ou reduzir a falha. Porém, falhas que provocam pequenas consequências não requerem que medidas proativas sejam tomadas, nesses casos, é mais sensato corrigir a falha após a ocorrência. SIQUEIRA (2005)

3.3.1.7 Severidade

O critério de severidade quantifica a gravidade da falha potencial, analisando a consequência da falha e seu impacto no sistema. SIQUEIRA (2005)

3.3.1.8 Grau de risco

O grau de risco é um índice que prioriza as ações a serem tomadas sobre os modos de falha. Esse índice permite uma hierarquização dos modos de falhas, que podem ser classificadas em ordem decrescente de criticidade. SIQUEIRA (2005)

3.3.2 Sequência de implementação

- 1 – Seleção do Sistema e Coleta de informação;
- 2 – Análise de Modos de falhas e Efeitos;
- 3 – Seleção de funções significantes;
- 4 – Seleção de Atividades Aplicáveis;
- 5 – Avaliação de Efetividade das atividades;
- 6 – Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- 7 – Definição da Periodicidade das Atividades;

3.3.3A Manutenção Centrada em Confiabilidade e a FMEA

3.3.3.1 Análise de Modos e Efeitos de Falha - FMEA

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*) é uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identificar e/ou antecipar as causas e efeitos de cada modo de falha de um sistema ou produto. A análise resulta em ações corretivas, classificadas de acordo com sua criticidade, para eliminar ou compensar os modos de falha e seus efeitos.

A FMEA pode ser usada também como ferramenta de comunicação para identificar a importância das características do Produto e do Processo e suas funções e os efeitos das falhas.

Alguns benefícios de aplicação da FMEA são:

- Redução do tempo de ciclo de um produto;
- Redução do custo global de projetos;
- Melhorar o programa de testes de produto;
- Reduzir falhas potenciais em serviço;
- Reduzir riscos do produto para o consumidor;
- Desenvolver uma metodologia para a prevenção de defeitos ao invés de detecção e correção.

A principal característica da FMEA é ser um processo indutivo, “de baixo para cima”. Sua aplicação requer:

- Conhecimento da técnica da FMEA;
- Conhecimento do produto ou sistema;
- Conhecimento das funções do produto;
- Conhecimento do meio de aplicação do produto;
- Conhecimento do processo de fabricação;
- Conhecimento dos requisitos dos clientes;
- Conhecimento dos requisitos dos clientes quanto suas falhas.

LAFRAIA (2001).

3.3.3.2 Identificação das falhas funcionais

Uma falha é definida como a perda de uma função.

Uma falha funcional é definida como a incapacidade de qualquer item em atingir o padrão de desempenho esperado. Os padrões de desempenho devem ser estabelecidos em conjunto pela engenharia, produção e manutenção, no caso de uma FMEA realizada durante uma análise de MCC.

O objetivo principal da MCC é preservar as funções do sistema, enquanto na manutenção tradicional o objetivo é preservar o equipamento.

Na MCC, o fato de que as funções não são todas iguais é enfatizada e as falhas são priorizadas em função das consequências da perda da função do item. LAFRAIA (2001).

3.3.3.3 Identificação dos modos de falhas

O Modo de Falha é a descrição da maneira pela qual um item falha em cumprir com sua função.

Para a elaboração do FMEA, deve-se identificar os modos de falha que podem levar à falha funcional. Não se deve tentar listar todos os modos de falha possíveis; levar em consideração sua probabilidade de ocorrência.

No caso da FMEA aplicada à MCC, a gerência da manutenção é feita em nível do modo de falha, enquanto na manutenção tradicional a gerência da manutenção é feita em nível de componente ou equipamento. LAFRAIA (2001).

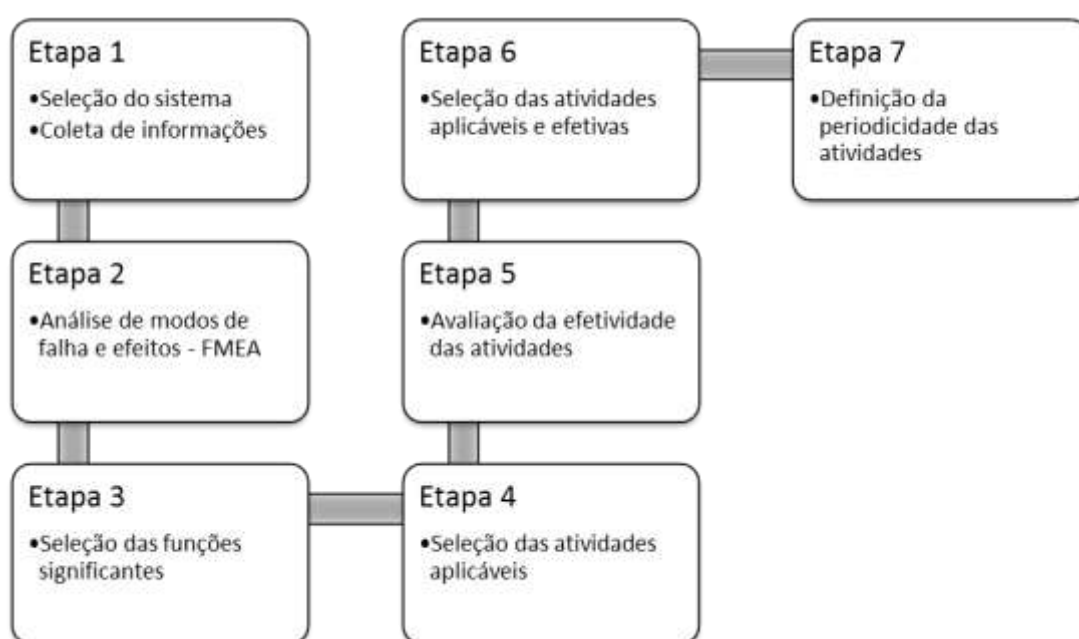
3.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram abordados os principais conceitos relacionados a MCC, explanadas as definições relacionadas à manutenção sendo possível explicitar as principais metodologias e ferramentas para implantação da MCC, fundamentadas na bibliografias e normas utilizadas na prática.

4 DESENVOLVIMENTO

As etapas de implementação da MCC, conforme figura 4.1, servirá para orientação, onde em cada uma destas são utilizadas ferramentas de modelagem ou análise de sistemas, destinadas para responder e documentar os critérios e respostas a cada questão da MCC.

Figura 4.1 - Etapas de implementação da MCC



Fonte: Adaptado de Siqueira (2005)

4.1 SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

O sistema formadora de tubos tem como função principal produzir tubos redondos, retangulares e quadrados, conforme especificação do quadro 2.1, é operado por 3 pessoas, sendo 1 operador responsável por abastecer o equipamento que contempla os conjuntos desenrolador e corte e emenda, o segundo operador é responsável por operar os conjuntos de formação do tubo, sistema de soldagem, calibração e serra voadora e o terceiro operador tem a responsabilidade de operar a banca de embalagem automática e finalizar o processo de produção com pesagem do fardo produzido. Conforme figura 4.2, é possível verificar o diagrama do

equipamento que contempla a hierarquia dos conjuntos e subconjuntos e suas interfaces.

Figura 4.2 - Diagrama organizacional da hierarquia e caracterização das fronteiras e interfaces entre os conjuntos

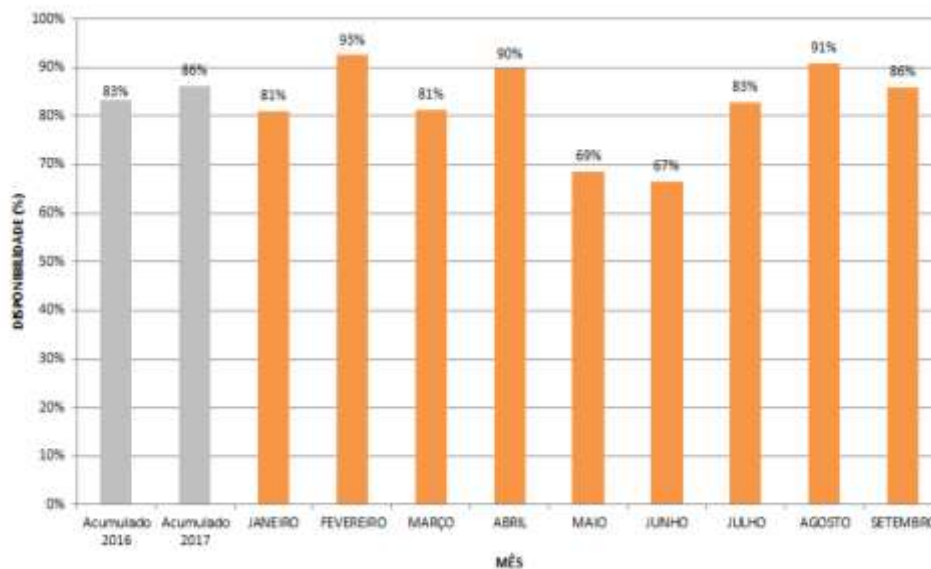


Fonte: O autor (2017)

A coleta dos dados de paradas da formadora de tubos MTU-130 foi realizada a partir do banco de dados do sistema informatizado utilizado na ArcelorMittal Contagem, os indicadores de manutenção disponibilidade e MTBF foram calculados baseadas nas informações do histórico de manutenção do período de janeiro de 2016 a setembro de 2017.

Conforme o gráfico 4.1 de disponibilidade, neste período é possível verificar uma variação do resultado mensal onde o melhor resultado atingido foi de 93% de disponibilidade.

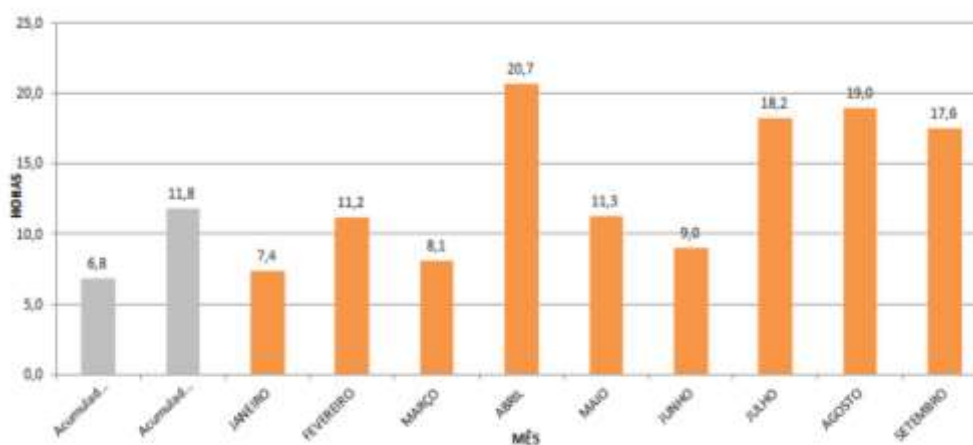
Gráfico 4.1 - Disponibilidade geral da formadora de tubos MTU-130



Fonte: O autor (2017)

Conforme o gráfico 4.2, neste período é possível verificar uma variação considerável do resultado mensal onde o melhor resultado atingido foi de 20,7 horas de MTBF.

Gráfico 4.2 - MTBF geral da formadora de tubos MTU-130

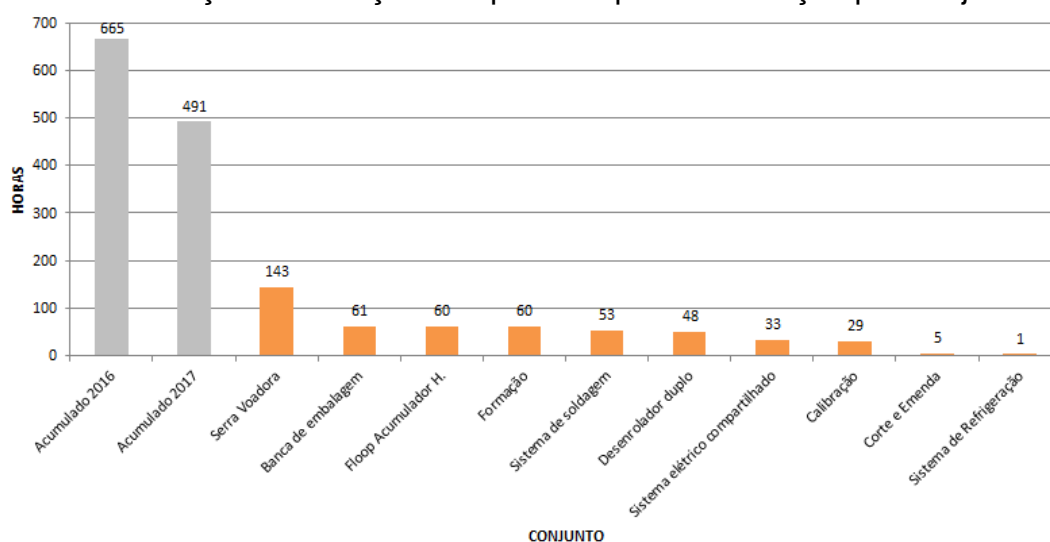


Fonte: O autor (2017)

A duração das paradas por manutenção ou o tempo de parada de manutenção influencia diretamente no resultado da disponibilidade do equipamento,

ao realizar a estratificação da duração de parada por conjunto é possível direcionar o foco para os problemas que tem maior impacto neste resultado. Conforme o gráfico 4.3, em 2017 é possível verificar que os 5 conjuntos que mais impactaram negativamente, no resultado para atingir a disponibilidade acumulada em 2017, conforme gráfico 4.1, até o mês de setembro de 86%, onde a meta de disponibilidade para a formadora de tubo é 95%, foram os conjuntos Serra voadora, Banca de embalagem, Floop acumulador horizontal, Formação e sistema de soldagem, responsáveis por 376 horas de parada que é equivalente a 76% das paradas da formadora de tubo MTU-130.

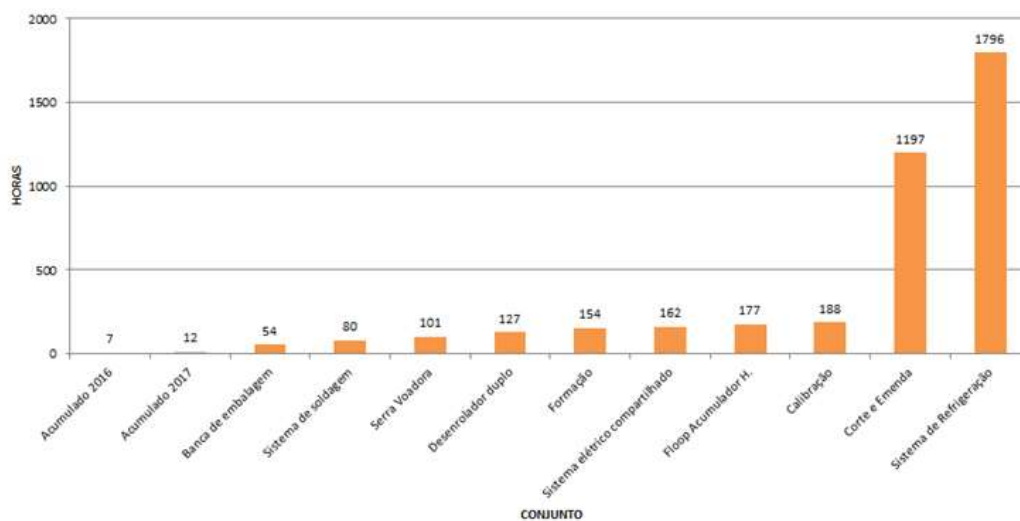
Gráfico 4.3 - Estratificação da duração das paradas por manutenção por conjunto



Fonte: O autor (2017)

O número de falhas do equipamento influencia diretamente no resultado do MTBF, tempo entre falhas, ao realizar a estratificação do número de falhas por conjunto, conforme gráfico 4.4, é possível verificar que os três conjuntos que mais impactam neste indicador de manutenção são a Banca de embalagem, Sistema de soldagem e Serra voadora. Estes são responsáveis por 55% das falhas que ocorrem na formadora de tubos MTU-130.

Gráfico 4.4 - Estratificação do tempo entre falhas por conjunto



Fonte: O autor (2017)

Sendo assim, analisando os dados do histórico de manutenção, focando a implementação da MCC inicialmente nos conjuntos Banca de embalagem, Serra voadora e Formação será possível obter um melhor resultado nos dois indicadores de manutenção, disponibilidade e MTBF, onde o conjunto serra voadora e banca de embalagem geram maiores impactos nos indicadores de disponibilidade e MTBF, e o conjunto formadora gera maior impacto na disponibilidade quando comparado com o sistema de solda, enquanto o conjunto Floop acumulador horizontal gera baixo impacto no MTBF do equipamento quando comparado com os demais conjuntos e o conjunto desenrolador gera baixo impacto para a disponibilidade do equipamento quanto comparado com os demais conjuntos.

4.2 ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS – FMEA

Na segunda etapa de implementação, foram identificadas as funções principais e secundárias de todos os conjuntos e subconjuntos que compõem o sistema formadora de tubos. Os quadros 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 detalham as funções.

Quadro 4.1 – Funções dos conjuntos desenrolador duplo e corte e emenda

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
DESENROLADOR DUPLO	SUPPORTAR E DESENROLAR ROLOS DE ESPESSURA NA FAIXA DE 1,50 MM A 4,75 MM COM LARGURA MÁXIMA DE 402 MM E PESO MÁXIMO 10t, DIÂMETRO INTERNO DO MIOLO DE 500MM	SISTEMA HIDRÁULICO	1º) TRANSMITIR FORÇA PARA OS ATUADORES HIDRAULICOS DO DESENROLADOR ATRAVES DA COMPRESSÃO DE FLUIDOS HIDRAULICOS COM PRESSÃO DE TRABALHO DE 100 BAR.
		CARRO TRANSPORTADOR DE ROLO	1º) TRANSPORTAR ROLO DE 10t ATÉ O MANDRIL DO DESENROLADOR NAS LARGURAS DE 239MM ATÉ 402MM
		MANDRIL	1º) TRACIONAR O ROLO ATÉ O CORTE E EMENDA 2º) MANTER TENSIONADO O ROLO 3º) SUPPORTAR E FIXAR OS ROLOS A PARTIR DO MIOLO DE DIÂMETRO DE 500MM
		ESTRUTURA CENTRAL	1º) SUPPORTAR OS CONJUNTOS, MANDRIL E BRAÇO DE APOIO
		PAINEL DE COMANDO	1º) TRANSMITIR COMANDO DO OPERADOR PARA ACIONAMENTO DOS DEMAIS SUBCONJUNTOS
CORTE E EMENDA	SOLDAR AS DUAS EXTREMIDADES DO ROLO DA FITA METÁLICA DE ESPESSURA DE 1,50MM ATÉ 4,75MM GARANTINDO A CONTINUIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO	APLAINADOR	1º) APLAINAR A CHAPA MANTENDO A SUA PLANICIDADE
		MECANISMO DE SOLDA	1º) REALIZAR SOLDA DE EMENDA DAS EXTREMIDADES DA CHAPA
		SISTEMA HIDRÁULICO	1º) TRANSMITIR FORÇA PARA OS ATUADORES HIDRÁULICOS DO DESENROLADOR ATRAVES DA COMPRESSÃO DE FLUIDOS HIDRAULICOS COM PRESSÃO
		PAINEL DE COMANDO	1º) TRANSMITIR COMANDO DO OPERADOR PARA ACIONAMENTO DOS DEMAIS SUBCONJUNTOS

Fonte: o autor (2017)

Quadro 4.2 – Funções dos conjuntos acumulador horizontal e formação

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
FLOOP - ACUMULADOR HORIZONTAL DE ROLO	ACUMULAR ATÉ 6t DE ROLO PARA ABASTECIMENTO DA FORMADORA, MANTENDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUO MESMO DURANTE AS OPERAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE BOBINAS.	ACIONAMENTO CENTRAL	1º) REALIZAR O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO DA MESA CENTRAL DO FLOOP
		TRACIONADOR DE ENTRADA	1º) TRANSFERIR O MOVIMENTO DO ACIONAMENTO ATRAVÉS DE ENGRENAGENS E CARDANS PARA OS MECANISMOS DE FORMAÇÃO
		MESA DO FLOOP	1º) SUPORTAR E ACUMULAR ROLOS NA POSIÇÃO HORIZONTAL
		SISTEMA HIDRAULICO DO FLOOP	1º) REALIZAR A PASSAGEM DA CHAPA DO FLOOP PARA A FORMAÇÃO 2º) CENTRALIZAR A CHAPA PARA QUE REALIZE A PASSAGEM DENTRO DA LINHA DE CENTRO
		GUIA DE SAÍDA	1º) REALIZAR A PASSAGEM DA CHAPA DO FLOOP PARA A FORMAÇÃO 2º) MANTER A CHAPA CENTRALIZADA
		PAINEL DE COMANDO	1º) TRANSMITIR COMANDO DO OPERADOR PARA ACIONAMENTO DOS DEMAIS SUBCONJUNTOS
FORMAÇÃO	CONFORMAR A CHAPA PLANA EM TUBOS REDONDOS COM Ø 76,20 A 127,00 MM	ACIONAMENTO	1º) REALIZAR O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO 2º) REDUZIR A ROTAÇÃO E AUMENTAR O TORQUE
		TRANSMISSÃO	1º) TRANSFERIR O MOVIMENTO DO ACIONAMENTO ATRAVÉS DE ENGRENAGENS E CARDANS PARA OS MECANISMOS DE FORMAÇÃO
		GUIA DE ENTRADA	1º) REALIZAR A PASSAGEM DA CHAPA DO FLOOP PARA A FORMAÇÃO 2º) MANTER ACENTRALIZAÇÃO DA CHAPA
		MECANISMO DE FORMAÇÃO	1º) CONFORMAR A CHAPA ATRAVÉS DAS 7 PASSAGENS DE ROLOS VERTICAIS INFERIORES E SUPERIORES 2º) GUIAR A CHAPA ENTRE AS 7 PASSAGENS COM ROLOS HORIZONTAIS

Fonte: o autor (2017)

Quadro 4.3 – Funções dos conjuntos sistema de soldagem e sistema de refrigeração

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
SISTEMA DE SOLDAGEM	REALIZAR A SOLDAGEM DAS EXTREMIDADES DO TUBO EM SEU EIXO LONGITUDINAL ATRAVÉS DO AQUECIMENTO DA REGIÃO DE SOLDA PELO SISTEMA DE INDUÇÃO POR ALTA FREQUENCIA EM REGIME CONTÍNUO DE PRODUÇÃO.	GERADOR DE SOLDA POLITRON	1º) GERAR ALTA TENSÃO (9000V) PARA EXECUTAR A SOLDA POR INDUÇÃO
		PLACA DO BLOCO DE SOLDA	1º) SUPORTAR OS ROLOS DE SOLDA
		REFRIGERAÇÃO DO GERADOR DE SOLDA POLITRON	1º) REFRIGERAR OS COMPONENTES INTERNOS DO GERADOR DE SOLDA
		REMOÇÃO EXTERNA	1º) REMOVER O EXCESSO DE MATERIAL EXTERNO PROVENIENTE DA SOLDA
		REMOÇÃO INTERNA	1º) REMOVER O EXCESSO DE MATERIAL INTERNO PROVENIENTE DA SOLDA
		SISTEMA DE EXAUSTÃO	1º) RETIRAR OS GASES PROVENIENTES DO SISTEMA DE SOLDA E METALIZAÇÃO
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	RESFRIAR A ZONA TERMICAMENTE AFETADA PELA	CONJUNTO DE BOMBAS	1º) BOMBEAR ÓLEO SOLUVEL COM UMA PRESSÃO DE 6 BAR PARA O SISTEMA DE FORMAÇÃO, CALIBRAÇÃO, SOLDA E TANGUE

	SOLDAGEM DO TUBO (REGIÃO DA SOLDA) CONTINUAMENTE. DISTRIBUIR ÓLEO SOLÚVEL PARA REFRIGERAÇÃO DO FERRAMENTAL DA FORMAÇÃO E CALIBRAÇÃO.	CANAL DE RESFRIAMENTO	1º) RESFRIAR O TUBO APÓS A SOLDA
		TANQUE	1º) ACUMULAR O ÓLEO SOLÚVEL DE REFRIGERAÇÃO
		TROCADOR DE CALOR SIST. DE REFRIGERAÇÃO	1º) RESFRIAR O ÓLEO SOLÚVEL QUE SAI DO CANAL DE RESFRIAMENTO

Fonte: o autor (2017)

Quadro 4.4 – Funções dos conjuntos calibração e sistema de inspeção *eddy current*

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
CALIBRAÇÃO	CALIBRAR O DIMENSIONAL E A GEOMETRIA DO TUBO CONFORME TOLERÂNCIA DEFINIDA PELO PROJETO DO FERRAMENTAL.	ACIONAMENTO	1º) REALIZAR O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO ATRAVÉS DE POLIAS E MOTORES 2º) REDUZIR A ROTAÇÃO E AUMENTAR O TORQUE ATRAVÉS DO REDUTOR
		TRANSMISSÃO	1º) TRANSFERIR O MOVIMENTO DO ACIONAMENTO ATRAVÉS DE ENGRENAGENS E CARDANS PARA OS MECANISMOS DE CALIBRAÇÃO
		MECANISMO DE CALIBRAÇÃO	1º) CONFORMAR A CHAPA ATRAVÉS DAS 3 PASSAGENS DE ROLOS VERTICAIS INFERIORES E SUPERIORES 2º) GUIAR A CHAPA ENTRE AS 3 PASSAGENS COM ROLOS HORIZONTAIS
		CABEÇA TURCA	1º) REALIZAR A CALIBRAÇÃO CONFORME ESPECIFICAÇÃO 2º) AJUSTAR O TUBO DENTRO DAS TOLERÂNCIAS ACEITÁVEIS (+/-0,2MM) 3º) RETIRAR DEFORMAÇÕES
SISTEMA DE INSPEÇÃO EDDY CURRENT	INSPECIONAR A SOLDA REALIZADA PARA IDENTIFICAÇÃO DE DESCONTINUIDADES	CPU DE COMANDO EDDY CURRENT	1º) TRANSMITIR DADOS DA LEITURA DO SENSOR
		SISTEMA DE INSPEÇÃO EDDY CURRENT	1º) IDENTIFICAR FALHAS NO CORDÃO DE SOLDA

Fonte: o autor (2017)

Quadro 4.5 – Funções do conjunto Serra voadora

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
SERRA VOADORA	CORTAR OS TUBOS TRANSVERSAMENTE COM COMPRIMENTO DE 4000 A 12000 MM (-0 / + 30 MM).	SISTEMA HIDRÁULICO	1º) TRANSMITIR FORÇA PARA OS ATUADORES HIDRÁULICOS DO DESENROLADOR ATRAVÉS DA COMPRESSÃO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS COM PRESSÃO 2º) GERAR PRESSÃO DE TRABALHO PARA A ATUAÇÃO DOS MORDENTES E O MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO DA SERRA, COM A PRESSÃO MÁXIMA DE 180 BAR E MÍNIMA DE 40 BAR COM O ÓLEO HIDRÁULICO ISO VG 68 E COM TEMPERATURA MÍNIMA DE 10° E MÁXIMA DE 40°
		MECANISMO DE CORTE	1º) FIXAR O TUBO E EFETUAR O CORTE COM AS MEDIDAS ESPECIFICADAS, COM ESPESURA DO MATERIAL DE 1,50MM A 4,75MM, UTILIZANDO A SERRA COM DIÂMETRO MÁXIMO DE 600MM
		ENCODER	1º) SINCRONIZAR O CARRO DE CORTE COM VELOCIDADE DA LINHA DE FORMAÇÃO 2º) REALIZAR A CONTAGEM EM METROS DO TUBO PRODUZIDO E EMITIR O SINAL PARA INÍCIO DE CORTE.

Fonte: o autor (2017)

Quadro 4.6 – Funções do conjunto banca de embalagem

CONJUNTO	FUNÇÃO DO CONJUNTO	SUBCONJUNTO	FUNÇÃO DO SUBCONJUNTO
BANCA DE EMBALAGEM	ACUMULAR E EMBALAR FARDOS DE TUBOS DE ATÉ 3.000 KG E COMPRIMENTO DE 4.000MM ATÉ 12.000MM	CAMINHO DE ROLOS	1º) TRANSPORTAR TUBOS (COM COMPRIMENTOS ENTRE 4000 A 12000 MM) DA SAIDA DO CARRO DE CORTE ATÉ A MESA DE ACONDICIONAMENTO. 2º) DESCARTAR TUBOS REJEITADOS, FORA DO ESPECIFICADO NA ORDEM DE PRODUÇÃO (VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO, DEFEITOS NA SOLDA, TUBO DE EMENDA DO ROLO E DEFEITOS SUPERFICIAIS).
		MESA DE ACONDICIONAMENTO	1º) IDENTIFICAR TUBOS RETANGULARES PARA REALIZAR O TOMBAMENTO DO TUBO NA ESTEIRA. 2º) EMPILHAR TUBOS FORMANDO FARDOS COM PESO MÁXIMO DE 2000 KG. 3º) FORMAR PACOTES QUADRADOS E RETANGULARES E HEXAGONAIS
		CARRO DE TRANSPORTE E CINTAGEM	1º) TRANSPORTAR FARDOS COM PESO MÁXIMO DE 2.000 KG. 2º) LANÇAR A FITA METÁLICA DE EMBALAGEM E SELAR REALIZANDO A CINTAGEM DOS FARDOS
		SISTEMA DE PESAGEM BANCA DE EMBALAGEM	1º) TRANSPORTAR FARDOS APÓS CINTAGEM PARA SUPORTES DE INCLINAÇÃO PARA LIMPEZA DO ÓLEO SOLUVEL PROVENIENTE DO PROCESSO. 2º) PESAR E ARMAZENAR FARDOS APÓS LIMPEZA.
		PAINEL DE POTÊNCIA	1º) TRANSMITIR ENERGIA ELÉTRICA PARA TODO O CONJUNTO
		PAINEL DE OPERAÇÃO	1º) TRANSMITIR COMANDO DO OPERADOR PARA AÇÃO DOS DEMAIS SUBCONJUNTOS

Fonte: o autor (2017)

Após todas as funções identificadas foi feita a análise dos modos de falhas para os três conjuntos selecionados no capítulo 4.1, Banca de embalagem, Serra voadora e Formação e seus respectivos subconjuntos, será apresentado o FMEA realizado para cada um destes que tem impactos mais relevantes para o resultado de indisponibilidade da formadora de tubos.

As figuras a seguir são referentes ao conjunto da banca de embalagem, ilustram a análise dos modos de falhas de seus subconjuntos.

Figura 4.3 – FMEA do subconjunto mesa de rolos da banca de embalagem

ANÁLISE DE MODO DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)							DATA: 11/09/2017		REV: 001	
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE TUBOS Ø100-130		LOCAL: UNIDADE 1		CENTRO DE CUSTO: DESPESAS		PÁG: 01		DE: 01		
COLUNETA: BANCA DE EMBALAGEM		CÓD: 001		BANCA		SUBCONJUNTO: CARRO DE ROLOS		CÓD: 001		
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Perda da função)	MODO DE FALHA (Forma em que o subconjunto potencialmente falhará)	CAUSAS (Identificação da raíz do problema)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	O	D	IP	H	
1	TRANSPORTAR TUBOS (COM COMPRIMENTOS ENTRE 4000 A 13000 MM) DA SAÍDA DO CARRO DE CORTA ATÉ A MESA DE ACONDICIONAMENTO.	NÃO TRANSPORTAR O TUBO ATÉ A MESA DE ACONDICIONAMENTO	1.1.1	MOTOREDUTOR DO ACONDICIONAMENTO QUEBRADO	-LUBRIFICAÇÃO INSUFICIENTE -ENGRENAGEM DO REDUTOR QUEBRADA -CORDA DO MOTOREDUTOR QUEBRADA	6	3	5	10	
			1.1.2	MOTOR DO ACONDICIONAMENTO QUEIMADO	-CORRENTE COM TRAVAMENTO MECÂNICO -MANCAL DO MOTOR TRAVADO -MOTOR COM ESPINA ABERTA	6	3	5	10	
			1.1.3	ELO DE CORRENTE QUEBRADO	-CORRENTE DE TRANSMISSÃO DESSASTE MECÂNICO POR ATRITO	7	3	5	10	
			1.1.4	DESSASTE DOS ROLOS	-REMOÇÃO DE MATERIAL POR ATRITO	5	3	5	10	
			1.1.5	SENSOR DO BATENTE QUEIMADO	-CONTATO COM ÓLEO SOLÚVEL -BAU CONTATO	7	3	6	10	
2	DESCARTAR TUBOS REJEITADOS, SEGUNDO ESPECIFICADO NA ORDEM DE PRODUÇÃO (VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO, DEFÉITOS NA SOLDA).	NÃO DESCARTAR O TUBO COM DEFÉITO	2.1.1	BRAÇO DE DESCARTE SEM FIXAÇÃO	-MONTAGEM INCORRETA (DIMENSIONAL ERRADO) -COMPROMETIMENTO DOS ELEMENTOS DE FIXAÇÃO -ESFORÇO MECÂNICO -ABERTO INSUFICIENTE	6	2	6	10	

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.4 – FMEA do subconjunto carro de transporte e cintagem da banca de embalagem

ANÁLISE DE MODO DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)							DATA: 11/09/2017		REV: 001	
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE TUBOS Ø100-130		LOCAL: UNIDADE 1		CENTRO DE CUSTO: DESPESAS		PÁG: 02		DE: 02		
COLUNETA: BANCA DE EMBALAGEM		CÓD: 001		BANCA		SUBCONJUNTO: CARRO DE TRANSPORTE E CINTAGEM		CÓD: 001		
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Perda da função)	MODO DE FALHA (Forma em que o subconjunto potencialmente falhará)	CAUSAS (Identificação da raíz do problema)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	O	D	IP	H	
1	TRANSPORTAR FARDOS COM PESO MÁXIMO DE 1.000 KG, EMPILHADOS EM TORÇÕES RETANGULARES (ELO) HEXAGONAIS.	NÃO TRANSPORTAR FARDOS	1.1.1	MOTOREDUTOR DO ACONDICIONAMENTO QUEBRADO	-LUBRIFICAÇÃO INSUFICIENTE -ENGRENAGEM DO REDUTOR QUEBRADA -CORDA DO MOTOREDUTOR QUEBRADA	7	2	5	10	
			1.1.2	MOTOR DO ACONDICIONAMENTO QUEIMADO	-CORRENTE COM TRAVAMENTO MECÂNICO -MANCAL DO MOTOR TRAVADO -MOTOR COM ESPINA ABERTA	7	2	5	10	
			1.1.3	ELO DE CORRENTE QUEBRADO	-EXCESSO DE TENSÃO NA CORRENTE DE TRANSMISSÃO -DESSASTE MECÂNICO POR ATRITO	7	3	6	10	
			1.1.4	SENSOR DE POSICIONAMENTO QUEIMADO	-CONTATO COM ÓLEO SOLÚVEL -BAU CONTATO	6	2	4	10	
			1.1.5	MÁQUINA DE CINTAR TRAVANDO	-ALTA CINTABRANÇÃO POR PARTÍCULAS NA REDE -FALHA NA LUBRIFICAÇÃO -POUQUA LUBRIFICAÇÃO	6	3	5	10	
2	CINTAR FARDOS EM TRÊS A QUATRO PONTOS EQUIDISTANTES.	NÃO CINTAR OS FARDOS	2.1.1	PRESSÃO BAIXA NO SISTEMA PNEUMÁTICO	-REGULAGEM INCORRETA -FALHA DE CARGA NA REDE POR VAZAMENTO	5	2	5	10	
			2.1.2	MÁQUINA DE CINTAR COM DESSASTE NO ROLO	-ATRITO COM A FITA METÁLICA DE EMBALAGEM	6	3	5	10	

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.5 – FMEA do subconjunto sistema de pesagem da banca de embalagem

ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)								DATA: 11/06/2017	
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE TUBOS MTU-130		LOCAL: UNIDADE I		CENTRO DE CUSTO: C089-PCFTU		PÁG: 01		REV: 00.01	
CONJUNTO: BANCA DE EMBALAGEM		COD:		BANCA		SUBCONJUNTO: SISTEMA DE PESAGEM		COD: SARPTE	
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Perda da função)	MODOS DE FALHA (Forma em que o subconjunto potencialmente falhará)	CAUSAS (Identificação da raíz do problema)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	O	D	RP	R
1	TRANSPORTAR FARDOS APÓS CONTAGEM PARA SUPORTES DE INCLINAÇÃO PARA LIMPEZA DO CILINDRO ROTATIVO PROVENIENTE DO PROCESSO.	1.1 NÃO TRANSPORTAR FARDOS PARA O SUPORTE DE LIMPEZA	1.1.1 MOTOR/REDUTOR DO ACOMENTAMENTO QUEBRADO	LUBRIFICAÇÃO INSUFICIENTE ENDEBAGEM DO REDUTOR QUEBRADA COROA DO MOTOR/REDUTOR QUEBRADA	VAZAMENTO DE ÓLEO HIDRÁULICO NO MOTOR/REDUTOR MOTOR EM FUNCIONAMENTO SEM TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO FRATURA NA COROA DO MOTOR/REDUTOR	1	3	4	10
			1.1.2 MOTOR DO ACOMENTAMENTO QUEBRADO	CORRENTE COM TRAVAMENTO MECÂNICO MANCAL DO MOTOR TRAVADO MOTOR COM ESPERA ABERTA	ELO ROMPIDO POR FRATURA FRÁGIL AUMENTO DE TEMPERATURA DO MOTOR	1	3	4	10
			1.1.3 ELO DE CORRENTE QUEBRADO	EXCESSO DE TENSÃO NA CORRENTE DE TRANSMISSÃO DEBASTE MECÂNICO POR ATRESO	ALONGAMENTO DO ELO ROMPIDO DEFORMAÇÃO SUPERFICIAL DO ELO	1	3	4	10
2	PESAR E ARMAZENAR FARDOS APÓS LIMPEZA.	2.1 NÃO PESAR E ARMAZENAR OS FARDOS	2.1.1 BALANÇA EM CURTO	UNIDADE ALTA MAL CONTATO	NÃO APONTAR O PESO	1	3	4	10
			2.1.2 BALANÇA DESREGULADA	CALIBRAÇÃO INCORRETA PIR DA VIDA ÚTIL	INFORMAR PESO INCORRETO	3	2	2	10
			2.1.3 BOLSA DE AR NÃO INFLA	RESSECAMENTO DA BORRACHA OBSTRUÇÃO DA MANGUEIRA PNEUMÁTICA	NÃO INCLINAR O FARDO	2	2	1	10

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.6 – FMEA do subconjunto painel de controle da banca de embalagem

ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)								DATA: 11/06/2017	
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE TUBOS MTU-130		LOCAL: UNIDADE I		CENTRO DE CUSTO: C089-PCFTU		PÁG: 01		REV: 00.01	
CONJUNTO: BANCA DE EMBALAGEM		COD:		BANCA		SUBCONJUNTO: PAINEL DE OPERAÇÃO		COD: PORA	
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Perda da função)	MODOS DE FALHA (Forma em que o subconjunto potencialmente falhará)	CAUSAS (Identificação da raíz do problema)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	O	D	RP	R
1	TRANSMITIR COMANDO DO OPERADOR PARA AÇÃOAMENTO DOS DEMIAR SUBCONJUNTOS	1.1 NÃO ENVIAR O COMANDO	1.1.1 BOTOEIRA COM MAL CONTATO	ROMPIMENTO DOS FIOS CONEXÃO QUEBRA DE FIOS	MÁQUINA FORA DE PRODUÇÃO	3	2	2	10
			1.1.2 FALHA NA HMI	ROMPIMENTO DA TELA HMI MAL CONTATO NA HMI	HMI FORA DE OPERAÇÃO SEM COMUNICAÇÃO VISUAL	3	2	2	10
									0

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.7 – FMEA do subconjunto sistema de acondicionamento da banca de embalagem

ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)								DATA: 11/06/2017	
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE TUBOS MTU-130		LOCAL: UNIDADE I		CENTRO DE CUSTO: C089-PCFTU		PÁG: 01		REV: 00.01	
CONJUNTO: BANCA DE EMBALAGEM		COD:		BANCA		SUBCONJUNTO: MESA DE ACONDICIONAMENTO		COD: MACION	
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Perda da função)	MODOS DE FALHA (Forma em que o subconjunto potencialmente falhará)	CAUSAS (Identificação da raíz do problema)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	O	D	RP	R
1	FORMAR PACOTES QUADRADOS E RETANGULARES E HEXAGONAIS	1.1 NÃO FORMAR PACOTES HEXAGONAIS	1.1.1 PARAFUSO DOS BRAÇOS ARTICULADO QUEBRADO	- FRAÇÃO INEFICIENTE - PIM DE VIDA ÚTIL - SOBRECARGA - MANUTENÇÃO REPEITIVA - MANUTENÇÃO INADEQUADA	- O BRAÇO NÃO CONTEM DE TUBOS DO AMARRADO, ISSO OCORRE A QUEDA DOS MESADOS NA FORMAÇÃO DO AMARRADO. - QUEBRA DE OUTROS COMPONENTES COM A QUEDA DO TUBO.	3	2	2	10
			1.1.2 CORRENTE DE ELEVAÇÃO COM FOLGA	TENSIONAMENTO - DEBASTE DOS ROLIS - PDUCA LUBRIFICAÇÃO	CONDICIONAMENTO. - NÃO REALIZA O ABASTECIMENTO DE TUBOS PARA REALIZAR OS AMARRADOS.	3	4	3	10
			1.1.3 COROA DENTADA EMPENADA	- DEBASTE DOS DENTES - PDUCA LUBRIFICAÇÃO - DESALINHAMENTO	NÃO REALIZAR A TRANSMISSÃO PARA A CORRENTE	3	4	2	10
			1.1.4 BATENTE QUEBRADO	- FALHA NA INSPEÇÃO - DEBASTE DO BATENTE - RESSECAMENTO DO	DAFIMCAR O PRODUTO FINAL.	3	4	2	10
			1.1.5 CILINDRO PNEUMÁTICO DOS BRAÇOS VAZANDO	- DEBASTE DOS REPAROS - AR COMPRIMIDO CONTAMINADO	- NÃO FORMAR O SEXTAVA - O TUBO PODE CAIR DA BANCA, PODENDO OCORRER UM ACIDENTE	3	4	2	10

Fonte: o autor (2017)

As figuras a seguir são referentes ao conjunto da serra voadora, ilustram a análise dos modos de falhas de seus subconjuntos.

Figura 4.8 – FMEA do subconjunto mecanismo de corte da serra voadora

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFETOS (FMEA)							DATA DO CORTESIM				
EQUIPAMENTO		SERRA VOADORA		SERRA		CENTRO DE CORTESIM (COPTE)		ANL.	EF.		
FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		CAUSAS		EFEITO DA FALHA			
		Efeito da falha		Efeito no que é afetado		Identificação de tipo de problema		O que acontece quando falha			
								S	O	D	RPN
1	FIXAR O TUBO E EFETUAR O CORTE COM AS MEDIDAS ESPECIFICADAS, COM ESPESURA DO MATERIAL DE 1,5MM A 4,75MM, UTILIZANDO A SERRA COM DIÂMETRO MÁXIMO DE 900MM.	1.1	NÃO REALIZAR O CORTE	1.1.1	QUEBRA DA LÂMINA DE SERRA	REGULAGEM INCORRETA DE PARÂMETROS AVANÇO DE CORTE REGULAGEM INCORRETA DE PARÂMETROS DE RPM DA LÂMINA DE CORTE	TUBO NÃO É COMPLETAMENTE CORTADO	7	3	2	42
				1.1.2	VAZAMENTO DE ÓLEO DO CILINDRO HIDRÁULICO DOS NORDENTES DA SERRA	ROMPIMENTO DAS CONEXÕES VAZAMENTO DE ÓLEO DAS MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	REBARBA NO TUBO QUEBRA DA LÂMINA DE SERRA	5	4	4	80
				1.1	QUEBRA DO ACOPLAMENTO DO MOTOREDUTOR DE AÇÃOAMENTO DA LÂMINA DE SERRA	INEFICIÊNCIA NA FIXAÇÃO DO ACOPLAMENTO	LÂMINA NÃO ATINGE ROTAÇÃO PARAMETRIZADA	7	3	4	84
				1.1	QUEIMA DO MOTOR DE GIRO DA LÂMINA DE SERRA	FALHA DE MONTAGEM	LÂMINA NÃO ATINGE ROTAÇÃO PARAMETRIZADA	7	1	5	35
				1.1.3	FALTA DE FIXAÇÃO DA PORÇA HIDRÁULICA DA LÂMINA DE CORTE	TORQUE INADEQUADO FALHA DE MONTAGEM	REBARBA NO TUBO QUEBRA DA LÂMINA DE SERRA	4	3	2	24

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.9 – FMEA do subconjunto sistema hidráulico da serra voadora

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFETOS (FMEA)							DATA DO CORTESIM				
EQUIPAMENTO		SERRA VOADORA		SERRA		CENTRO DE CORTESIM (COPTE)		ANL.	EF.		
FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		CAUSAS		EFEITO DA FALHA			
		Efeito da falha		Efeito no que é afetado		Identificação de tipo de problema		O que acontece quando falha			
								S	O	D	RPN
1	TRANSMITIR FORÇA PARA OS ATUADORES HIDRÁULICOS DA SERRA ATRAVÉS DA COMPRESSÃO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS.	1.1	NÃO TRANSMITIR A FORÇA HIDRÁULICA	1.1.1	DEFICIÊNCIA DE CIRCULAÇÃO DO ÓLEO HIDRÁULICO	VALVULAS OU CONEXÕES ROMPIDAS DESGASTO EXCESSIVO DO QUEBRA DAS ENGRENHENS DA BOMBA QUEBRA DO ACOPLAMENTO QUEBRA DO MOTOR TEMPERATURA ALTA DO ÓLEO HIDRÁULICO	QUEBRA DA SERRA NÃO REALIZAR O CORTE	5	3	1	15

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.10 – FMEA do subconjunto mecanismo de transporte da serra voadora

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFETOS (FMEA)							DATA DO CORTESIM				
EQUIPAMENTO		SERRA VOADORA		SERRA		CENTRO DE CORTESIM (COPTE)		ANL.	EF.		
FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA		CAUSAS		EFEITO DA FALHA			
		Efeito da falha		Efeito no que é afetado		Identificação de tipo de problema		O que acontece quando falha			
								S	O	D	RPN
1	SYNCRONIZAR O CARRO DE CORTE COM VELOCIDADE DA LÂMINA DE FORMAÇÃO	1.1	NÃO REALIZAR O MOVIMENTO DO CARRO DE CORTE SYNCRONIZADO	1.1.1	ROMPIMENTO DA CORRIDA SYNCRONIZADORA DO CARRO	RESSECAMENTO TRAVAMENTO MECÂNICO	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DA SERRA ROMPIMENTO DE MANGUEIRAS	7	3	4	84
				1.1.2	QUEBRA DO SATENTE DO CARRO DE CORTE	RESSECAMENTO DO NYLON IMPACTO COM O CARRO	FALHA NO POSICIONAMENTO DO CARRO DE CORTE VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DO TUBO	4	3	1	12
				1.1	QUEBRA DO REDUTOR PLANETÁRIO	CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO DESALINHAMENTO COM O INVERSOR DESGASTE DAS ENGENHENS	QUEBRA DO MOTOR QUEBRA DA SERRA VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DO TUBO	7	2	4	56
				1.1	RENDIDOR DESREGULADO	DESGASTE DA RODA DO ENCODER INSTABILIDADE DA PRESSÃO DE ALIMENTAÇÃO	VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DO TUBO ACOLUÇÃO DO TUBO COM A SERRA	7	1	1	7

Fonte: o autor (2017)

As figuras a seguir são referentes ao conjunto da formação, ilustram a análise dos modos de falhas de seus subconjuntos.

Figura 4.11 – FMEA do subconjunto acionamento da formação

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)						DATA DO DOCUMENTO		
EQUIPAMENTO		LOCAL/USUÁRIO		CENTRO DE CUSTOS/DEPARTAMENTO		REV.	DI	
OBJETIVO	FUNÇÃO	MODOS DE FALHA	CAUSAS	EFEITO DA FALHA	SEV.	OCC.	DIF.	
1	REALIZAR O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO ATRAVÉS DE POLIAS E MOTORES	1.1 O MOTOR NÃO REALIZA A TRANSMISSÃO DE FORÇA ROTACIONAL	1.1.1 MOTOR QUEIMADO	FALHA NA LUBRIFICAÇÃO ROLAMENTO TRAVADO DESTRUIÇÃO FOLGADA INSUFICIENTE COURAS ABERTAS SOMBRAS ACUMULANDO DE ISOLAMENTOS MOTOR COM FOLGA	SISTEMA SEM MOVIMENTO DA TRANSMISSÃO	3	3	4

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.12 – FMEA do subconjunto transmissão da formação

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)						DATA DO DOCUMENTO		
EQUIPAMENTO		LOCAL/USUÁRIO		CENTRO DE CUSTOS/DEPARTAMENTO		REV.	DI	
OBJETIVO	FUNÇÃO	MODOS DE FALHA	CAUSAS	EFEITO DA FALHA	SEV.	OCC.	DIF.	
1	TRANSMITIR O MOVIMENTO DO ACOIONAMENTO ATRAVÉS DE ENGRENAGENS E CARDEANS PARA O MECANISMO DE FORMAÇÃO	1.1 NÃO TRANSMITE O MOVIMENTO DO ACOIONAMENTO	1.1.1 POLIA QUEIMADA	DESGASTE DAS VÍAS DESALENHAMENTO TRAVAMENTO DO MOTOR FOLGA NA CHAVETA	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE FERRAMENTAL	4	3	4
		1.1.2 COURAS APRESENTADA	POLIA CRISTALINA TENSÃO EXCESSIVA ACRISPAMENTO DOS FIOS POR ATRITO RESSECAMENTO DA BORRACHA	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE FERRAMENTAL	4	4	3	4
		1.1.3 ENLACEMENTO DA CAIXA DE ENGRENAGEM QUEBRADO	CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO (ÁGUA, SUJEIRO, BORRACHA, CAVACOS, ETC) MONTAGEM INCORRETA FOLGA NO ENO FIM DA VIDA ÚTIL	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE FERRAMENTAL QUEBRA DE ENGRENAGENS QUEBRA DE CARDEANS	7	4	4	4
		1.1.4 ENLACEMENTO DA CAIXA QUEBRADA	ESFORÇO MECÂNICO CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO (ÁGUA, SUJEIRO, BORRACHA, CAVACOS, ETC) FRATURAS DO MATERIAL FOLGA NA CHAVETA ENTRE ENO E ENVERNASEM	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE FERRAMENTAL QUEBRA DE CARDEANS	7	3	3	4
		1.1.5 CARDEAN SOLTO	FOLGA NO FERRAJO FOLGA NO PASSAGEM DE FIBRAÇÃO ESFORÇO MECÂNICO FOLGA NA LUBRIFICAÇÃO DAS CHAVETAS	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE FERRAMENTAL	4	3	3	4

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.13 – FMEA do subconjunto guia de entrada da formação

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)						DATA DO DOCUMENTO		
EQUIPAMENTO		LOCAL/USUÁRIO		CENTRO DE CUSTOS/DEPARTAMENTO		REV.	DI	
OBJETIVO	FUNÇÃO	MODOS DE FALHA	CAUSAS	EFEITO DA FALHA	SEV.	OCC.	DIF.	
1	REALIZAR A PASSAGEM DA CHAPA DO FUJO PARA A FORMAÇÃO	1.1 NÃO REALIZAR A PASSAGEM	1.1.1 ENLACEMENTO DOS SUJOS TRAVADOS	FALHA NA LUBRIFICAÇÃO FIM DA VIDA ÚTIL DO ENLACEMENTO	DEFORMAÇÃO DA CHAPA	4	3	4
		1.1.2 FUSO DE REGULAGEM DO ROLETE SUJOS TRAVADO	FALHA NA LUBRIFICAÇÃO DESGASTE DA BOLSA DO FUSO EXCESSO DE TORQUE	NÃO REGULAGEM DA PASSAGEM DA CHAPA		7	3	4
								6
2	MANTER ACENTRALIZAÇÃO DA CHAPA	1.1 NÃO REALIZAR O ALINHAMENTO	1.1.1 ROLETE GUIA QUEIMADO	DESGASTE EXCESSIVO POUCO ÓLEO SOLUVEL DE PROTEÇÃO IMPACTO COM A CHAPA	CHAPA FICA FORA DO CENTRO	7	2	4

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.14 – FMEA do subconjunto mecanismo de formação

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)							SEVERIDADE			
FORMAÇÃO DE TUBO ATRAVÉS DE		SINAL-INDICADOR		SINAL-INDICADOR		SINAL-INDICADOR		SEVERIDADE		
COMPONENTE	FORMAÇÃO	EFETO	CAUSAS	SUBCOMPONENTE	RECURSO DE FORMAÇÃO	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	RPN	
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL (Pontos de Falha)	MODO DE FALHA (Forma em que o subconjunto)	CAUSAS (Identificação de todos os problemas)	EFETO DA FALHA (E qual número grande falha)						
1.	CONFORMAR A CHAMPA ATRAVÉS DAS 7 PASSAGENS DE RODAS VERTICAIS INFERIORES E SUPERIORES	1.1. NÃO REALIZAR A CONFORMAÇÃO	1.1.1. MANCHA TRAVADO	ROLAMENTO SEM LUBRIFICAÇÃO QUEBRA DA BANHA DE FORMAÇÃO FOLGA NA SEDE DO ROLAMENTO FILTE DO FUSO DE REGULAGEM DE ALTURA TRAVADO	DEFORMAÇÃO DO TUBO CISALHAMENTO DO EIXO QUEBRA DE FERRAMENTAL	7	7	4	198	
			1.1.2. EIXO EMPENADO	DESALINHAMENTO DO EIXO ESFORÇO MECÂNICO MONTAGEM INCORRETA FOLGA NA SEDE DO ROLAMENTO	DEFORMAÇÃO DO TUBO QUEBRA DE ROLAMENTO QUEBRA DE FERRAMENTAL	5	4	3	60	
			1.1.3. CASTELO SEM FIXAÇÃO	PARAFUSO DE FIXAÇÃO DA BASE GUBERNADO FALHA NA MONTAGEM DO CASTELO	DEFORMAÇÃO DO TUBO CISALHAMENTO DO EIXO QUEBRA DE FERRAMENTAL	8	4	3	96	

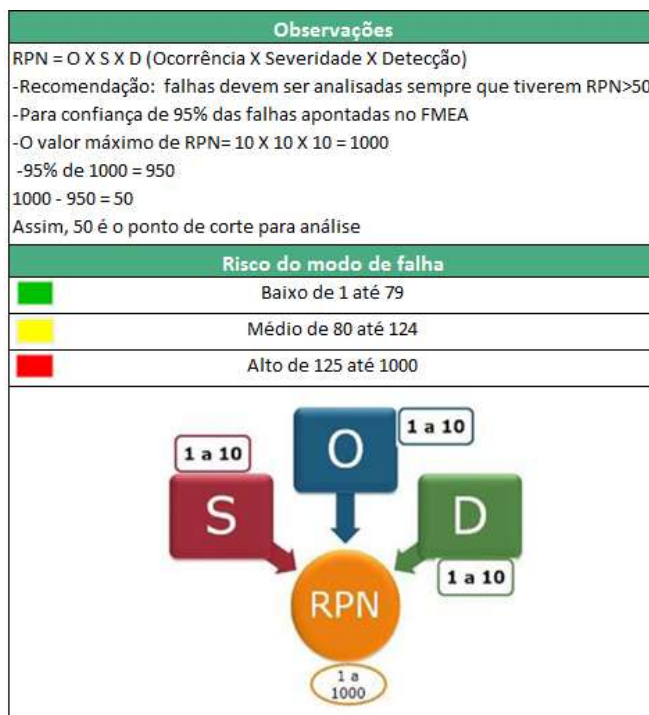
Fonte: o autor (2017)

4.3 SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES

Para seleção de funções significantes, utiliza um processo estruturado para analisar cada função identificada na etapa anterior, e determinar se uma falha tem efeito significativo. Considerando os 3 conjuntos selecionados, Banca de embalagem, Serra voadora e Formação, após as análises dos modos de falha, a FMEA, estes são avaliados quanto a Severidade das consequências, Probabilidade de Ocorrência, e probabilidade de Detecção, na ArcelorMittal é utilizado o critério conforme figura 4.8 para avaliação do modo de falha e chegar no grau de probabilidade de risco (RPN).

4.3.1 Grau de probabilidade de Risco

Figura 4.8 – Funções primárias e secundárias do conjunto Banca de embalagem



Fonte: ArcelorMittal (2015)

A figura 4.9 mostra o ranking da pontuação da severidade das consequências da falha.

Figura 4.9 – Severidade das consequências

Severidade das consequências	Ranking
Marginal: A falha não teria efeito real no sistema. O cliente provavelmente nem notaria a falha.	1
Baixa: A falha causa apenas pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará provavelmente leves variações no desempenho do sistema.	2
Moderada: A falha ocasiona razoável insatisfação no cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema.	3
Alta: Alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperável. A falha não envolve riscos à segurança operacional ou o descumprimento de requisitos legais.	4
	5
Muito Alta: A falha envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento de requisitos legais.	6
	7
	8
	9
	10

Fonte: ArcelorMittal (2015)

A figura 4.10 mostra o ranking da pontuação da probabilidade de ocorrência da falha em função da taxa de falhas, como exemplo.

Figura 4.10 – Probabilidade de ocorrência da falha

Probabilidade de Falha	Ranking	Taxa de Falhas
Remota: A falha é improvável.	1	< 1 em 106
Baixa: Relativamente poucas falhas.	2	1 em 20.00
	3	1 em 40.000
Moderada: Falhas ocasionais.	4	1 em 1.000
	5	1 em 400
	6	1 em 80
Alta: Falhas repetitivas.	7	1 em 40
	8	1 em 20
Muito alta: Falhas quase que inevitáveis.	9	1 em 8
	10	1 em 2

Fonte: ArcelorMittal (2015)

A figura 4.11 mostra o ranking da pontuação considerando a probabilidade de detecção da falha.

Figura 4.11 – Probabilidade de detecção da falha

Probabilidade de Detecção	Ranking
Muito Alta: A falha será certamente detectada durante o processo de projeto/fabricação/montagem/ operação.	1
	2
Alta: Boa chance de determinar a falha.	3
	4
Moderada: 50% de chance de determinar a falha.	5
	6
Baixa: Não é provável que a falha seja detectável.	7
	8
Muito Baixa: A falha é muito improvavelmente detectável.	9
Absolutamente indetectável: A falha não será detectável, com certeza.	10

Fonte: ArcelorMittal (2015)

A avaliação do RPN para os modos de falhas foi aplicado na FMEA para os 3 conjuntos seleccionados, no capítulo 4.2

4.3.2 Análise do Grau de probabilidade de Risco

Conforme as figuras 4.3 e 4.4 referentes ao conjunto banca de embalagem, demonstram que os modos de falha sensor do batente queimado e elo de corrente quebrado são os mais relevantes atingindo uma classificação de 126 RPN, grau de probabilidade de risco.

Conforme as figuras 4.8 - 4.10, referente ao conjunto serra voadora, demonstram que os modos de falha quebra do acoplamento e *encoder* desregulado são os modos de falha mais relevantes atingindo uma classificação de 168 e 105 RPN, respectivamente do grau de probabilidade de risco.

Conforme as figuras 4.11 - 4.14, referente ao conjunto formação, demonstram que os modos de falha rolamento da caixa de engrenagem, engrenagem da caixa redutora, rolamento do mancal travado e castelo sem fixação são os modos de falha mais relevantes atingindo uma classificação de 168, 175, 196 e 120 RPN, respectivamente do grau de probabilidade de risco.

Esta classificação foi considerada para elaboração do diagrama de decisão.

4.4 SELEÇÃO DE ATIVIDADES APLICÁVEIS

A partir da elaboração FMEA o componente que influencia no modo de falha foi identificado em campo para definição de uma forma de manutenção. As possíveis formas de manutenção previstas para estratégia em cada componente são:

- Manutenção preventiva sistemática, onde a troca do componente é feita em intervalos fixos de tempo.
- Manutenção preventiva por condição, utilizada para detectar evolução da falha.
- Manutenção preventiva periódica, utilizada para evitar modos de falhas em componentes que podem ser recuperados em intervalos fixos de tempo.
- Manutenção de melhoria, utilizada em cima de estudos de modificações no equipamento ou componente.
- Manutenção acidental onde a melhor estratégia é efetuar a troca ou manutenção do componente quando ocorrer a falha.

As tarefas de manutenção foram propostas para os modos de falhas identificados e avaliados no capítulo 4.2 através do FMEA, conforme figura 4.12.

Figura 4.12 – Diagrama de decisão do conjunto banca de embalagem

PLANO DE MANUTENÇÃO											DATA:										
EQUIPAME: FORMADORA DE TUBOS MTU-130											REV.: 0.02										
CONJUNTE: BANCA EMBALAGEM											PÁG.: 01										
REFERÊNCIA	SUB-CONJUNTO	COMPONENTE	CÓDIGO	FORMA DE MANUTENÇÃO	TIPO DE MANUTENÇÃO	TAREFA PROPOSTA	MÉTODO DE MANUTENÇÃO	FREQÜÊNCIA ANUAL												RESPONSÁVEL EXECUÇÃO	
						DESCRIÇÃO		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		T
1	1.1	1.1.1	CAMINHO DE ROLOS	REDUTOR DO ACOPLAMENTO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	AVB	REALIZAR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO COM A CÂMERA	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.2	CAMINHO DE ROLOS	MOTOR DO ACOPLAMENTO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	LUB	LUBRIFICAÇÃO DOS MANCHOS CONFORME PLANO	-												ELETRICA
7	1.1	1.1.3	CAMINHO DE ROLOS	SECTOR DO BALENTE	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	REALIZAR LIMPEZA RESÍDUO DE FUNCIONAMENTO	-												ELETRICA
7	1.1	1.1.4	CAMINHO DE ROLOS	BALENTE	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	VERIFICAR SE EXISTE DESALINHAMENTO AVALIAR O DESGASTE VERIFICAR SE POSSUI TRINCHAS NO ROLOS	-												MECÂNICO
8	1.1	1.1.1	MESA DE ACONDICIONAMENTO	BRANCO ABTOLLADO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	REA	REAPERTO DOS ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	-												MECÂNICO
8	1.1	1.1.1	MESA DE ACONDICIONAMENTO	BRANCO ABTOLLADO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EPG	REALIZAR A TROCA DOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO	-												MECÂNICO
8	1.1	1.1.2	MESA DE ACONDICIONAMENTO	CORRENTE DE ELEVAÇÃO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	REA	AVALAR E TENSIONAR CORRENTES	-												MECÂNICO

Fonte: o autor (2017)

Figura 4.13 – Diagrama de decisão do conjunto serra voadora

PLANO DE MANUTENÇÃO											DATA:										
EQUIPAME: FORMADORA DE TUBOS MTU-130											REV.: 0.02										
CONJUNTE: SERRA VOADORA											PÁG.: 01										
REFERÊNCIA	SUB-CONJUNTO	COMPONENTE	CÓDIGO	FORMA DE MANUTENÇÃO	TIPO DE MANUTENÇÃO	TAREFA PROPOSTA	MÉTODO DE MANUTENÇÃO	FREQÜÊNCIA ANUAL												RESPONSÁVEL EXECUÇÃO	
						DESCRIÇÃO		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
1	1.1	1.1.1	MECANISMO DE CORTE	SERRA VOADORA	-	MANUTENÇÃO ACIDENTAL	REAJUSTE DOS PARÂMETROS DE CORTE CONFORME PRODUTO PRODUZIDO	-													OPERADOR
1	1.1	1.1.2	MECANISMO DE CORTE	CLAVADO DO SUPLENTE	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	AJUSTE VARIÁVEL DE ÓLEO REAPERTO CONEXÕES	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.3	MECANISMO DE CORTE	ACPLAMENTO DO BERVOMOTOR	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	REA	REALIZAR FIXAÇÃO DO BERVOMOTOR	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.3	MECANISMO DE TRANSPORTE	REDUTOR PLANETARIO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	COMPLAR ÓLEO SE NECESSARIO	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.2	MECANISMO DE TRANSPORTE	REDUTOR PLANETARIO	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	CONFIRMAR ALINHAMENTO REDUTOR E BERVOMOTOR	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.4	MECANISMO DE TRANSPORTE	ENCODER	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	TRC	REALIZAR O TESTE DE FUNCIONAMENTO	-												MECÂNICO
1	1.1	1.1.4	MECANISMO DE TRANSPORTE	ENCODER	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	EM	REALIZAR A MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DA RODA	-												MECÂNICO

Fonte: o autor (2017)

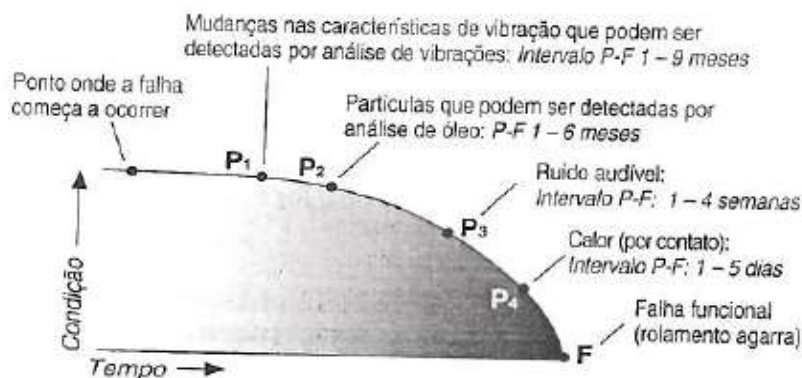
Figura 4.14 – Diagrama de decisão do conjunto formação

PLANO DE MANUTENÇÃO														DATA:														
EQUIPAMENTO: FORMADORA DE FIBROS MTA-130														LOCAL: UNIDADE 8	REVISÃO:													
CONJUNTO:														CENTRO DE CUSTO: 0396-PCPTU	PÁG.: 01													
REFERÊNCIA INFORMAÇÃO			FORMAÇÃO											RESPONSÁVEL EXECUÇÃO														
F	IT	ME	SUB-CONJUNTO	COMPONENTE	CÓDIGO	FORMA DE MANUTENÇÃO	TIPO DE MANUTENÇÃO	TABELA PROPOSTA DESCRIÇÃO	METODO DE MANUTENÇÃO	FREQÜÊNCIA INICIAL																		
														Y	D	A	O	N	T	M	J	J	A					
1	1	1.1.1	ACIONAMENTO	MOTOR	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	LUB	LUBRIFICAR	-					X											MECÂNICO			
1	1	1.1.1	ACIONAMENTO	MOTOR	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA POR CONDIÇÃO	NVI	REALIZAR MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO DO MOTOR	-															X	TERCEIRO			
1	1	1.1.3	TRANSMISSÃO	ROLAMENTO DE CADA DE ENGRANAGEM	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA POR CONDIÇÃO	NVI	REALIZAR MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO DO MOTOR	-															X	TERCEIRO			
1	1.1	1.1.4	TRANSMISSÃO	ENGRANAGEM DA CABEÇA	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	NVI	REALIZAR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO	-															X	TERCEIRO			
1	1.1	1.1.4	TRANSMISSÃO	ENGRANAGEM DA CABEÇA	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	NVI	REALIZAR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO	-															X	TERCEIRO			
1	1.1	1.1.4	TRANSMISSÃO	ENGRANAGEM DA CABEÇA	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	NOL	REALIZAR ANÁLISE DE ÓLEO	-															X	TERCEIRO			
1	1.1	1.1.5	TRANSMISSÃO	CARDAN	-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA	REX	REAPERTAR OS ELEMENTOS DE FIXAÇÃO DO CARDAN	-															X	MECÂNICO			

Fonte: o autor (2017)

Uma atividade pode ser considerada aplicável na etapa anterior, mas não efetiva. O intervalo P-F foi considerado para definição da periodicidade incluída para as tarefas do plano de manutenção apresentado no capítulo 4.4 sua efetividade deve ser avaliada e monitorada ao longo do tempo, e revisado se necessário buscando a frequência ótima para atuação no modo de falha, assim garante a melhoria continuada do plano de manutenção.

Figura 4.15 – Diferentes falhas potenciais podem preceder uma falha funcional



Fonte: MOUBRAY (2000)

4.5 AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DAS ATIVIDADES

A avaliação da efetividade das atividades é o processo para determinar se uma tarefa de manutenção preventiva é efetiva para reduzir, a um nível aceitável, as consequências previstas para uma falha.

Muitos modos de falhas são precedidos por mais de uma falha potencial diferente, assim mais de uma categoria de tarefas sob condição podem ser apropriadas, cada uma destas terão um intervalo P-F diferente e cada uma requer tipos diferentes e níveis de habilidade. MOUBRAY (2000)

4.6 SELEÇÃO DAS TAREFAS APLICÁVEIS E EFETIVAS

A implantação da proposta do plano de manutenção utilizando a metodologia de manutenção centrada na confiabilidade e treinamento da equipe na execução correta das tarefas conforme a periodicidade estabelecida proporciona uma redução da ocorrência de falhas na formadora de tubos e pode ser otimizado ao longo do tempo com melhoria no método de realização da manutenção e no próprio equipamento, realizando estudos para modificação de componentes.

4.7 DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS ATIVIDADES

A melhoria continuada do plano de manutenção é importante, a análise de falhas não ocorridas ao longo do tempo de operação do equipamento pode gerar a necessidade de acrescentar tarefas e formas de manutenção no diagrama de decisão para atuar sempre mais próximo da periodicidade ótima, o fator econômico também precisa ser levado em consideração.

5 CONCLUSÃO

Primeiramente, com a realização do presente trabalho, percebeu-se que a aplicação da metodologia da MCC permite um grande aprendizado a respeito de manutenção e principalmente dos objetos em estudo, a todos que participaram da análise. Contudo ela é relativamente complexa e trabalhosa, por isso é aconselhada somente para os equipamentos, sistemas e componentes importantes.

Foi considerado o período de janeiro de 2016 até setembro de 2017 para o levantamento dos dados do histórico de manutenção do equipamento no qual este trabalho foi conduzido, este levantamento direcionou o trabalho para os conjuntos mais relevantes do equipamento possibilitando a análise dos modos de falha por meio da FMEA.

Isso resultou no produto principal da aplicação da metodologia, um plano de manutenção para o equipamento objetivo e bem estruturado com os modos de falha classificados como alto e médio risco e, com justificativas fundamentadas tecnicamente para estas tarefas.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A metodologia de manutenção centrada em confiabilidade é possível ser aplicada a qualquer tipo de equipamento. Esta metodologia somada às ferramentas utilizadas neste trabalho auxilia a condução para implantação, tanto nas questões documentais tanto quanto nas questões relativas ao apoio à tomada de decisão. Os seguintes tipos de equipamentos nos quais a metodologia pode ser aplicada:

- *Slitter* ou equipamentos de corte longitudinal de bobinas de aço;
- Equipamentos de corte transversal de bobinas de aço;
- Equipamentos de *blanck* de chapas de aço.

REFERÊNCIAS

SIQUEIRA, Yoni Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2005.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Ver. e ampl. - Rio de Janeiro: Qualitymark:Petrobras, 2009.384p

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Lutterworth, Inglaterra, 2ª Edição, Aladon Ltd, 2000.