

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Letícia de Jesus Batalha

**O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NA PRIORIZAÇÃO DA
MANUTENÇÃO EM UM EQUIPAMENTO DE UMA EMPRESA
SIDERÚRGICA**

Juiz de Fora

2019

Letícia de Jesus Batalha

**O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NA PRIORIZAÇÃO DA
MANUTENÇÃO EM UM EQUIPAMENTO DE UMA EMPRESA
SIDERÚRGICA**

Dissertação apresentada na Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora, na área de Engenharia de Manutenção, como requisito parcial para obtenção do título de Graduada em Engenharia Mecânica.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves

Juiz de Fora

2019

Ficha catalográfica elaborada através do Modelo Latex do CDC da UFJF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

BATALHA, Letícia de Jesus.

O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NA PRIORIZAÇÃO
DA MANUTENÇÃO EM UM EQUIPAMENTO DE UMA EMPRESA
SIDERÚRGICA / Letícia de Jesus Batalha. – 2019.

59 f. : il.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves

Dissertação (Graduação) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE
FORA, FACULDADE DE ENGENHARIA. GRADUAÇÃO EM ENGE-
NHARIA MECÂNICA, 2019.

1. Engenharia de Manutenção. 2. FMEA 3. Máquina de Trefilar Barras
CA60 I. ALVEZ, Luiz Henrique Dias, orient. II. Tomada de decisão na
manutenção de uma empresa siderúrgica de MG.

Letícia de Jesus Batalha

**O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NA PRIORIZAÇÃO DA
MANUTENÇÃO EM UM EQUIPAMENTO DE UMA EMPRESA
SIDERÚRGICA**

Dissertação apresentada na Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora, na área de Engenharia de Manutenção, como requisito parcial para obtenção do título de Graduada em Engenharia Mecânica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Henrique Dias Alves - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Raphael Fortes Marcomini
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Yipsy Roque Benito
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO

Esta pesquisa aplicou ferramenta da qualidade para melhorar o desempenho de um importante equipamento da trefilação

O presente trabalho apresenta um estudo com o objetivo de identificar a aplicação de resultados de falhas no planejamento estratégico da manutenção realizado em uma indústria siderúrgica no sudeste de Minas Gerais. A escolha do tema foi baseada no envolvimento da autora com a área de engenharia de manutenção bem como aprofundar seus conhecimentos em assuntos como elementos de máquinas, trefilaria, planejamento estratégico e qualidade. Uma engenharia de manutenção bem aplicada potencializa a diminuição de falhas e minimiza os problemas decorrentes à estruturação de equipe, tornando-se de extrema importância para possibilitar o aumento do lucro através do aumento da produtividade. Neste contexto, este trabalho demonstra desenvolvimento da aplicação da ferramenta FMEA (Análise dos Modos de Falhas e Efeitos) em cima de uma máquina de fabricação de MT222, máquina de trefilar. Por conseguinte, buscando tornar mais fácil ao entendimento dos empregados, fez-se o detalhamento e padronização dos documentos utilizados no fluxo de manutenção, a fim de mirar na melhoria da segurança, disponibilidade e confiabilidade do ambiente industrial.

Palavras-chave: 1. Engenharia de Manutenção. 2. FMEA 3. Máquina de Trefilar Barras CA60.

ABSTRACT

The present work displays a study with the purpose of identifying the application of results of failures in the strategic planning of the maintenance performed in an metallurgical industry in the southwest of Minas Gerais. The choice of the subject was based in the involvement of the author with the area of maintenance engineering, as well as in the deepening of her knowledge on themes as machine elements, drawing mill, strategic planning and quality. When correctly applied, maintenance engineering avoids part of the failures and minimizes problems related to the structuration of the team, being extremely important to enable bigger earnings through increase productivity. In this context, this work demonstrates the development of tool application of FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) on a MT222 fabrication machine, wire-drawing machine. Therefore, aiming easier understanding for the employees, the detailing and standardization of the documents used in the maintaining flow, with the purpose of improving security, availability and reliability in the industrial environment.

Key words: 1. Maintenance engineering. 2. FMEA. 3. Wire-drawing machines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de ações no ambiente de produção.	14
Figura 2 – A função da manutenção no processo de manufatura.	15
Figura 3 – Etapas da Evolução da Manutenção.	16
Figura 4 – Crescimento das Expectativas da Manutenção.	18
Figura 5 – Evolução da Manutenção.	19
Figura 6 – Tipos de Manutenção.	23
Figura 7 – Estrutura de classificação de falhas.	25
Figura 8 – Fluxo FMECA.	27
Figura 9 – Tabela FMEA.	29
Figura 10 – Cálculo RPN.	30
Figura 11 – Organização das Localizações Funcionais.	32
Figura 12 – Índices de Criticidade dos equipamentos.	33
Figura 13 – Plano de Manutenção gerado pelo SAP-PM.	34
Figura 14 – Esquema da Metodologia.	35
Figura 15 – Desenho Técnico Endireitadeira.	36
Figura 16 – Endireitadeira.	36
Figura 17 – Falhas Funcionais da MT222.	37
Figura 18 – Modos de Falhas da MT222.	38
Figura 19 – Análise de Causa Raiz da Falha	42
Figura 20 – Planilha de Carga Endireitadeira MT222.	44
Figura 21 – Nova arborização Endireitadeira no SAP.	44
Figura 22 – Planilha de Carga para Lista de Tarefa	45
Figura 23 – Lista de Tarefa Execução MT222.	46
Figura 24 – Lista de Tarefa Inspeção MT222.	46
Figura 25 – Ponto de Medição MT222.	47
Figura 26 – Paradas não Planejadas Antes da Engenharia de Manutenção.	49
Figura 27 – Paradas não Planejadas Após da Engenharia de Manutenção.	49
Figura 28 – Inspeções Realizadas na MT222.	50
Figura 29 – Inspeções Realizadas na Endireitadeira da MT222.	50
Figura 30 – Arborização Antiga Endireitadeira MT222.	51
Figura 31 – Arborização Antiga MT222.	51
Figura 32 – Arborização Nova MT222.	52
Figura 33 – Listas de Tarefas Antigas MT222.	52
Figura 34 – Lista de Tarefa Novas MT222.	53
Figura 35 – Eficiência Global MT222.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo do RPN.	40
------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA60	Concreto Armado - 60kgf/mm ²
CTMF	Curva do Tempo Médio Para Falhas
DETEC	Probabilidade de Falha
FMEA	Análise de Modos de Falhas e Efeitos
FMECA	Análise de Criticidade, Modos de Falhas e Efeitos
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MPT	Ministério Público do Trabalho
MT222	Máquina de Trefilar 222
OCORR	Frequência da Falha
RCFA	Análise de Causa Raiz da Falha
RCM	Reliability Centered Maintenance
RPN	Risk Priority Number
SAP	Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
SAP-BW	Módulo Business Information Warehouse
SAP-PM	Módulo Gestão de Manutenção
SEVER	Relevância da Falha
TMF	Tempo Médio Para Falhas
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

LISTA DE SÍMBOLOS

φ Velocidade de degradação do modo de falha

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Considerações Iniciais	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Objetivo Geral	12
1.3.2	Objetivos Específicos	12
1.4	Escopo do Trabalho	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Definição de Manutenção	13
2.1.1	Manutenção como estratégia competitiva de melhoria	14
2.2	História e Evolução da Manutenção	15
2.2.1	Primeira Geração	16
2.2.2	Segunda Geração	17
2.2.3	Terceira Geração	17
2.3	Tipos de manutenção	19
2.3.1	Manutenção Corretiva	19
2.3.1.1	Manutenção corretiva não-planejada	20
2.3.1.2	Manutenção corretiva planejada	20
2.3.2	Manutenção Preventiva	20
2.3.3	Manutenção Preditiva	21
2.3.4	Manutenção Detectiva	21
2.3.5	Engenharia de Manutenção	22
2.3.6	Manutenção Centrada na Confiabilidade	23
2.4	Análise de Fahas	24
2.5	FMEA - Análise de Modos de Falhas e Efeito	26
2.5.1	FMECA - Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falha	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	FMEA do processo	28
3.2	A planilha de FMEA de processo	28
3.2.1	Função do sistema	29
3.2.2	Falha funcional	29
3.2.3	Modos potenciais de falha	29
3.2.4	RPN - Risk Priority Number	29
3.3	Local Funcional	31

3.4	Criticidade	32
3.5	Plano de Manutenção	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	Pesquisa-ação	35
4.1.1	Apuração dos Problemas	35
4.1.2	Coleta de Fatos	37
5	RESULTADO	39
5.1	Análise de Fatos	39
5.2	Causa Raiz	41
5.3	Ações Mitigadoras	43
5.3.1	Arborização MT222	43
5.3.2	Lista de Tarefa MT222	44
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
7	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Antes da revolução industrial, os produtos eram confeccionados de forma artesanal, a produção era pequena assim como a organização do processo produtivo. Desde o início do desenvolvimento industrial, com a revolução industrial, ocorreram grandes mudanças na organização da produção. Surgiram as grandes evoluções tecnológicas, a produção em larga escala, a organização do trabalho, a automatização da produção, a preocupação com a qualidade dos produtos, enfim uma série de mudanças que construiu a indústria atual (SLACK, 2002)

Nos dias de hoje, as empresas estão preocupadas em serem competitivas no mercado. A competitividade pode ser buscada de diversas formas, seja na qualidade do produto, seja no prazo para entrega, seja no preço do produto ou na assistência pós-vendas que a empresa oferece. Dentro desse pensamento, a empresa deve buscar uma forma de aumentar a sua competitividade visando o aumento da geração de seus lucros (ASHLEY, 2002).

Atualmente, a manutenção vem desempenhando um papel de destaque dentro da empresa sendo responsável por uma significativa parte dos custos de um produto e, além disso, sendo responsável pela disponibilidade da produção. Por isso, a manutenção é uma forma de se alcançar a competitividade. Através de estudos de confiabilidade dos equipamentos, as atividades de manutenção podem ser mais bem planejadas. Entre as várias ferramentas utilizadas nos estudos de confiabilidade, a análise de falha se destaca como uma ferramenta de grande utilidade para prevenir sua reincidência e identificar as oportunidades de melhorias no sistema de manutenção, e por isso foi escolhida como objeto de estudo neste trabalho (ASHLEY, 2002).

1.2 Justificativa

A justificativa para o desenvolvimento desse tema está pautada na grande janela de oportunidades que rodeiam o setor de manutenção, haja vista, que a gestão estratégica do mesmo está em crescimento.

Há facilidade para a graduanda em abordar uma prática industrial envolvendo disciplinas do curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora, uma vez que está inserida como estagiária em uma indústria siderúrgica de grande porte.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é aplicar na prática a técnica da Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) na Endireitadeira da máquina de trefilar em uma situação real de melhoria do processo de fabricação de uma indústria siderúrgica e após usar o método para auxiliar a Engenharia de Manutenção, aprimorar e padronizar o fluxo de manutenção do equipamento em questão.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Detectar os Problemas Macros na Endireitadeira;
2. Analisar fatos mais detalhados dos Problemas Macros (modos de falhas);
3. Analisar quantitativos dos modos de falhas;
4. Constatar causa raiz de cada modo de falhas;
5. Aplicar medidas mitigadoras.

1.4 Escopo do Trabalho

Trabalho desenvolvido na Trefilaria de uma empresa siderúrgica, na Fábrica de Barras CA60, em cima de uma máquina de trefilar que apresentava baixa disponibilidade.

O período de análise dessa pesquisa-ação está entre abril de 2018 até agosto de 2019.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição de Manutenção

Slack et al. (2002) definem manutenção como o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas. É uma parte importante da maioria das atividades de produção, especialmente aquelas cujas instalações físicas têm papel fundamental na produção de seus bens e serviços. Em operações como centrais elétricas, hotéis, companhias aéreas e refinarias petroquímicas, as atividades de manutenção serão responsáveis por parte significativa do tempo e da atenção da gerência de manutenção. Slack et al. (2002) classificam os seguintes objetivos da Manutenção:

1) Redução de custos: através da Manutenção Preventiva podem-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção;

2) Maior qualidade de produtos: equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais;

3) Maior segurança: setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;

4) Melhor ambiente de trabalho: ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado através de atividades da Manutenção Autônoma, melhoram o nível de trabalho dos funcionários;

5) Desenvolvimento profissional: o programa de Manutenção Produtiva Total desenvolve novas habilidades e também crescimento profissional aos trabalhadores pelo seu envolvimento direto nas decisões de aumento de produtividade da empresa;

6) Maior vida útil dos equipamentos: o programa objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, através de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;

7) Maior confiabilidade dos Equipamentos: equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores de uma falha para outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção;

8) Instalações da produção com maior valorização: instalações bem mantidas têm maior valor de mercado;

9) Maior poder de investimento: a redução de custos obtida através da TPM tem relação direta com o aumento de investimentos, o que beneficia os acionistas, os funcionários e a comunidade ao entorno da empresa;

10) Preservação do meio ambiente: com o bom regulamento das máquinas, advindo

da TPM, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais.

2.1.1 Manutenção como estratégia competitiva de melhoria

A Administração da Produção é definida, de acordo com Slack (2002), como a maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços no seu cenário de atuação, através do seguinte fluxo de ações, de acordo com a figura 1:



Figura 1 – Fluxo de ações no ambiente de produção.

Fonte: Slack et al., 2002

A função da manutenção nas empresas está inserida no processo de melhoria da produção através da Prevenção e Recuperação de Falhas de Produção (figura 2).

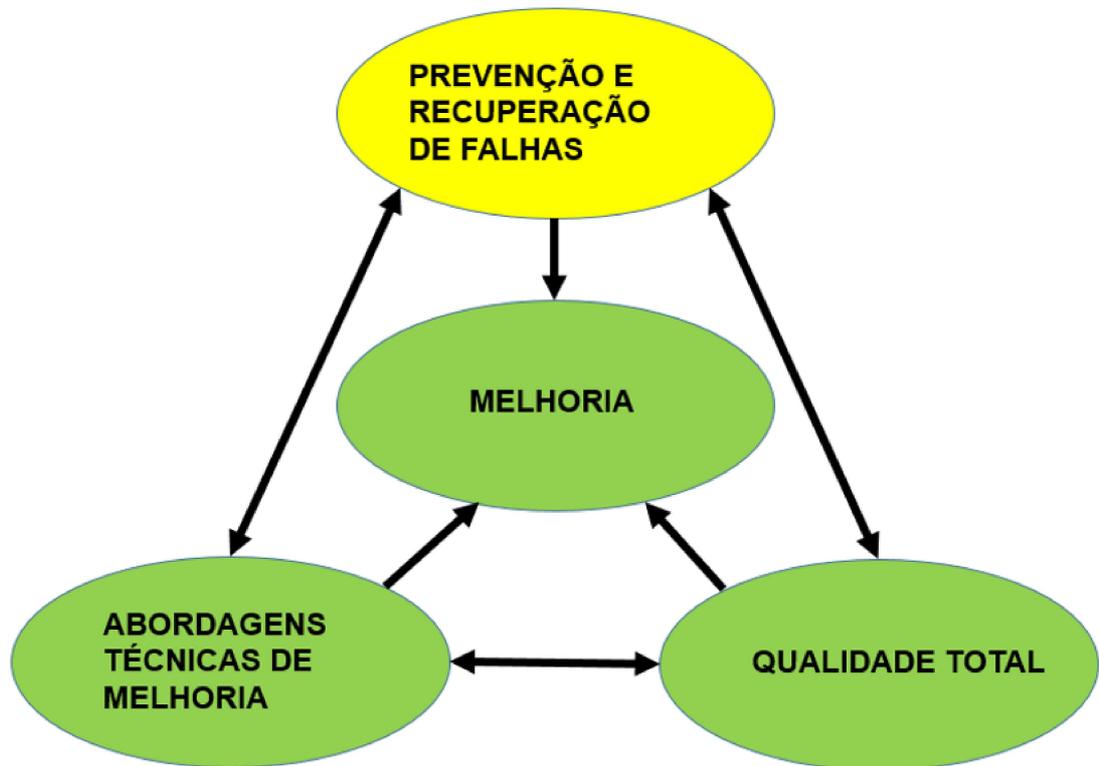


Figura 2 – A função da manutenção no processo de manufatura.

Fonte: Slack et al., 2002

2.2 História e Evolução da Manutenção

Já nos primórdios da humanidade, havia necessidade da conservação de ferramentas e utensílio de caça. O avanço tecnológico, a partir do século XVII, trouxe a necessidade de manter equipamentos em funcionamento a partir de sua manutenção. O motor a vapor que foi instalado em uma mina de carvão para esgotar água, pode ser um exemplo, que trouxe como necessidade, as atividades de conservação feita pelos operadores (WYREBSK,1997).

A Revolução Industrial ocorrida a partir do século XVIII elevou de forma rápida a tecnologia e, com isso, as atividades de conservação e conserto de equipamentos (WYREBSK,1997).

O termo manutenção surge nas indústrias a partir da década de 50 do século XX nos Estados Unidos. Nessa época de desenvolvimento tecnológico pós-guerra, fez se necessário dividir a área de manutenção da produção com objetivo de melhoria de performance do sistema produtivo (IBID., 1997).

A evolução da Manutenção pode ser dividida em três gerações, conforme a figura 3:

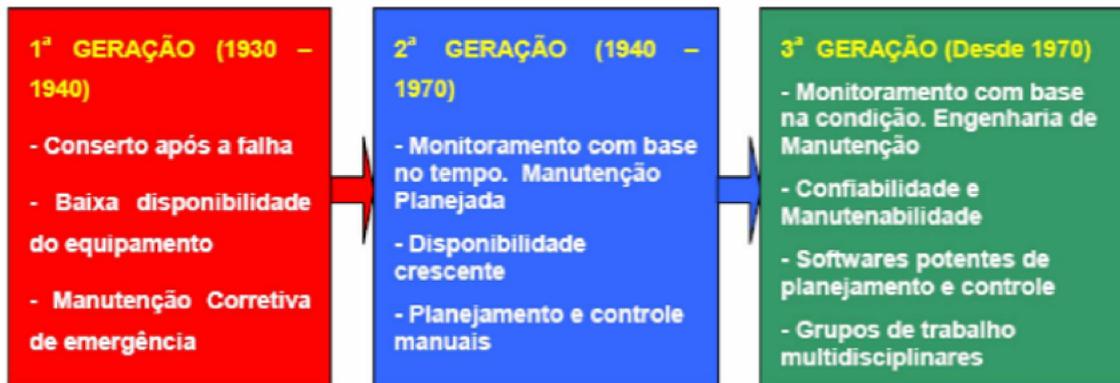


Figura 3 – Etapas da Evolução da Manutenção.

Fonte: Moraes, 2004.

Assim como Moraes (2004), Siqueira (2005), também dividiu em três gerações distintas a história da manutenção, onde cada geração é caracterizada por um estágio diferente de evolução tecnológica dos meios de produção, e pela introdução de novos conceitos e paradigmas nas atividades de manutenção:

- 1) Primeira geração: Mecanização
- 2) Segunda geração: Industrialização
- 3) Terceira geração: Automação

2.2.1 Primeira Geração

Compreende-se no período entre 1940 e 1950, e apresenta como característica a mecanização da indústria e a utilização de equipamentos simples sobre dimensionados para as funções onde eram aplicados. Esta fase é demarcada com a pouca dependência em relação ao desempenho do equipamento e a restauração destes eram feitas apenas quando ocorria defeitos. Outro agravante, era que devido à conjuntura econômica da época, a produtividade não era considerada prioritária, não sendo necessária a manutenção sistemática.

A primeira geração compreende o período entre 1940 e 1950, e apresentava como características: mecanização incipiente da indústria, e utilização de equipamentos simples e sobre dimensionados para as funções onde eram aplicados. Logo, havia pouca dependência em relação ao desempenho do equipamento, e a restauração do mesmo só ocorria no caso de surgimento de defeitos, os quais eram minimizados devido ao sobre dimensionamento. A visão em relação às falhas dos equipamentos era de que “todos os equipamentos se desgastavam com o passar dos anos, vindo a sofrer falhas ou quebras” (KARDEC &

NASCIF, 2009).

Com as limitações das atividades de manutenção planejada, visto que somente tarefas preventivas de serviço, tais como limpeza e lubrificação de máquinas eram realizadas, a primeira geração é marcada pela manutenção essencialmente corretiva.

2.2.2 Segunda Geração

Compreende-se no período entre 1950 a 1975 e foi o resultado adquirido do esforço da industrialização pós-guerra. Esta geração é caracterizada por acompanhar a disseminação das linhas de produção contínuas, que ocasionava dependência crescente da sociedade em relação aos produtos e processos industriais.

Nesta época registra-se a primeira onda de escassez de mão-de-obra especializada, decorrente da velocidade de implantação da automação. A maior disponibilidade e vida útil, a um baixo custo, tornaram-se o objetivo básico de avaliação dos equipamentos no ambiente industrial (SIQUEIRA, 2005).

Estes fatos motivaram um esforço científico de pesquisa voltado para o desenvolvimento de técnicas de manutenção preventiva, orientadas para a minimização dos impactos de falhas nos processos e meios de produção. Deste esforço também surgiram as técnicas de manutenção preditiva, em 1950. Já na década de 70, surge o MPT (Ministério Público do Trabalho), responsável por organizar e integrar todas as técnicas apresentadas pela primeira e segunda geração.

2.2.3 Terceira Geração

Compreende-se no período após 1975, revela a evolução da manutenção perante a incapacidade das técnicas já existentes frente as exigências da automação ocorridas na indústria.

Ao mesmo tempo, aumentou o nível da dependência da sociedade em produtos industrializados, uma vez que ocasionou o consumo em larga escala. E assim, foi necessário o aumento da importância da manutenção, uma vez que subiu os custos de mão-de-obra e capital associados à concorrência em escala mundial. Conduziram à prática do dimensionamento de equipamentos de acordo com a necessidade dos processos, tornando mais estreitas suas faixas operacionais (SIQUEIRA, 2005).

Logo, a paralisação da produção passou a ser uma preocupação generalizada, e seus efeitos na manufatura foram agravados pela tendência mundial de se utilizar sistemas just-in-time, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção poderiam paralisar a fábrica. Portanto, requisitos como confiabilidade, disponibilidade e vida útil se tornaram pontos-chave para as organizações, assim como os requisitos de melhor qualidade e garantia de desempenho dos produtos

passaram a ser exigidos pela sociedade. Tais requisitos, aliados à conscientização sobre a importância da preservação do meio ambiente e da garantia de segurança para usuários de processos e produtos industriais, geraram as condições que motivaram o surgimento da MCC, Manutenção Centrada na Confiabilidade (KARDEC & NASCIF, 2009).

A Figura 4 apresenta as expectativas de cada geração em relação à manutenção, onde se pode observar o crescimento das expectativas ao longo do tempo:

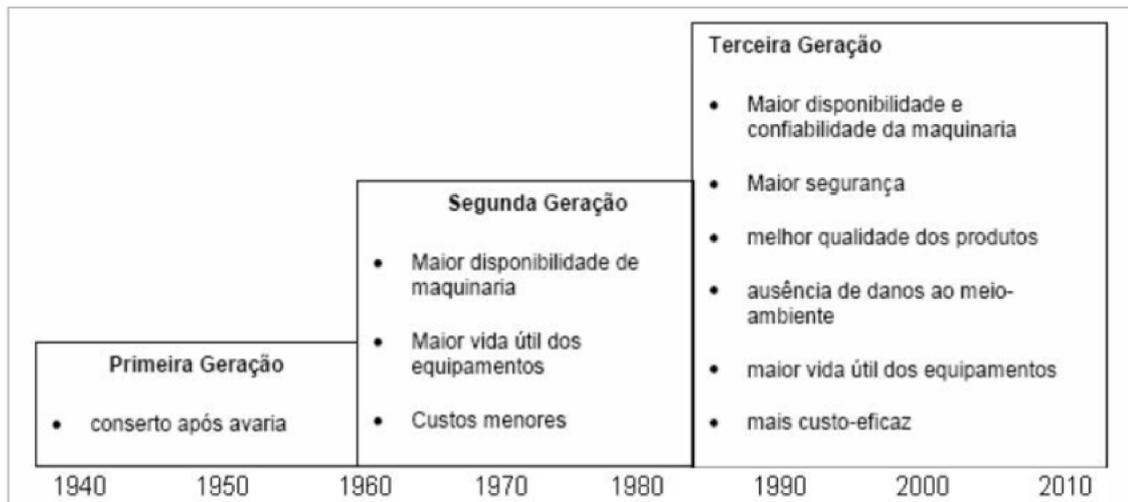


Figura 4 – Crescimento das Expectativas da Manutenção.

Fonte: Moubray, 2000.

O crescimento das expectativas de manutenção está relacionado, entre outros fatores, ao melhor entendimento de como os equipamentos falham e ao surgimento de novas técnicas gerenciamento de manutenção ao longo das gerações.

Autores como Kardec & Nascif (2009), entretanto, possuem uma visão diferente em relação à evolução da manutenção e destacam o surgimento da quarta geração da manutenção, onde as expectativas de manutenção existentes na terceira geração continuam a existir, sendo a disponibilidade uma das medidas de performance mais importantes da manutenção, e onde a consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção tem na garantia da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência.

A figura 5 mostra como a manutenção evoluiu até a década de 90, no século XX segundo Wyrebsk, 1997:

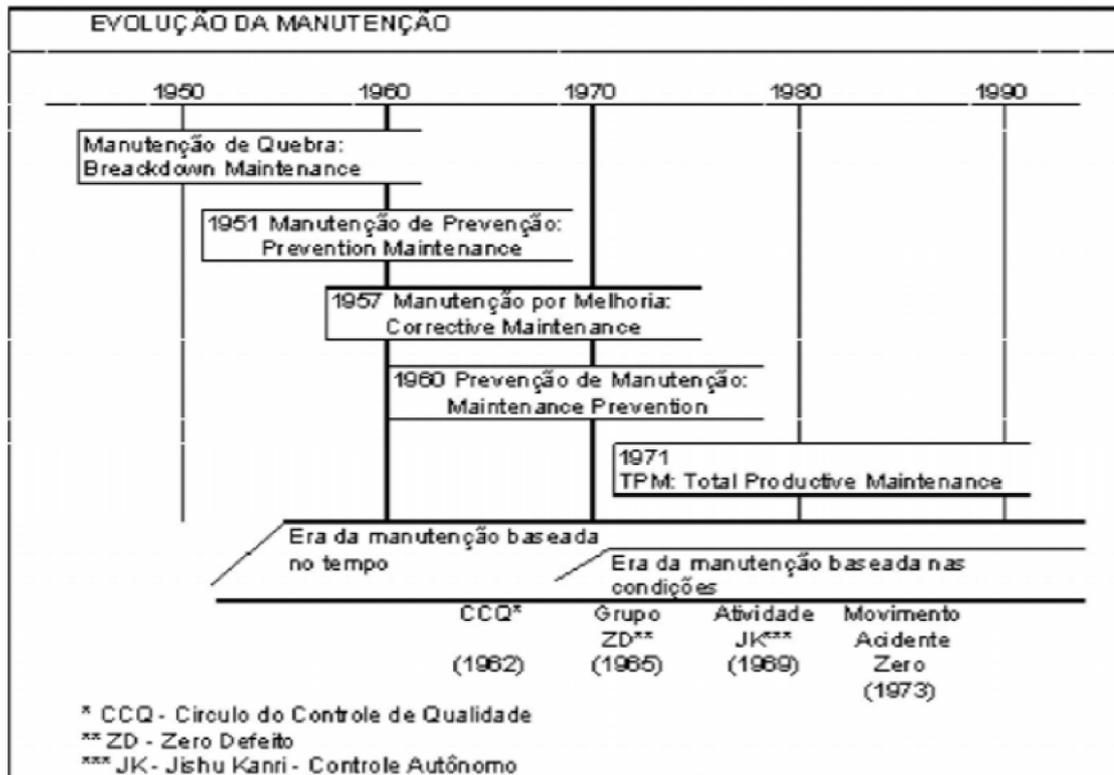


Figura 5 – Evolução da Manutenção.

Fonte: Wyrebsk, 1970.

2.3 Tipos de manutenção

Existem três abordagens básicas para manutenção: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Segundo Slack (2002), as atividades de manutenção consistem na combinação dessas abordagens.

Atualmente adotam-se outras abordagens de Manutenção: Manutenção Detectiva, Engenharia de Manutenção e Manutenção Centrada na Confiabilidade.

A classificação do tipo de manutenção é tradicionalmente feita em relação da forma de planejamento das atividades e em função dos objetivos da metodologia de manutenção utilizada (SIQUEIRA, 2009). Colocando em evidência o planejamento, a manutenção pode ser elaborada de forma previamente analisada e planejada, realizada sob um determinado tempo e condições pré-estabelecidas ou de forma não planejada, em função da necessidade de sua aplicação (FILHO, 2008; SIQUEIRA; 2009).

2.3.1 Manutenção Corretiva

É a forma mais simples e mais primitiva de manutenção. De acordo com Slack (2002), a Corretiva significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem.

O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido. Apesar de esta definição apontar para uma manutenção simplesmente entregue ao acaso, essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

2.3.1.1 Manutenção corretiva não-planejada

A correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre pós a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior, aleatoriamente. Implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção, já que gera ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis (OTANI & MACHADO, 2008).

2.3.1.2 Manutenção corretiva planejada

Quando a manutenção é preparada. Ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo. Otani & Machado (2018) aponta que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido.

De acordo com Almeida (2000) poucas plantas industriais usam uma filosofia verdadeira de gerência por manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas industriais realizam tarefas preventivas básicas, como lubrificação e ajustes da máquina, mesmo em um ambiente de manutenção Almeida (2000), é que ao adotar esse tipo de filosofia, as máquinas e equipamentos da planta não são revisados e não passam por grandes reparos até a falha.

Esse tipo de gerência de manutenção, apesar de simples, pode requerer custos altíssimos, associados a estoque de peças sobressalentes, trabalho extra, custo, ociosidade de máquina e baixa disponibilidade de produção (ALMEIDA, 2000). Os custos tendem a aumentar ainda mais caso o tempo de reação se prolongue, seja por falha da equipe de manutenção, seja por falta de peça de reposição.

Segundo Almeida (2000) o resultado líquido de todo o modo corretivo-reativo terá em média um custo superior a três vezes mais do que quando o mesmo reparo é realizado de modo preventivo ou programado. E além disso, o modo reativo gera um maior custo de manutenção e menor disponibilidade do equipamento.

2.3.2 Manutenção Preventiva

É voltada a evitar a possibilidade de ocorrência de falha, com manutenções em intervalos de tempo pré-definidos. Segundo Slack (2002), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”.

De acordo com Almeida (2000) “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. Ou seja, os reparos e recondiçõamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada à curva do tempo médio para falha (CTMF).

O grande problema deste tipo de abordagem, no entanto, é conseguir basear em estatísticas de programação para as paradas sem, no entanto, avaliar as variáveis específicas da planta que afetam diretamente a vida operacional normal da maquinaria. Almeida (2000) exemplifica que o tempo médio entre falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando como composições diferentes, como uma com água e a outra bombeando com polpas abrasivas de minério.

Tais generalizações são as principais responsáveis pelos dois problemas mais comuns ao se adotar a manutenção preventiva: reparos desnecessários ou bastante antecipados e falhas inesperadas. No primeiro caso, adota-se um horizonte temporal conservador, sendo o reparo realizado muito antes do necessário, desperdiçando peças e trabalho. Já no segundo caso, o mais crítico, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acabou acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos que, conforme mostrado anteriormente, são bem maiores (ALMEIDA, 2000).

2.3.3 Manutenção Preditiva

Segundo Otani & Machado, 2008, este tipo de manutenção faz o acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho das máquinas e equipamentos, esta atitude visa definir o instante exato da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo.

Segundo Almeida (2000), a manutenção preditiva aprimora a produtividade, a qualidade do produto, o lucro e a efetividade global das plantas industriais de manufatura e produto. Tal abordagem se utiliza de ferramentas mais efetivas para obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio real para falha. Portanto, todas as atividades de manutenção são programadas “conforme necessário”.

Almeida (2000) destaca a diferença mais substancial entre a manutenção corretiva e a preditiva é a capacidade de programar o reparo em um instante em que o equipamento terá o menor impacto sobre a produção. É substancial e raramente recuperável o tempo de produção perdido com o resultado da manutenção reativa.

2.3.4 Manutenção Detectiva

É onde ocorre a efetuação de sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (ARAÚJO e SANTOS, 2008).

Como exemplo, pode-se citar o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações devem ser levadas como responsabilidade do pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação (ARAÚJO e SANTOS, 2008).

2.3.5 Engenharia de Manutenção

É uma nova concepção que constitui a quebra de paradigma na manutenção, principalmente em virtude da mudança de rotina da atividade e da consolidação de uma política de melhoria contínua. Praticar engenharia de manutenção é deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras. Ainda mais: aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo (ARAÚJO e SANTOS, 2008).

De acordo com KARDEC & NASCIF (2009) a Engenharia de Manutenção significa “perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”. Para tanto, visa, dentre outros fatores, aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar gestão de pessoal, materiais e sobressalentes; participar de novos projetos e dar suporte à execução; fazer análise de falhas e estudos; elaborar planos de manutenção, fazer análise crítica e acompanhar indicadores, zelando sempre pela documentação técnica (KARDEC & NASCIF, 2009).

A empresa que pratica a Engenharia de Manutenção não está apenas realizando acompanhamento preditivo de seus equipamentos e máquinas, ela está alimentando sua estrutura de dados e informações sobre manutenção que irão lhe permitir realizar análises e estudos para proposição de melhorias no futuro (KARDEC & NASCIF, 2009).

A figura 6 ilustra as diferenças entre os diversos tipos de manutenção e a posição da Engenharia de Manutenção neste cenário.

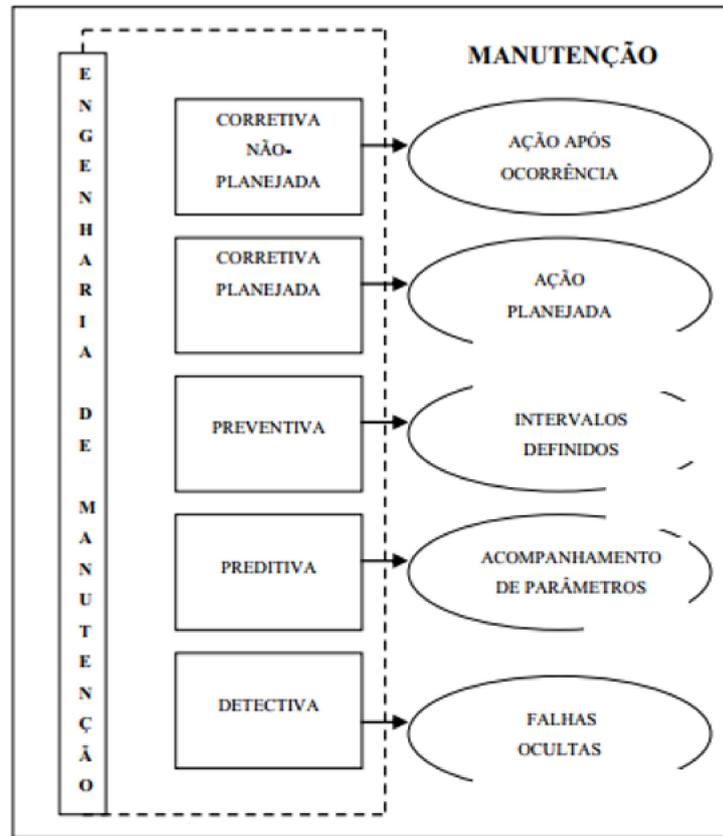


Figura 6 – Tipos de Manutenção.

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, 2009.

2.3.6 Manutenção Centrada na Confiabilidade

A Manutenção Centrada na Confiabilidade, política representada pela sigla RCM (Reliability Centered Maintenance), foi desenvolvida por Stan Nowlan e Howard Heap, ambos da United Airlines, em 1978, a partir da necessidade de aumento da confiabilidade das aeronaves civis americanas (NETHERTON, 2001 e GERAGHETY, 2000).

Com essa ferramenta de qualidade, é desejável que o equipamento cumpra, confiavelmente, as funções e desempenhos previstos pelo projeto, por meio da combinação e otimização do uso de todas as políticas de manutenção disponíveis. Para alcançar este objetivo, o RCM visa ser necessário que as equipes de operação e manutenção respondam algumas perguntas de função e níveis de desempenho previsto para o equipamento e seus subsistemas; o porquê e como podem ocorrer as falhas nessas funções; as consequências da falha; se é possível prever ou prevenir a falha; e se caso a resposta desta seja negativa, dizer uma outra política de manutenção que pode ser utilizada para impedir a ocorrência de falhas (MORAES, 2004).

2.4 Análise de Falhas

Existem muitas razões para as quais as falhas ocorrem. Elas podem ser agrupadas em falhas de fornecedores, falhas que são causadas por ação do cliente e as falhas no processo de fabricação do produto (SLACK, 2002).

As interrupções da função do equipamento também podem ser definidas como mau funcionamento ou avarias (MORAES, 2004).

Falha Potencial ou anomalia são aqueles tipos de falhas que não acontecem abruptamente e é semelhante ao conceito de avarias por deterioração. Logo, a anomalia se desenvolve ao longo do tempo e apresentam dois períodos diferentes. O primeiro reflete o espaço de tempo que compreende a condição normal até o primeiro sinal da falha. E o segundo vai do surgimento do primeiro sinal até a perda total ou parcial da função do equipamento. Como exemplo, o surgimento de uma trinca, que mesmo que inicialmente não afete seu funcionamento, ao longo do tempo a trinca irá se prolongar com o uso, levando a perda parcial ou total da função de um equipamento (XENOS, 1998)

A frequência de ocorrência das falhas em um equipamento é caracterizada em crescente, decrescente, aleatória ou constante e estão, normalmente, associadas ao nível do ciclo de vida do equipamento. (XENOS, 1998)

A denominação de vida inicial, contempla a fase de vida do equipamento em que as falhas são decrescentes. Estas são associadas ao início da vida do equipamento e normalmente são causadas por problemas de projeto, de fabricação e de instalação ou erro na operação por falta de treinamento inicial (XENOS, 1998).

A denominação de vida normal ou fase de estabilidade do equipamento, contempla a frequência de falhas constantes ou aleatórias. Em geral a frequência dessas falhas é menor quando comparada às falhas de frequência crescente ou decrescente e estão associadas à aplicação de esforços acidentais, erros de manutenção e operação e que não tendem a variar à medida que o equipamento envelhece (XENOS,1998). Ao período de instabilidade ao fim da vida útil, são normalmente chamadas às falhas de frequência constante, onde o equipamento entra em degeneração por fadiga e desgaste (XENOS, 1998).

Siqueira (2005) afirma que, de maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada. Completando esta definição, pode-se observar a figura abaixo para entender como se relaciona os aspectos de falhas. Tais acréscimos podem ser classificados sob vários aspectos, de acordo com a figura 07, tais como: extensão, manifestação, criticidade, velocidade, idade e origem. E no final, a classificação adaptada do MCC.

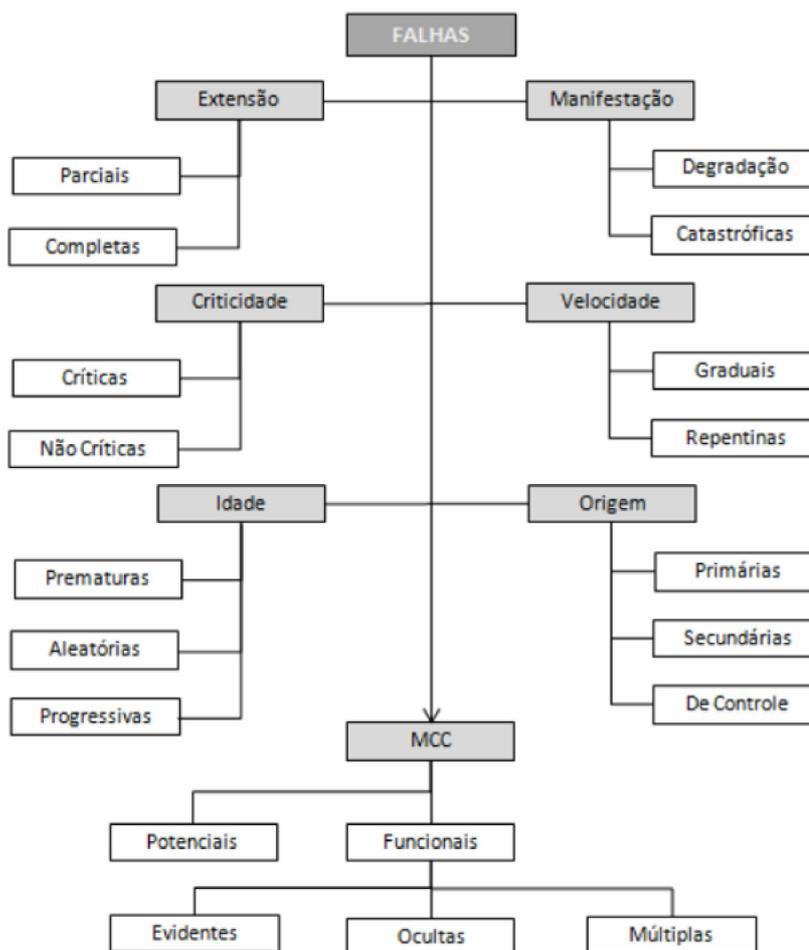


Figura 7 – Estrutura de classificação de falhas.

Fonte: Siqueira, 2005.

Prevenir e corrigir falhas constituem os objetivos primários da manutenção. Para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. O estudo das falhas constitui parte essencial da Manutenção Centrada na Confiabilidade, seguindo-se à identificação e documentação das funções (SIQUEIRA, 2005). Para os objetivos da MCC, as falhas são classificadas, de acordo com o efeito que provocam sobre uma função do sistema a que pertencem, em duas categorias básicas (SIQUEIRA, 2005):

- 1) A falha funcional é definida pela incapacidade de um item de desempenhar uma função específica dentro de limites desejados de performance; e
- 2) A falha potencial é definida como uma condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência.

As falhas funcionais, por sua vez, são classificadas pela MCC, em três categorias, de acordo com sua visibilidade (SIQUEIRA, 2005) .

- 1.1) A falha evidente é a qual, por si só, é detectada pela equipe de operação

durante o trabalho normal;

1.2) A falha Oculta é quando a falha não é detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal;

1.3) A falha múltipla é uma combinação de uma falha oculta mais uma segunda falha, ou evento, que a torne evidente.

2.5 FMEA - Análise de Modos de Falhas e Efeito

Como técnicas para buscar a excelência em projeto e processo, o FMEA é muito utilizado para a busca da garantia da qualidade. A excelência em projeto resulta em potencial para a qualidade. Já a excelência em processo converte este potencial em qualidade real (FOGLIATTO, 2011).

Na manutenção é muito comum usar o FMEA como ferramenta. Ela tem como propósito avaliar, documentar e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional visando definir formas de prevenção ou correção. Um estudo de FMEA envolve a identificação sistemática dos seguintes aspectos (SIQUEIRA, 2005):

- 1) Função: qual o objetivo e qual o nível desejado de performance ;
- 2) Falha funcional: é a perda da função ou desvio funcional;
- 3) Modo de falha: são o que pode causar falha;
- 4) Causa da falha: apura o porquê da ocorrência da falha;
- 5) Efeito da falha: é o impacto resultante na função principal;
- 6) Criticidade: qual a severidade do efeito.

É comum, segundo Siqueira (2005), incluir os sintomas de falhas, o roteiro de localização, o mecanismo de falha, as taxas de falhas e as recomendações para incrementar no estudo FMEA.

Há duas maneiras de realizar a análise dos processos. Uma pode ser feita de forma ascendente (botton-up), quando iniciada pela identificação dos modos de falha no menor nível do sistema, descrevendo seus efeitos em níveis superiores, até chegar ao nível mais elevado. Outra maneira de fazer a análise é chamada descendente (top-down) com uma análise das falhas funcionais e potenciais que interferem no sistema final, identificando as causas dessas falhas nos níveis inferiores do sistema (RAUSAND e HOYLAND, 2004).

As análises do FMEA podem ser classificadas em dois níveis. Entre si são semelhantes na condução de suas etapas e análises e são diferentes quanto ao seu foco de aplicação (IEC, 2006; SAE, 2000; OLIVEIRA et al., 2010). O níveis são:

- 1) FMEA de Projeto ou Produto: feito após a concepção do projeto, identificando

cada componente do sistema e os imagináveis modos de falha associados, assim como seus efeitos no sistema em tese e no produto como um todo.

2) FMEA de Processo: análise dos sistemas de manufatura que podem inferir sobre a qualidade e confiabilidade do produto, identificando os modos de falhas do processo e suas consequências sobre o produto. Que será aplicado no presente trabalho.

2.5.1 FMECA - Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falha

Para prática de uma análise FMECA, o primeiro passo é fazer o FMEA, usando como base de dados a Análise de Criticidade (CA). A figura 8 exhibe o fluxo para um FMECA seguindo a norma IEC 60518.

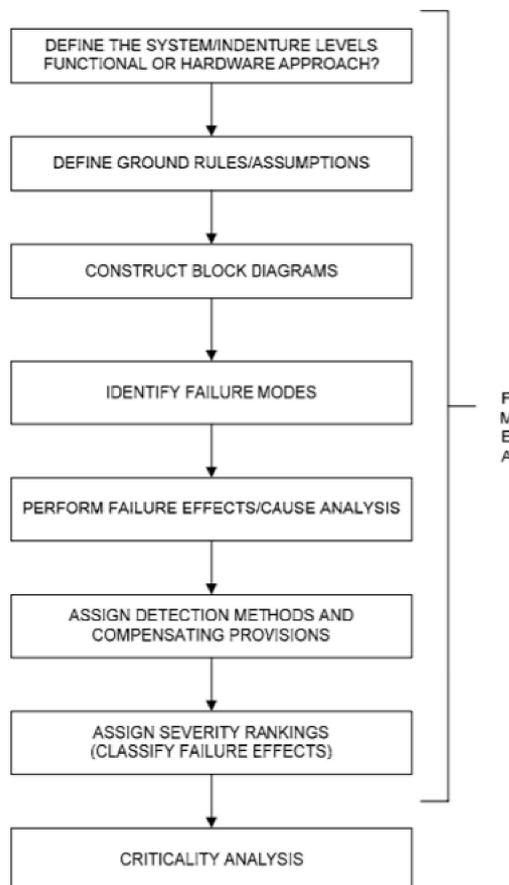


Figura 8 – Fluxo FMECA.

Fonte: Headquarters, 2006.

3 METODOLOGIA

3.1 FMEA do processo

A técnica analítica FMEA do processo, é utilizada pela equipe de desenvolvimento visando assegurar que os modos potenciais de falha no processo e seus seguintes efeitos e causas serão considerados e devidamente discutidos. Todo o trabalho é voltado para a análise em busca dos modos de falhas (FOGLIATTO, 2011).

Toda a ocorrência que pode comprometer a qualidade do produto final é um aspecto importante a ser vigorado no FMEA do processo. Basicamente, todo o estudo realizado em um FMEA advém do pensamento da equipe responsável pela manutenção. É importante ressaltar que pode ocorrer de incluir diagnóstico errôneos e é por isso, que é interessante a equipe ser a mais experiente e qualificada possível (FOGLIATTO, 2011).

A análise foi realizada em cima de um processo industrial, na Endireitadeira da Máquina de Trefilar e o FMEA de processo auxilia na redução dos riscos de falha para se obter uma maior disponibilidade do equipamento, uma vez que ampliou a probabilidade de que todos os modos de falha e suas respectivas causas e efeitos fossem analisados.

Falhas associadas com deficiência de projeto não são incluídas na FMEA de processo. São cobertos pelo estudo, a identificação, o efeito e o controle dos modos de falha, considerando que a produção sempre estará de acordo com os requisitos do cliente (FOGLIATTO, 2011).

3.2 A planilha de FMEA de processo

Com a equipe reunida, com os documentos de suporte e o cronograma das etapas, está fisicamente iniciado o preenchimento da tabela FMEA. A figura 9 mostra os campos a serem preenchidos do FMEA, nela apresenta a identificação do equipamento e da localização deste. Os campos em azul e vermelho, representa, respectivamente, cada fase da análise que será representada nesta pesquisa-ação.

Estudo e desenvolvimento de planos de manutenção RCM/MCC - Manutenção Centrada na Confiabilidade (Study and development of maintenance plans RCM / MCC - Reliability Centered Maintenance)						
UNIDADE: TREFILARIA DE JUIZ DE FORA	EMPRESA				MT222	
SUB-UNIDADE: MÁQUINA DE TREFILAR	Trefilaria				RESPONSÁVEL	
SISTEMA: ENDIREITADEIRA (SYSTEM:)	Máquina de Trefilar					
FUNÇÃO DO SISTEMA (System Function)	FALHA FUNCIONAL (Funtional Failure)	MODOS DE FALHAS (Failure Mode)	ϕ	SEVER	OCORR	DETEC
						RPN (Risk Priority Number)

Figura 9 – Tabela FMEA.

Fonte: Autora, 2019.

3.2.1 Função do sistema

Uma máquina tem várias partes de operação, denominadas sistemas. Olhando para a Máquina de Trefilar, pode-se destrinchá-la em desenrolador, anel de desligamento, decapador mecânico, caixa de sabão, monobloco ou endireitadeira, por exemplo. A pesquisa-ação realizada foi voltada para a parte de endireitamento de arame. Contudo, a função do sistema é a Endireitadeira da Máquina de Trefilar MT222.

3.2.2 Falha funcional

O segundo critério, denominado de falha funcional, compreende a especificação macro de cada conjunto da Endireitadeira que se encontra com princípio de falha.

3.2.3 Modos potenciais de falha

Aqui inicia o trabalho técnico. O modo de falha é entendido como a maneira na qual um determinado processo pode falhar em atingir os requerimentos ou especificações do projeto. É uma não conformidade associada com a operação em ação.

Todo os modos de falha pertinentes a cada operação são listados, inclusive aqueles que a probabilidade de ocorrência seja praticamente nula.

A lista de modos de falhas é construída com o auxílio da experiência da equipe, conduzida por um ambiente de brainstorming, em que todos têm o direito de fala. O ponto de partida foi a análise das reclamações feitas da operação e dos técnicos em virtude da indisponibilidade adequada da máquina.

3.2.4 RPN - Risk Priority Number

Na planilha Estudo e desenvolvimento de planos de manutenção RCM/MCC - Manutenção Centrada na Confiabilidade, Romel (2003), faz o cálculo do RPN (Risk Priority Number). As variáveis que são levadas em consideração serão apresentadas na figura 10, cada uma das cinco variáveis estão explicadas na figura.

A variável independente φ representa a velocidade de degradação do modo de falha. O produto das variáveis SEVER, OCCORR e DETEC resulta no número de RPN. Com este valor, temos um resultado do quão prioritário é o ajuste da falha. A prioridade aumenta a medida que o número do RPN é maior.

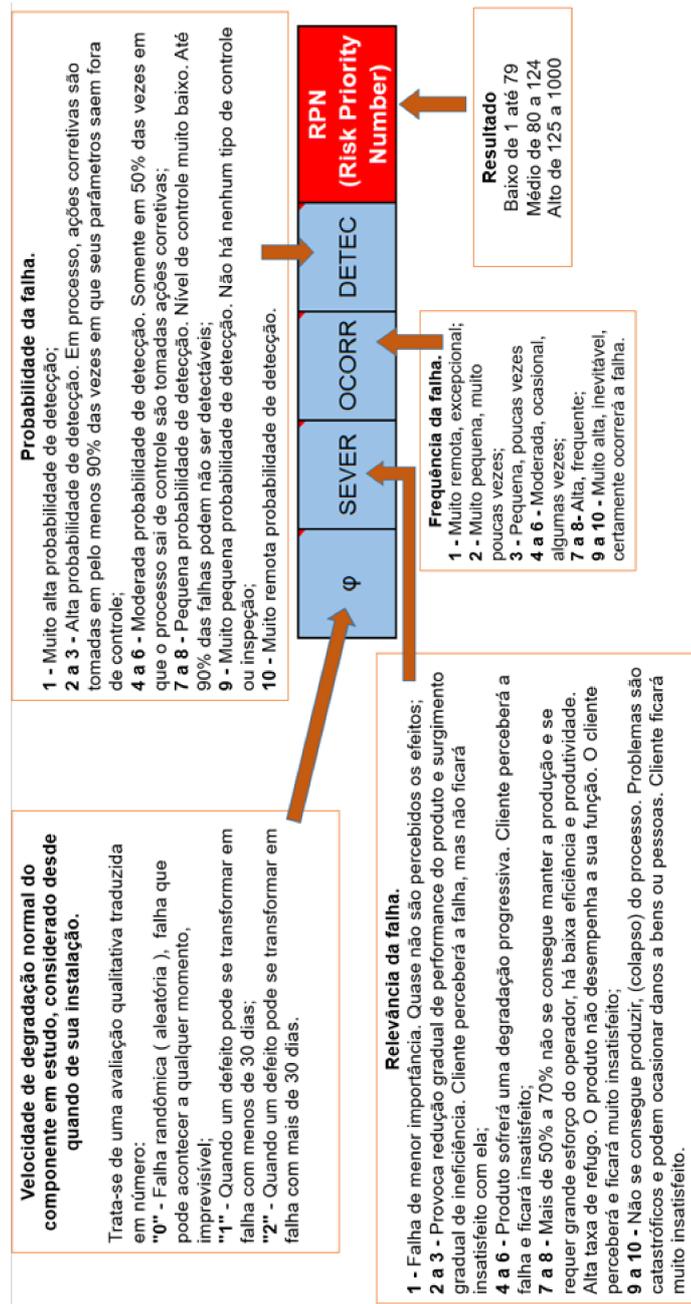


Figura 10 – Cálculo RPN.

Fonte: Autora, 2019.

3.3 Local Funcional

O local funcional do objeto é uma unidade organizacional que estrutura os objetos de manutenção de uma empresa de acordo com critérios funcionais, relacionados ao processo e/ou geográficos. Eles estão atrelados nas seguintes situações (SIDRICE,2016):

- na lista de tarefa de manutenção que deve ser executada
- em um objeto (equipamento) a ser instalado.
- em notificações e ordens de serviço

Os locais funcionais oferecem a oportunidade de:

- Representar sistemas técnicos e estrutura operacional por sua funcionalidade.
- Executar tarefas de manutenção de partes de um sistema técnico e fazer o registro de acordo com o trabalho.
- Coletar e avaliar dados técnicos por um longo período de tempo para as áreas individuais da estrutura do seu site / sistema.
- Acompanhar os custos de manutenção para cada área individualmente.
- Analisar a influência que as condições de uso exercem sobre a suscetibilidade a danos ao equipamento instalado (assim como uma interpretação do histórico de manutenção no nível do local de instalação).

A figura 11 esquematiza a forma de como é realizado o destrinchamento dos locais funcionais. Sendo que o nível 1 compreende ao nível mais alto do processo, neste caso é a trefilaria de Juiz de Fora, e a medida que vai aumentando o nível organizacional, mais detalhada fica a árvore lógica, podendo chegar até ao nível de componente.

Além das localizações funcionais, existe os objetos físicos. Este, pode ser equipamentos ou listas de materiais. O primeiro são objetos de alta rotatividade que pode se encontrar em toda a trefilaria, por exemplo: lingas, escadas e cabo de aço. Já o segundo é código usado para comprar determinado componente.

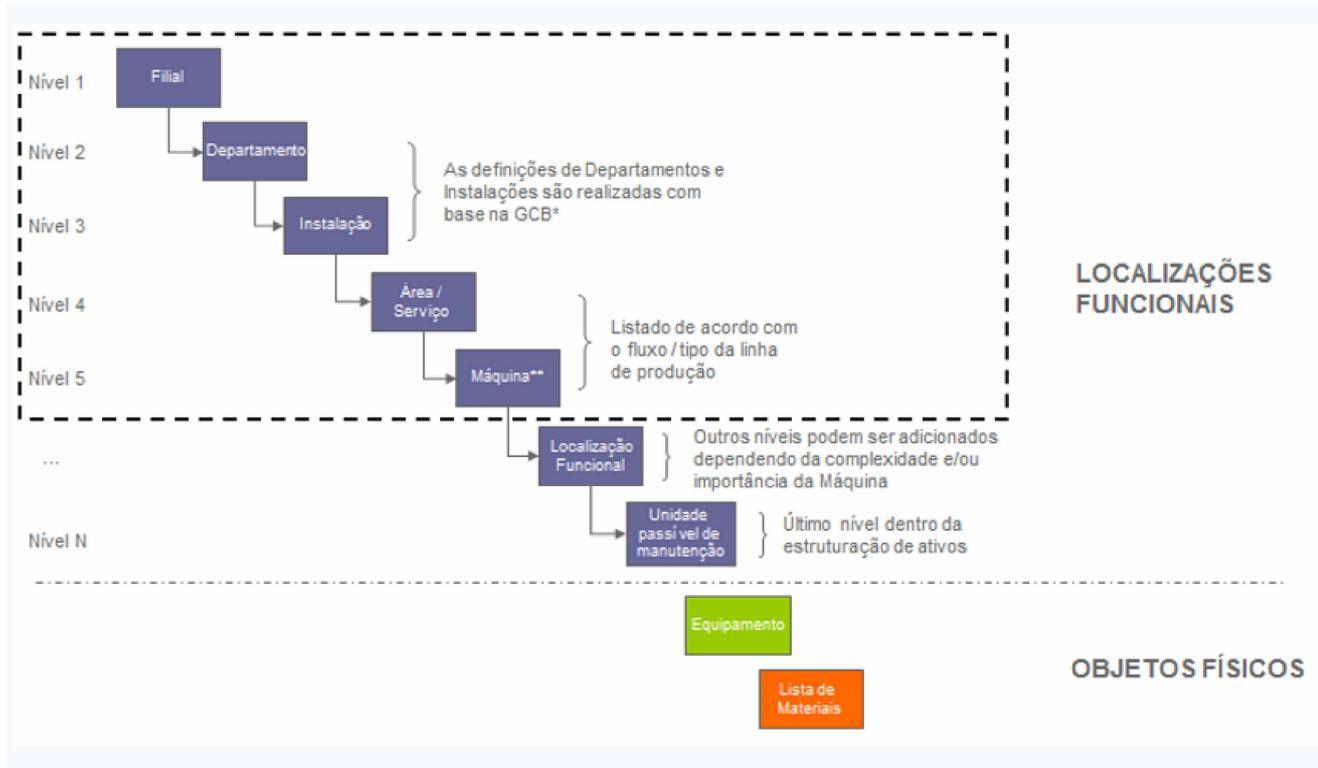


Figura 11 – Organização das Localizações Funcionais.

Fonte: Garcia, 2017.

3.4 Criticidade

A criticidade indica a importância dos ativos em relação a estratégia definida. Independente se houver problemas, a importância permanece a mesma o que significa que uma boa manutenção é feita, mas o ativo permanece tão críticos quanto antes (BREDA, 2016). No entanto, dependendo do índice de manutenção estabelecido, diretrizes mínimas de manutenção são exigidas para o equipamento, a fim de se ter um controle da gestão de falhas junto com um plano de contingência.

Classificação de ativos em “AA”, “A”, “B”, “C”. Da forma que o nível de criticidade pode ser visto na figura 12 (BREDA, 2016):

Índice de criticidade	Nível de Criticidade
AA	Para a usina
A	Alta
B	Média
C	Baixa

Figura 12 – Índices de Criticidade dos equipamentos.

Fonte: Breda, 2016.

3.5 Plano de Manutenção

A manutenção preventiva abrange os planos de manutenção, onde incluem as listas de tarefas e dentro desta estão presentes os itens de manutenção (FERREIRA, 2016).

1. Lista de Tarefas: Subdividas em listas para execução e inspeção, são roteiros em forma de operações e textos longos que devem ser realizados para executar a manutenção. Toda dia, os planos, de acordo com o programado no SAP, irão gerar a ordem por lista (FERREIRA, 2016).

2. Item de Manutenção: É onde contém a definição da atividade, assim como o objeto relacionado. Este objeto pode ser referenciado por um local de instalação ou equipamento (FERREIRA, 2016).

3. Plano de Manutenção: abrange as operações e frequências lançadas, com base na duração das atividades (FERREIRA, 2016).

A figura 13, retrata um exemplo de plano de manutenção. A numeração de 1 a 6 é entendida como:

1. Tipo de Ordem aberta
2. Número do Plano de Manutenção
3. Descrição (título) do item de manutenção
4. Local de Instalação associado ao Plano de manutenção
5. Máquina em que o Plano de manutenção se refere
6. Número da ordem aberta para a execução do Plano de Manutenção.

Pl.	Tp.	Pln.manuten.	Descrição item de manutenção	Local de instalação	Denom. ATV	CenTrabRes	Última ordem	Modificado por	Item
	P010	190605	MEC-MECANICA PREVENTIVA MT222	BJ-LW-CBM1-38-01	MT222_H04	WMND-001	900004035526	70036251	1
	P010	190605	MEC-CALDEIRARIA PREVENTIVA MT222	BJ-LW-CBM1-38-01	MT222_H04	WMND-001	900004035527		2

Figura 13 – Plano de Manutenção gerado pelo SAP-PM.

Fonte: Autora, 2019.

Com o auxílio da Engenharia de Manutenção, foram realizadas todas as etapas até a conclusão dos planos de manutenção, incluindo planejamento e programação dos itens de manutenção no SAP.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa-ação aplicou a ferramenta da qualidade para melhorar o desempenho de um importante equipamento da trefilação, a Endireitadeira da Máquina de Trefilar.

Para melhor entendimento e aplicação dos conhecimentos apresentados, este trabalho irá abordar o estudo de um caso real. A figura 14 esquematiza cada etapa do método em que o presente trabalho foi abordado e a análise realizada em casa parte do processo.

Para as etapas apuração dos problemas e coleta dos fatos foi contextualizado as anomalias presentes na endireitadeira e as análises mais aprofundadas de cada uma das anomalias. As seguintes etapas fazem parte dos resultados obtidos na pesquisa-ação.

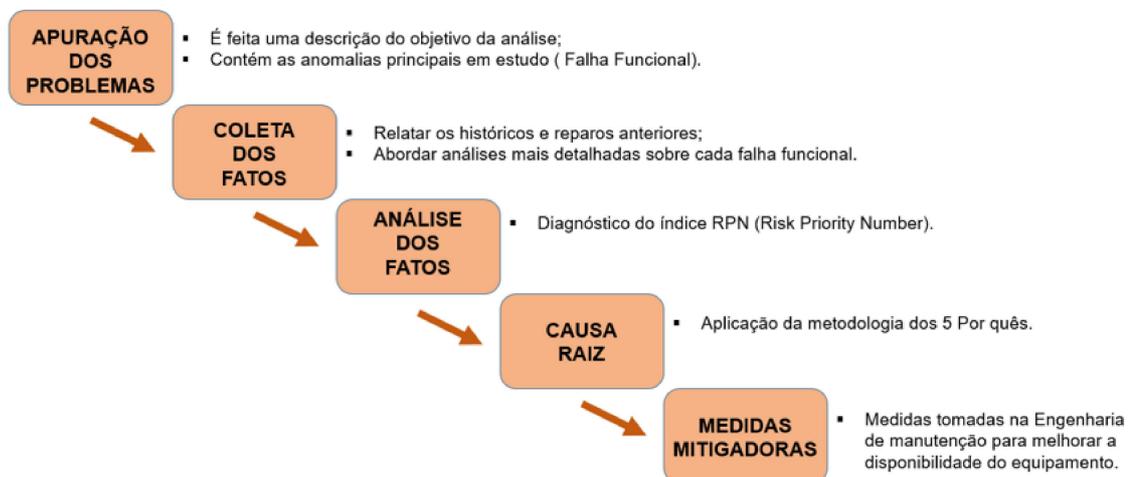


Figura 14 – Esquema da Metodologia.

Fonte: Autora, 2019.

4.1 Pesquisa-ação

4.1.1 Apuração dos Problemas

Descontentamento dos diretores com relação a disponibilidade da máquina de trefilar, fez com que este trabalho fosse realizado na máquina de trefilar MT222. Nesta etapa são apresentadas as análises feitas na função do sistema denominada Endireitadeira (Figura 15 e 16).

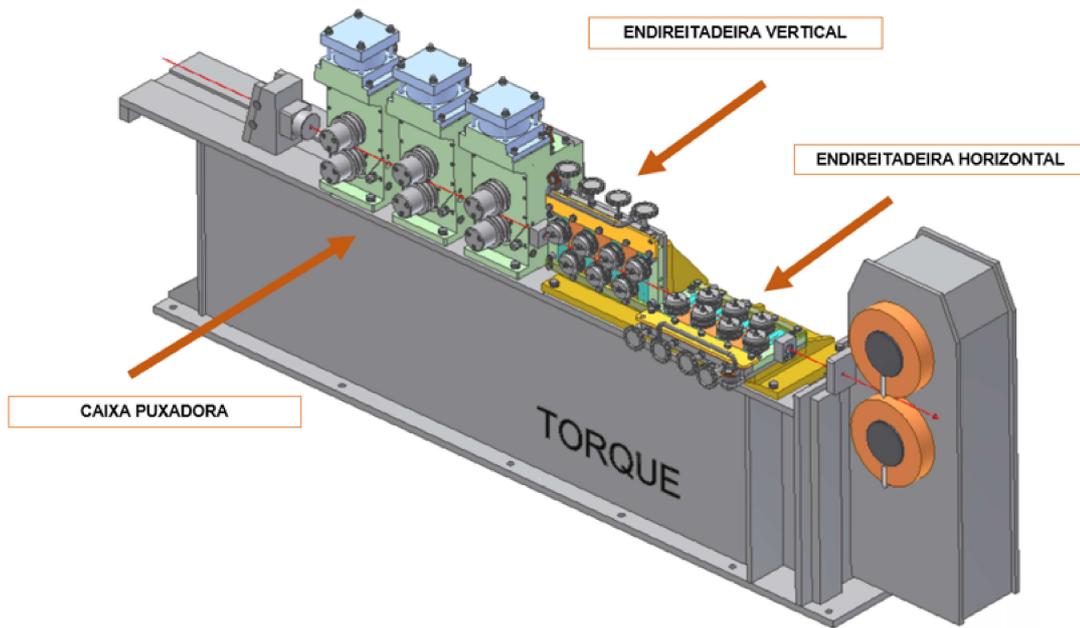


Figura 15 – Desenho Técnico Endireitadeira.

Fonte: Autora, 2019.



Figura 16 – Endireitadeira.

Fonte: Autora, 2019.

Foi apurada a quantidade de notas abertas até o mês de Julho de 2018 detectando que a função do sistema em questão era aonde tinha ocorrido mais paradas corretivas e por consequência, ocasionava uma boa quantidade de perda na produção do seu produto final, a barra de aço CA60.

Procura-se entender os problemas que estavam acontecendo, primeiramente de uma forma macro com a ajuda principalmente daqueles que a manuseiam, os operadores. Tais problemas, também denominada de falhas funcionais, são listados a seguir na figura 17.

FALHA FUNCIONAL		
Máquina não puxa o fio máquina	Máquina não endireita arame	Máquina não corta arame

Figura 17 – Falhas Funcionais da MT222.

Fonte: Autora, 2019.

4.1.2 Coleta de Fatos

Após identificar as partes com mau funcionamento inicia-se a investigação dos fatos que podem contribuir para as falhas terem ocorrido. Pelos históricos podemos citar encaixe inadequado na reposição de peças, falta de óleo, pouco ou excesso de graxa nos pinos graxeiros, vida útil da peça, erro de compra de material, qualificação dos empregados, falta de procedimento ou tarefas más escritas nas listas de execução e inspeção como exemplos de modos de falhas a serem considerados.

Durante Agosto de 2018 a Outubro de 2018 era realizadas reuniões duas vezes por semana para estudos com intuito de descrever melhor cada uma das três falhas funcionais descritas acima. Foi de muita importância a ajuda dos operadores e inspetor da área, juntamente com a visão do supervisor, visto que estes têm uma maior maturidade em cima do equipamento, e assim, torna-se o trabalho mais assertivo.

Para cada falha funcional citada acima, ocorreu mais de um modo de falha e estes serão apresentados na figura 18:

FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA
Máquina não puxa o fio máquina	1.1	Caixa puxadora travada/danificada
	1.2	Sistema pneumático da caixa puxadora com defeito
	1.3	Acionamento com defeito
	1.4	Mastro travado
	1.5	Arraste travado
Máquina não endireita arame	1.6	Falta alimetação de comando
	1.7	Circuito dos sensores no sistema de segurança acionado
	1.8	Motor queimado
	1.9	Sensor do tubo de transferência danificado
	1.10	Sensor de embolamento na endireitadeira inoperante
	1.11	Endireitadeira vertical não indireita arame
	1.12	Endireitadeira horizontal não indireita arame
	1.13	Proteção das endireitadeiras danificadas
	1.14	Falta alimetação de comando
	1.15	Circuito dos sensores do sistema de segurança acionado.
Máquina não corta arame	1.16	Motor queimado
	1.17	Sensor do tubo de transferência danificado
	1.18	Sensor de embolamento na endireitadeira inoperante
	1.19	Cabeçote de corte travado
	1.20	Navalha não corta
	1.21	Acionamento não transmite movimento

Figura 18 – Modos de Falhas da MT222.

Fonte: Autora, 2019.

A partir dos modos falhas se mensura a prioridade do risco e a causa raiz referente ao mau funcionamento da Endireitadeira da máquina de trefilar.

5 RESULTADO

5.1 Análise de Fatos

O preenchimento da Planilha “Estudo e desenvolvimento de planos de manutenção – RCM / MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade”, é dependente dos dois processos realizados anteriormente, como apresentado na figura 18. Os dados que serão apresentados são referência da realidade vivenciada do inspetor, e com a ajuda dos históricos que o sistema em questão apresenta para a manutenção.

Logo, dando continuidade, o próximo crivo é a incógnita φ , velocidade de degradação normal do componente em estudo. Os valores apresentados foram tomados de acordo com o consenso do inspetor da fábrica de barras CA60. Para cada modo de falha, um φ foi atribuído. Dentre os vinte e um modos de falha, nenhum deles obteve a categoria de que um defeito pode se transformar em falha em mais de trinta dias.

Ocorreram falhas consideradas randômicas ($\varphi = 0$) e em sete modos de falhas, foi considerado defeitos que podem ocorrer em menos de trinta dias ($\varphi = 1$) ambas podem ser vistas na tabela 01.

O Risk Priority Number (RPN) é outra incógnita que busca ser apurada. Este é o resultado encontrado fazendo a multiplicação de três fatores: SEVER X OCORR X DETEC e assim, sabe-se a faixa em que tal modo de falha se encontra o RPN (tabela 01).

FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	ϕ	SEVER	OCORR	DETEC	RPN (Risk Priority Number)
Máquina não puxa o fio máquina	1.1 Caixa puxadora travada/danificada	0	8	3	3	72
	1.2 Sistema pneumático da caixa puxadora com defeito	1	6	4	4	96
	1.3 Acionamento com defeito	0	6	3	3	54
	1.4 Mastro travado	1	5	4	4	80
	1.5 Arraste travado	0	7	3	3	63
Máquina não endireita arame	1.6 Falta alimentação de comando	1	4	3	3	36
	1.7 Circuito dos sensores no sistema de segurança acionado	0	5	2	2	20
	1.8 Motor queimado	0	8	3	3	72
	1.9 Sensor do tubo de transferência danificado	0	4	2	2	16
	1.10 Sensor de embolamento na endireitadeira inoperante	0	4	2	2	16
	1.11 Endireitadeira vertical não indireita arame	0	7	3	3	63
	1.12 Endireitadeira horizontal não indireita arame	0	7	3	3	63
	1.13 Proteção das endireitadeiras danificadas	1	3	2	3	18
	1.14 Falta alimentação de comando	1	4	3	3	36
	1.15 Circuito dos sensores do sistema de segurança acionado.	0	5	2	2	20
	1.16 Motor queimado	0	8	3	3	72
Máquina não corta arame	1.17 Sensor do tubo de transferência danificado	0	4	2	2	16
	1.18 Sensor de embolamento na endireitadeira inoperante	0	4	2	2	16
	1.19 Cabeçote de corte travado	1	7	2	2	28
1.20 Navalha não corta	1	6	4	4	96	
1.21 Acionamento não transmite movimento	0	6	3	3	54	

Tabela 1 – Cálculo do RPN.

Fonte: Autora, 2019.

Quanto maior o número RPN, menor é a disponibilidade por tempo de máquina inoperante e mais ágil deve ser o seu conserto.

5.2 Causa Raiz

Em cada modo de falha usou-se uma técnica interrogativa com intuito de determinar a causa raiz do problema, repetindo a pergunta “Por quê? ”, e assim, chegar às medidas de controle eficazes.

Este levantamento teve a contribuição do inspetor da área e do supervisor de manutenção para obter dados mais fiéis.

A figura 19 apresenta o RCFA (Análise de Causa Raiz da Falha) para cada modo de falha.

Com a apuração dos dados, percebeu que atividades como detalhamento das tarefas de manutenção, controle de indicadores e treinamentos ao funcionários são os principais motivos de falha no equipamento.

FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	Análise da Causa Raiz da Falha		
Máquina não puxa arame	1.1	Caixa Puxadora travada ou danificada	Programação gerada pelo SAP estava errada	
		Falha operacional (Operational failure)		
		Falha técnica (Technical failure)		
	1.2	Sistema Pneumático da caixa puxadora com defeito	Fim da vida útil (End of life)	
			Falha técnica (Technical failure)	
			Não há um controle de ordens geradas	
	1.3	Acionamento com defeito	Necessidade de troca das mangueiras	
			Empregado sem experiência	
	1.4	Mastro travado	Falta de item do item de inspeção referente a atividade na lista de tarefas	
			Falha operacional (Operational failure)	
	1.5	Arraste travado	Máquina operando acima de velocidade recomendada	
			Não há um controle de ordens geradas	
			Sem indicadores de controle eficaz	
			Falha técnica (Technical failure)	
	Máquina não endireita arame	1.6	Falta alimentação de comando	Falta de limpeza de acordo com a Programação
Cabo rompeu -se				
1.7		Circuito dos sensores do sistema de segurança acionado.	Botoeiras alocadas em lugar com muita prospecção de poeira	
1.8		Motor Queimado	Fim da vida útil (End of life)	
			Falha técnica durante a parametrização	
1.9		Sensor do tubo de transferência danificado	Falta de proteção do cabeamento	
			Não realizou a inspeção fielmente	
1.10		Sensor de embotamento na caixa puxadora inoperante	Falha técnica (Technical failure)	
			Não realizou a inspeção fielmente	
1.11		Endireitadeira vertical não indireita arame	Falta de experiência para tratar a situação	
			Falha técnica (Technical failure)	
			Fim da vida útil (End of life)	
1.12		Endireitadeira horizontal não indireita arame	Necessidade de troca	
			Falta de experiência para tratar a situação	
			Fim da vida útil (End of life)	
1.13	Proteção das endireitadeiras danificadas	Necessidade de troca		
1.14	Falta alimentação de comando	Falha técnica (Technical failure)		
1.15	Circuito dos sensores do sistema de segurança acionado.	Falha técnica (Technical failure)		
1.16	Motor Queimado	Fim da vida útil (End of life)		
		Falta de ter lido o Procedimento adequado		
		Falha técnica durante a parametrização		
1.17	Sensor do tubo de transferência danificado	Falta de proteção do cabeamento		
		Não realizou a inspeção fielmente		
1.18	Sensor de embotamento na endireitadeira inoperante	Falha técnica (Technical failure)		
		Não realizou a inspeção fielmente		
Máquina não corta arame	1.19	Cabeçote de corte travado	Montagem incorreta	
			Funcionário sem experiência	
	1.20	Navalha não corta	Funcionário sem experiência	
1.21	Acionamento não transmite movimento	Falta de uma operação detalhada		

Figura 19 – Análise de Causa Raiz da Falha

Fonte: Autora, 2019.

5.3 Ações Mitigadoras

Com toda a bagagem de informação retirada da análise sucedida a máquina de trefilar MT222, pode-se ter um maior direcionamento das tarefas a serem executadas pela manutenção. Apurou-se todo o histórico que são utilizados para a busca de informação sobre o equipamento em questão e fez-se uma reestruturação da arborização e das listas de tarefas que estão em vigor dentro do chão de fábrica.

Para um trabalho bem estruturado, primeiramente tem-se a necessidade de aprender sobre o funcionamento e a criticidade de cada sistema e subsistema da MT222 e assim, partir para a confecção das planilhas de carga e por conseguinte, a carga de dados no software utilizado pela empresa para que todos os empregados tenham acesso.

5.3.1 Arborização MT222

Com ajuda do manual da máquina, dos desenhos técnicos, dos técnicos e indo na fábrica de barras sempre que for necessário para poder enxergar mais de perto tudo que estava sendo incorporado, a arborização foi-se tomando forma. A ideia era procurar destrinchar o máximo possível dos itens que existe na máquina até chegar no nível onde se apura uma maior quantidade de defeitos ou falhas, tendo uma visão sempre de que era interessante, com a mudança de cultura, uma nota ser aberta no local de instalação mais próximo de onde ocorreu a quebra do equipamento.

A planilha de carga para arborização é mostrada a figura 20, sendo que a coluna B são os locais organizacionais (cada descrição tem o seu próprio local organizacional), a coluna C são os locais organizacionais anteriores de um nível acima, a coluna D é a descrição do equipamento e a coluna G é a criticidade referente a descrição do equipamento.

Functional locations					
Name functional location	Superior functional location	Description	ObjectType	Author.Group	ABC_indicator
Mandatory	Mandatory	Mandatory	Optional	Optional	Mandatory
XX-XX-XX-XX-XX, max 13 levels	Must exist from higher level	40 pos in your own language	10 pos in your own language see tabpage'obj type'	10 pos in your own language auth groups for object	10 pos in your own language
STRNO	STRNO, TPLMA	PLTEXT	EQART	BEGRU	ABCKZ
BJ-LW-CBM1-3B-01-05	BJ-LW-CBM1-3B-01	ENDIREITADEIRA			A
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	BJ-LW-CBM1-3B-01-05	SISTEMA DE ACIONAMENTO			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01-01	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	MOTOR ELÉTRICO			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01-02	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	POLIA MOTORA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01-03	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	POLIA MOVIDA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01-04	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	CORREIA DE ACIONAMENTO			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	BJ-LW-CBM1-3B-01-05	REDUTOR PRINCIPAL			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-01	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	EIXO CABEÇOTE DE CORTE INFERIOR			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-02	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	EIXO CABEÇOTE DE CORTE SUPERIOR			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-03	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	EIXO DE ENTRADA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-04	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	EIXO DE SAIDA PARA MULTIPLICADORA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-05	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOTORA 1ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-06	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOTORA 2ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-07	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOTORA 3ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-08	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOVIDA 1ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-09	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOVIDA 2ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-10	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ENGRENAGEM MOVIDA 3ª MARCHA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-11	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	POLIA SINC. SAIDA PARA MULTIPLICADORA			B
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-12	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	RETENTOR CABEÇOTE DE CORTE			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-13	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	RETENTOR DO EIXO DE ENTRADA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-14	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	RETENTOR EIXO SAIDA DA MULTIPLICADORA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-15	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ROLAMENTO DO EIXO DE ENTRADA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-16	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ROL. DO EIXO SAIDA DA MULTIPLICADORA			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-17	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ROL. FRONTAL DO EIXO CABEÇOTE DE CORTE			C
BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02-18	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	ROL. TRASEIRO DO EIXO CABEÇOTE DE CORTE			C

Figura 20 – Planilha de Carga Endireitadeira MT222.

Fonte: Autora, 2019.

Corrigido pelo analista responsável da Engenharia de Manutenção, o material foi dado carga no SAP PM (figura 21).

ENDIREITADEIRA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05	A
SISTEMA DE ACIONAMENTO	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-01	B
REDUTOR PRINCIPAL	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-02	B
MULTIPLICADORA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-03	B
SISTEMA TRACIONADOR	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-04	B
SISTEMA ENDIREITADOR	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-05	B
SISTEMA GUIA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-06	C
SISTEMA DE CORTE	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-07	B
SISTEMA ELÉTRICO	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-08	A
ROLETE DE ENTRADA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-09	C
ESTRUTURA ENDIREITADEIRA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-5Z	C
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO	BJ-LW-CBM1-3B-01-05-6S	B

Figura 21 – Nova arborização Endireitadeira no SAP.

Fonte: Autora, 2019.

5.3.2 Lista de Tarefa MT222

Tanto para a lista de tarefa de execução, quanto para a lista de tarefa da preventiva a forma de conseguir as informações foram as mesmas da arborização ditas acima. A lista é composta por uma coluna que se destina ao título da atividade a ser realizada e outra coluna que se apura o texto longo da atividade, este são todos os lugares que devem ser checados ao realizar a preventiva ou inspeção. Para cada item existe um local funcional atribuído. O local funcional deve ser no nível mais alto possível para se ter uma precisão favorável em sua unidade de controle.

Unidade de controle está diretamente ligada a ponto de medição (figura 25). Para cada item da lista de tarefa de inspeção foi atribuído um único ponto de medição cujo os principais objetivos são rastrear a porcentagem de parada em cima do sistema ou componente apresentado pelos mnemônicos e utilização do mobile dentro do chão fábrica.

A figura 22 representa a planilha de carga para a Lista de Tarefa. Na figura 22, a célula foi destacada para mostrar o texto longo que pode ser visualizado na barra de fórmulas na figura em questão.

CS23		INSP. CAIXA DE PASSAGEM				
		- VERIFICAR FIXAÇÃO E INTEGRIDADE DA CAIXA. - VERIFICAR FIXAÇÃO E ESTADO DO BORNES E REGRA. - VERIFICAR LIMPEZA.				
AD	AE	AF	AG	AH	CS	
1						
2	CHAR	CHAR	CHAR	CHAR	CHAR	
3	8	4	4	7	40	
4	Work	Control	Plant/WER	Std text	Opr. short text(LTXA1)	
5	WEND-001	PM01	4000		INSP. SENSORES ANEL	
6	WEND-001	PM01	4000		INSP. BARRA DO ANEL	
7	WEND-001	PM01	4000		INSP. BOTÃO DE EMERGÊNCIA	
8	WEND-001	PM01	4000		INSP. SENSORES DE SEGURANÇA	
9	WEND-001	PM01	4000		INSP. TOMADA 440V	
10	WEND-001	PM01	4000		INSP. BOTÃO DE EMERGÊNCIA	
11	WEND-001	PM01	4000		INSP. PEDAL ACIONAMENTO	
12	WEND-001	PM01	4000		INSP. MOTOR ELÉTRICO	
13	WEND-001	PM01	4000		INSP. SENSOR SEGURANÇA TAMPA ABERTA	
14	WEND-001	PM01	4000		INSP. PLUG DO MOTOR	
15	WEND-001	PM01	4000		INSP. MOTOR ELÉTRICO PRINCIPAL	
16	WEND-001	PM01	4000		INSP. PAINEL ELÉTRICO LUBRIFICAÇÃO	
17	WEND-001	PM01	4000		INSP. SECCIONADORA DE BLOQUEIO OPERACIONAL	
18	WEND-001	PM01	4000		INSP. RELÉS	
19	WEND-001	PM01	4000		INSP. LÂMPADA INDICATIVA	
20	WEND-001	PM01	4000		INSP. PAINEL ELÉTRICO BOMBA	
21	WEND-001	PM01	4000		INSP. NÍVEL BOMBA DE GRAXA	
22	WEND-001	PM01	4000		INSP. PLUG VÁLVULA	
23	WEND-001	PM01	4000		INSP. CAIXA DE PASSAGEM	
24	WEND-001	PM01	4000		INSP. LÂMPADA SINAL DE FALHA	
25	WEND-001	PM01	4000		INSP. BOTÃO DE EMERGÊNCIA	

Figura 22 – Planilha de Carga para Lista de Tarefa

Fonte: Autora, 2019.

As figuras 23, 24 e 25 foram retiradas do SAP, com a carga de dados feita.

A figura 23 relata uma lista de tarefa de excução da Máquina de Trefilar MT222, está é usada no dia programado para a manutenção preventiva do equipamento.

LocInstal. BJ-LW-CBM1-38-01 MT222
GrpLsTar. 85762 MEC-MECÂNICA PREVENTIVA MT222 NumGrpRot 1

Síntese geral de operações

Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação	T. Trab.	Un. Ex.	Duração	Un. C	Pec	DstProc...	Fat	TpAtiv	ChvMo...	Loc.Instalação
0070	WMSGF-001	4000	PM01		RETIRAR 1º CASSETE PARA REVISÃO	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0080	WMSGF-001	4000	PM01		RETIRAR 2º CASSETE PARA REVISÃO	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0090	WMSGF-001	4000	PM01		VARETAR TROCADOR DE CALOR	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0100	WMSGF-001	4000	PM01		REVISAR REFRIGERAÇÃO DA BOBINA	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0110	WMSGF-001	4000	PM01		REVISAR REFRIGERAÇÃO DOS CASSETES	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0120	WMSGF-001	4000	PM01		TROCAR ROLETES TRACIONADORES 1ª CADXA	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0130	WMSGF-001	4000	PM01		TROCAR ROLETES TRACIONADORES 2ª CADXA	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0140	WMSGF-001	4000	PM01		TROCAR ROLETES TRACIONADORES 3ª CADXA	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0150	WMSGF-001	4000	PM01		TENSIONAR CORREIAS DAS CX. TRACIONADORAS	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0160	WMSGF-001	4000	PM01		TENSIONAR CORREIA DA MULTIPLICADORA	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0170	WMSGF-001	4000	PM01		TENSIONAR CORREIA DE AC. ENDIREITADEIRA	✓ 30	MIN 1	30	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0180	WMSGF-001	4000	PM01		REVISAR SAPATA DE FREIO	✓ 40	MIN 1	40	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-A9...
0190	WMSGF-001	4000	PM01		MONTAR 1º CASSETE REVISADO	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0200	WMSGF-001	4000	PM01		MONTAR 2º CASSETE REVISADO	✓ 15	MIN 1	15	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-04...
0210	WMSGF-001	4000	PM01		DESBLOQUEAR EQUIPAMENTO	✓ 10	MIN 1	10	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-1S...
0220	WMSGF-001	4000	PM01		TESTAR EQUIPAMENTO	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-1S...
0230	WMSGF-001	4000	PM01		RECOLHER MATERIAL DA ÁREA	✓ 20	MIN 1	20	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01...

Figura 23 – Lista de Tarefa Execução MT222.

Fonte: Autora, 2019.

A figura 24 relata uma lista de tarefa de inspeção, nesta lista não é necessário o bloqueio total do equipamento, e as atividades são realizadas uma semana antes da manutenção preventiva.

LocInstal. BJ-LW-CBM1-38-01-05 ENDIREITADEIRA
GrpLsTar. 85711 MEC-INSP. ENDIREITADEIRA MT222 NumGrpRot 1

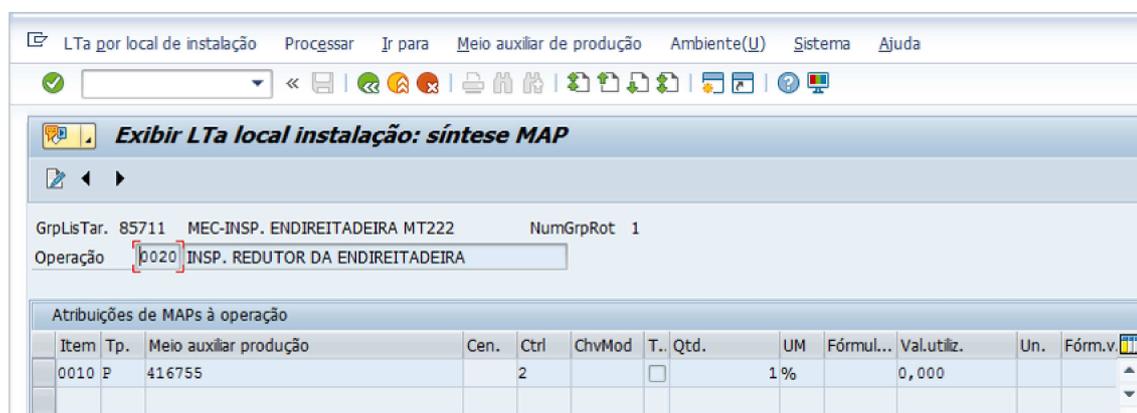
Síntese geral de operações

Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação	T. Trab.	Un. Ex.	Duração	Un. C	Pec	DstProc...	Fat	TpAtiv	ChvMo...	Loc.Instalação
0001	WMSGF-002	4000	PM01		BLOQUEAR EQUIPAMENTO PARA INSPEÇÃO	✓ 10	MIN 1	10	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-03-IS...
0010	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. SISTEMA DE AC. ENDIREITADEIRAVERIF	✓ 10	MIN 1	10	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0020	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. REDUTOR DA ENDIREITADEIRA	✓ 10	MIN 1	10	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0030	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. MULTIPLICADORA	✓ 5	MIN 1	5	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0040	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. ACIONAMENTO MULTIPLICADORA	✓ 10	MIN 1	10	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0050	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 1º CX. TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0060	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. ACIONAMENTO 1ºCX TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0070	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 2º CX. TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0080	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. ACIONAMENTO 2ºCX TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0090	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 3º CX. TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0100	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. ACIONAMENTO 3ºCX TRACIONADORA	✓ 3	MIN 1	3	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0110	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 1º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0120	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 2º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0130	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 3º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0140	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 4º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0150	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 5º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...
0160	WMSGF-002	4000	PM01		INSP. 6º ROLETE FIXO END. VERTICAL	✓ 2	MIN 1	2	MIN 2	100		1			BJ-LW-CBM1-38-01-05...

Figura 24 – Lista de Tarefa Inspeção MT222.

Fonte: Autora, 2019.

A figura 25 mostra o ponto de medição criado para uma atividade da inspeção. Para cada operação de inspeção existe um único ponto de medição atrelado a atividade.



GrpLisTar. 85711 MEC-INSP. ENDIREITADEIRA MT222 NumGrpRot 1

Operação 0020 INSP. REDUTOR DA ENDIREITADEIRA

Atribuições de MAPs à operação												
Item	Tp.	Meio auxiliar produção	Cen.	Ctrl	ChvMod	T.	Qtd.	UM	Fórmul...	Val.utiliz.	Un.	Fórm.v.
0010	P	416755		2			<input type="checkbox"/>	1%		0,000		<input type="checkbox"/>

Figura 25 – Ponto de Medição MT222.

Fonte: Autora, 2019.

A figura 25 pode ser lida da seguinte forma: A lista de tarefa MEC - INSP. ENDIREITADEIRA MT222, na operação 0020 que equivale a atividade INSP. REDUTOR DA ENDIREITADEIRA, contém o ponto de medição de número 416755.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa-ação pôde ser vista por todos da manutenção, do nível gerencial aos que estão no chão de fábrica. Ao mesmo tempo que é importante números que demonstram melhores performance do equipamento, a sensibilização daqueles que fazem o operacional acontecer é indispensável.

É árduo o caminho da mudança de cultura implantada na trefilaria, envolve vários treinamentos e reuniões com a equipe da gestão de mudança. No entanto, passados três meses do término de todo este trabalho já se tem resultados favoráveis.

A figura 26 retrata as paradas não planejadas até novembro de 2018 na endireiteira da MT222 e a figura 27 demonstra os números de ordens até o mês de julho/2019 já em vigor dentro de um sistema padronizado de fácil acesso para todas as trefilarias, o SAP-BW. Considerando o período de Abril (quando o novo sistema entrou em vigor) até julho de cada ano, nota-se que em 2018, ao todo ocorreram 178,7 horas por parada não planejada, enquanto em 2019, apenas 77,013h foram computadas. Ocorrendo uma diminuição de 232 % de ordens abertas por parada não desejadas.

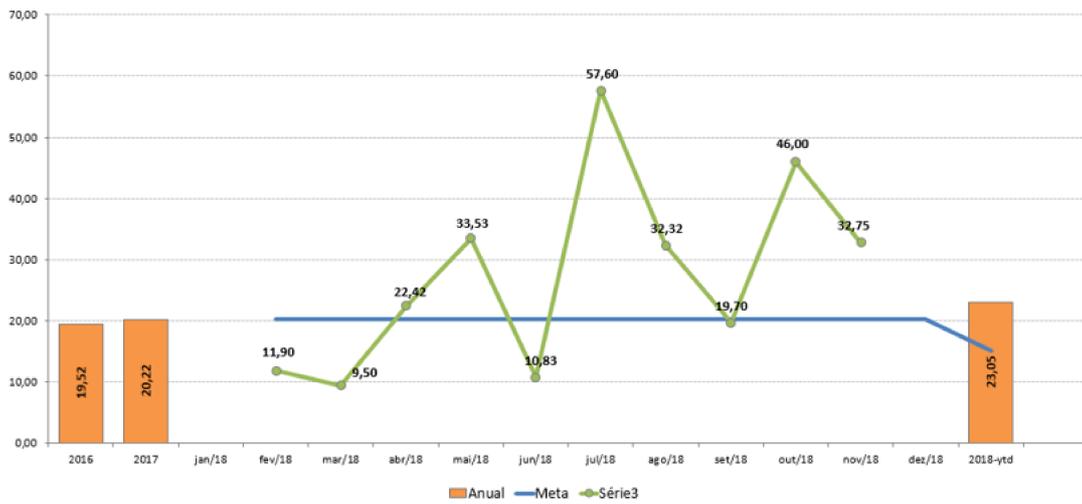


Figura 26 – Paradas não Planejadas Antes da Engenharia de Manutenção.

Fonte: Autora.

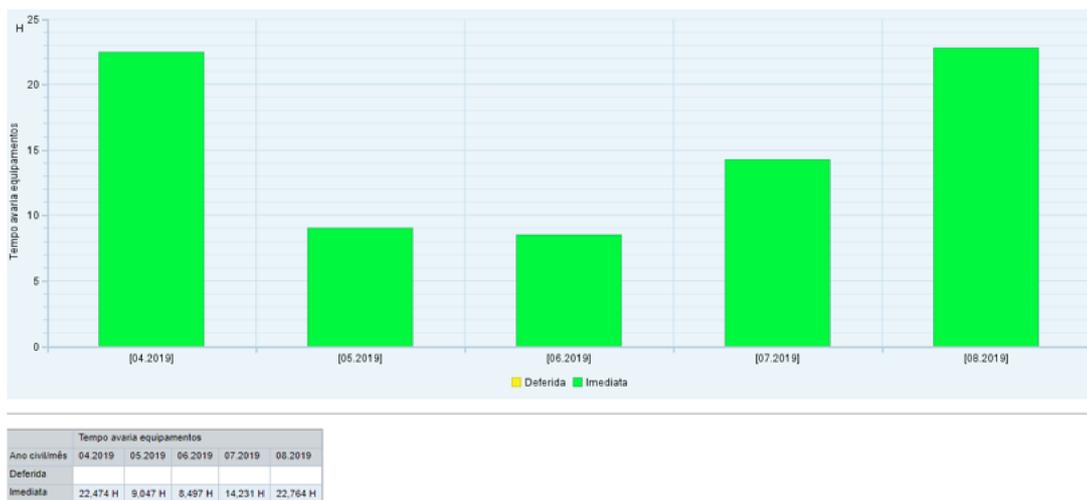


Figura 27 – Paradas não Planejadas Após da Engenharia de Manutenção.

Fonte: SAP - BW. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 10h56, Autora.

Com a atribuição dos pontos de medição, valores numéricos reais sobre a execução das atividades na máquina toda (figura 28) ou na endireitadeira (figura 29), por exemplo, podem ser encontrados em gráficos e relatórios emitidos pelo SAP, tal qual a realização ou não realização das inspeções e preventiva.

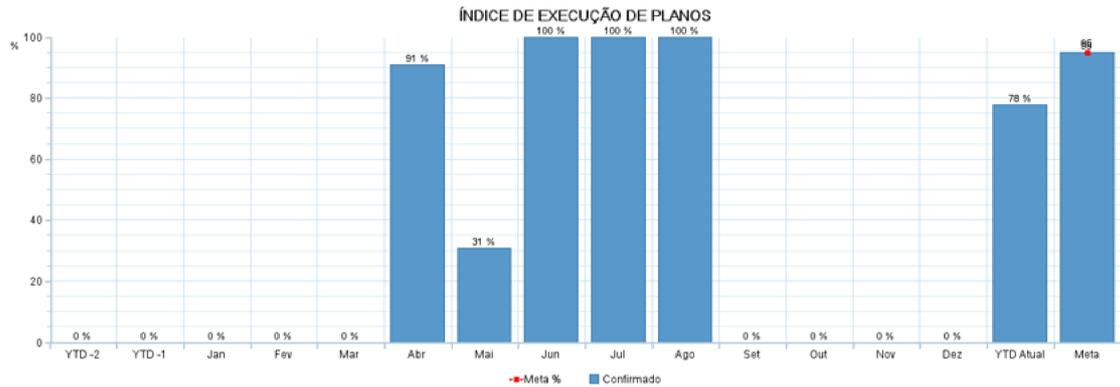


Figura 28 – Inspeções Realizadas na MT222.

Fonte: SAP - BW. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 11h37, Autora.

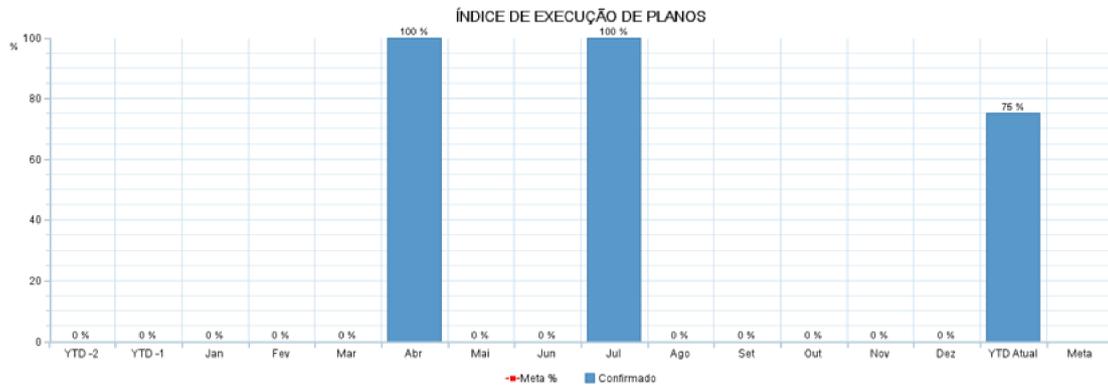


Figura 29 – Inspeções Realizadas na Endireitadeira da MT222.

Fonte: SAP - BW. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 11h51, Autora.

A atualização e padronização de uma massa de dados em vigor para a execução do fluxo de manutenção de uma forma mais detalhada, sendo possível um empregado leigo ter uma maior clareza do que ele está executando.

Abaixo, imagens da arborização Antiga x Nova (Figuras 30, 31 e 32) e das listas de tarefa Antiga x Nova (figuras 33 e 34)

Lista Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Configurações Sistema Ajuda

Exibir equipamento: Lista de estrutura

Nível para cima Explosão total Classes de material

Equipamento: EN201 Vál.desde: 26.08.2019

Denominação: ENDIREITADEIRA DA MT222

EN201	ENDIREITADEIRA DA MT222	B	USJF-PTICC	4000
EN20101	ROLDANA E ROLETE DE ENTRADA	I		1
EN20102	CABEÇOTE PUXADOR	I		1
EN20103	MULTIPLICADORA	I		1
EN20104	ROL. ENDIR. MOVEIS.	I		1
EN20105	ROL. ENDIR. FIXOS	I		1
EN20106	CAB. CORTADOR EN201	I		1
EN20107	ACIONAMENTO DO MOTOR PRINCIPAL	I		1
EN20108	GUIAS	I		1
EN20109	CALHA	I		1
EN20110	ACIONAMENTO	I		1
EN20111	PAINEL PRINCIPAL	I		1
EN20112	PAINEL LOCAL	I		1
EN201-01	Disjuntor de Alta- DA03/04	B	USJF-PTICC	4000
EN201-02	Disjuntor de Baixa-DB03/04	B	USJF-PTICC	4000
EN201-03	SE ICC3 - Gaveta 1.1	B	USJF-PTICC	4000
EN201-04	Chave de bloqueio CBMT222	B	USJF-PTICC	4000
EN201-05	Endireitadeira EN201-Vál MTA222B	B	USJF-PTICC	4000
EN201-06	Montante ar 6BAR / Jusante ar 0BAR	B	USJF-PTICC	4000

Figura 30 – Arborização Antiga Endireitadeira MT222.

Fonte: SAP - PM. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h02, Autora.

Lista Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Configurações Sistema Ajuda

Exibir equipamento: Lista de estrutura

Nível para cima Explosão total Classes de material

Equipamento: MT222 Vál.desde: 26.08.2019

Denominação: MAQUINA DE TREFILAR

MT222	MAQUINA DE TREFILAR	B	USJF-PTICC	4000
MT22201	Bloqueio na SE ICC3 - Gaveta 1.1	I		1
MT22202	CONJUNTO DE BLOQUEIO PNEUMÁTICO	I		1
MT22203	DESENROLADOR	I		1
MT22204	ANEL DE DESLIGAMENTO	I		1
MT22205	DECAPADOR MECANICO	I		1
MT22206	SECADOR DE ARAME	I		1
MT22207	MONOBLOCO	I		1
MT22208	SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO	I		1
MT22209	SISTEMA PNEUMÁTICO	I		1
MT22210	TUBO DE TRANSFERENCIA	I		1
MT22211	PAINEL ELÉTRICO	I		1
MT222-01	Disjuntor de Alta - DA03/04	B	USJF-PTICC	4000
MT222-02	Disjuntor de Baixa - DB03/04	B	USJF-PTICC	4000
MT222-03	Seccionadora de Bloqueio SBPMT222	B	USJF-PTICC	4000
MT222-04	Chave de Desligamento CBMT222	B	USJF-PTICC	4000
MT222-05	SE ICC3 - Gaveta 1.1	B	USJF-PTICC	4000
MT222-06	Montante elétrica 22KV / Jusante elétrica	B	USJF-PTICC	4000
MT222-07	Montante elétrica 440V / Jusante elétrica	B	USJF-PTICC	4000
MT222-08	Montante ar 6BAR / Jusante ar 0BAR	B	USJF-PTICC	4000
MT222-09	Montante água 4Kgf/cm² / Jusante água 0K	B	USJF-PTICC	4000
MT222-12	Blq pneum amar MT222 - Válv MTA222C	B	USJF-PTICC	4000
MT222-13	Blq pneum cx pux MT222 - Válv MTA222D	B	USJF-PTICC	4000
MT222-14	Bloqueio água do monobloco Valv BAMI222	B	USJF-PTICC	4000

Figura 31 – Arborização Antiga MT222.

Fonte: SAP - PM. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h12, Autora.

	ObjTécnico	C
▶ ALTO FORNO E SINTERIZAÇÃO	BJ-SB	A
▶ SERVIÇO DE PRODUÇÃO	BJ-SP	1
▶ ACIARIA	BJ-ST	1
▶ LAMINAÇÃO	BJ-LR	1
▶ TREFILARIA	BJ-LW	1
▶ RECOZIMENTO	BJ-LW-BAF1	A
▶ FÁBRICA DE BARRAS CONSTRUÇÃO CIVIL	BJ-LW-CBM1	1
▶ MÁQUINAS DE TREFILAR	BJ-LW-CBM1-3B	1
▶ MT222	BJ-LW-CBM1-3B-01	A
▶ ANEL DE DESLIGAMENTO	BJ-LW-CBM1-3B-01-01	B
▶ DECAPADOR MECÂNICO	BJ-LW-CBM1-3B-01-02	B
▶ CAIXA DE SABÃO	BJ-LW-CBM1-3B-01-03	B
▶ MONOBLOCO	BJ-LW-CBM1-3B-01-04	A
▶ ENDIREITADEIRA	BJ-LW-CBM1-3B-01-05	A
▶ APONTADOR	BJ-LW-CBM1-3B-01-06	C
▶ DESENROLADOR	BJ-LW-CBM1-3B-01-2E	C
▶ CALHA DE SAÍDA	BJ-LW-CBM1-3B-01-A9	A
▶ ACESSO ELEVADO	BJ-LW-CBM1-3B-01-CM	B
▶ DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	BJ-LW-CBM1-3B-01-ED	A
▶ DISPOSITIVOS DE IMPEDIMENTO	BJ-LW-CBM1-3B-01-IS	A
▶ MT223	BJ-LW-CBM1-3B-02	A
▶ MT224	BJ-LW-CBM1-3B-03	A
▶ MT225	BJ-LW-CBM1-3B-04	A
▶ ACESSO ELEVADO	BJ-LW-CBM1-3B-CM	B

Figura 32 – Arborização Nova MT222.

Fonte: SAP - PM. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h24, Autora.

Item	Tp.	Pln.manuten.	Descrição item de manutenção	Local de instalação	Denominação do loc.instalação
PM02	JF-P-3F	JF-P-3F	VIBRAÇÃO MOTOR MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
PM02	JF-P-3F	JF-P-3F	VIBRAÇÃO REDUTOR MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
PM02			Item lub. elétrica MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
PM02			Item inspeção motor MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-P	JF-C-MT222-P	Item lubrificação MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-P	JF-C-MT222-P	Item mecânica MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-P	JF-C-MT222-P	Item caldeiraria MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-LBFIL-P	JF-T-LBFIL-P	Item lubrificação MT222 lubrifi	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MTART-P	JF-C-MTART-P	Item lubrificação MT222 arraste	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-MT222-I	JF-T-MT222-I	Item inspeção mecânica MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-MT222IB	JF-T-MT222IB	Item Insp Inventário Bloqueio	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-MT222IB	JF-T-MT222IB	Item Insp Inventário TAG	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-P	JF-C-MT222-P	Item inspeção calha MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
PM02			Item inspeção motor MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10			Item mecânica soprar secador de ar	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-MT222-I	JF-T-MT222-I	Item troca de filtros	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10			Item elétrica - filtros	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-C	JF-C-MT222-C	Item coleta de óleo - anual	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-T-MT222-I	JF-T-MT222-I	Item verificação sensor de óleo	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...
MP10	JF-C-MT222-P	JF-C-MT222-P	Item elétrica MT222	JF-TR-BCC-LPBC	Linha de Produção de Barras R...

Figura 33 – Listas de Tarefas Antigas MT222.

Fonte: SAP - PM. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h27, Autora.

GrLisTar	Ngr	M	GrPIT	Local de instalação	Equipamento	Descrição	I	CenTrab	Criado em
85762	8		EO2	BJ-LW-CBM1-3B-01		ELE-LUB. MOTORES MT222 (EN201)	0		07.08.2019
	9					ELE-LUB. MOTORES MT222	0		07.08.2019
	7		WE1			ELE-ELÉTRICA PREVENTIVA MT222	0	WEND-0...	28.03.2019
85709	2			BJ-LW-CBM1-3B-01-01		ELE-INSP-ANEL DESLIGAMENTO MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85728	1			BJ-LW-CBM1-3B-01-02		ELE-INSP-DECAPADOR MECÂNICO MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85729				BJ-LW-CBM1-3B-01-03		ELE-INSP-CAIXA DE SABÃO MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85710	2			BJ-LW-CBM1-3B-01-04		ELE-INSP-MONOBLOCO MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85711				BJ-LW-CBM1-3B-01-05		ELE-INSP-ENDIREITADEIRA MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85730	1			BJ-LW-CBM1-3B-01-06		ELE-INSP-APONTADOR MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85708	2			BJ-LW-CBM1-3B-01-2E		ELE-INSP-DESENROLADOR MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85712	3			BJ-LW-CBM1-3B-01-A9		ELE-INSP-CALHA SAÍDA MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85731	1			BJ-LW-CBM1-3B-01-ED-EB		ELE-INSP-PAINEL ELÉTRICO MT222	0	WEND-0...	26.03.2019
85762			WM1	BJ-LW-CBM1-3B-01		MEC-MECÂNICA PREVENTIVA MT222	0	WMND-0...	28.03.2019
	2					MEC-CALDEIRARIA PREVENTIVA MT222	0	WMND-0...	28.03.2019
	3					MEC-LUBRIFICAÇÃO PREVENTIVA MT222	0	WMND-0...	28.03.2019
	4					MEC-LUB. CASSETES MT222 - TURNO	0	WMLF-001	28.03.2019
	5					MEC-LUBRIFICAÇÃO SEMANAL MT222	0	WMLF-001	28.03.2019
	6					MEC-LUBRIFICAR CONJ. DECAPADOR MT222	0	WMLF-001	28.03.2019
85709	1			BJ-LW-CBM1-3B-01-01		MEC-INSP. ANEL DE DESLIGAMENTO MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019
85728	2			BJ-LW-CBM1-3B-01-02		MEC-INSP. DECAPADOR MT222	0	WMNF-0...	28.03.2019
85710	1			BJ-LW-CBM1-3B-01-04		MEC-INSP. MONOBLOCO MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019
85711				BJ-LW-CBM1-3B-01-05		MEC-INSP. ENDIREITADEIRA MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019
85708				BJ-LW-CBM1-3B-01-2E		MEC-INSP. DESENROLADOR MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019
85712				BJ-LW-CBM1-3B-01-A9		MEC-INSP. CALHA DA MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019
	2					MEC-INSP. SEMANAL CALHA DA MT222	0	WMNF-0...	26.03.2019

Figura 34 – Lista de Tarefa Novas MT222.

Fonte: SAP - PM. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h34, Autora.

Por fim, a figura 35 representou a disponibilidade da máquina MT222.

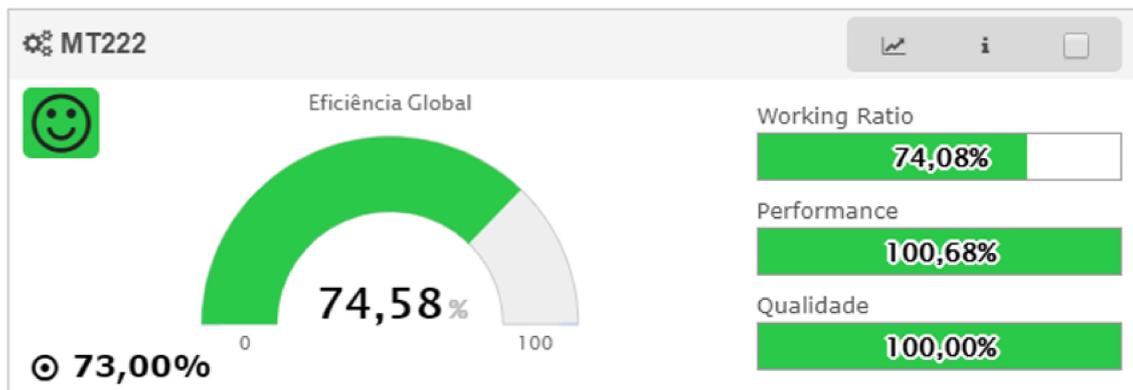


Figura 35 – Eficiência Global MT222.

Fonte: MES. Acesso em: 10/09/2019 (Terça-Feira) às 12h45, Autora.

Da figura 35, pode-se extrair alguns pontos, tais quais:

1. A face verde com um sorriso indica resultados positivos de funcionamento da máquina
2. A MT222 atingiu 74,58 % em 10/09/2019 de eficiência global. Sendo que, a meta deste equipamento é de 73 %. Concluindo que a máquina estava acima da meta

mensal de eficiência global no dia 10 de setembro de 2019.

3. Working Ratio ou taxa de trabalho é o tempo em que o equipamento foi utilizado e por quê. Este indicador mede as perdas geradas pelo fato do equipamento não estar produzindo e suas causas: falta de trabalho, defeitos mecânicos ou elétricos, problemas com materiais, pessoas ou processos.

4. Performance: Diz respeito às perdas geradas por não produzir na velocidade máxima do equipamento.

5. Qualidade: Este indicador mede as perdas geradas pela produção de material que não pôde ser entregue ao cliente ou entregue com problema.

7 CONCLUSÃO

Pelo apresentado nesse trabalho pode-se tirar as seguintes conclusões:

-> A pesquisa atendeu plenamente seu objetivo principal uma vez que foi aplicado a matriz FMEA do processo para melhorar a eficiência global da Endireitadeira da Máquina de Trefilar MT222. A pesquisa permitiu uma melhora no desempenho do equipamento alcançando uma diminuição de 232 % notas abertas quando comparada de abril a agosto do ano anterior em relação ao mesmo período de 2019. Esse dado foi percebido diretamente na eficiência global, que atingiu números próximos a 75 %. O que demonstra que, se aplicada corretamente, essa importante ferramenta da qualidade pode melhorar a eficácia da máquina.

-> A detecção dos problemas macros no equipamento, pôde-se identificar de forma analítica com o emprego da matriz FMEA e, portanto, obteve maior assertividade os problemas macros do equipamento

-> Com a análise de fatos mais detalhados, a partir dos problemas macros (modos de falhas), foram apurados os principais modos de falha do equipamento e dentro esses, o mais significativo ocorreu com a falta de corte da navalha no corte do arame. Seu risco de Prioridade alcançou 96, o maior dentre eles. A Causa Raiz do principal modo de falha foi a inexperiência de funcionário.

-> Como medidas mitigadoras foram tomadas ações de padronização que culminaram com um melhor controle e evitou que cada operador realizasse ação do seu próprio jeito. Além disso, a padronização facilitou a realização de benchmark.

Como comentário final pode-se dizer que a aplicação das ferramentas da qualidade ou de qualquer metodologia analítica como acompanhamento e ação direta de um pesquisador são válidas desde que trabalhe com informações mais exatas possíveis.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMANNAI, B. A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies. 2008
- [2] ARAÚJO, Igor Mateus de; SANTOS, Crisluci Karina Souza. Manutenção elétrica industrial, 2008
- [3] ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. 2000
- [4] ASHLEY, Patrícia Almeida. Ética e Responsabilidade Social nos Negócios. 2002
- [5] BREDA, Daniel Seixas. ARMP – Priorização de Ativos. Dezembro 2016
- [6] FERREIRA, Pedro Inácio Antunes. CMNT04 – Planos de Manutenção. Agosto 2016
- [7] D. H. Stamatis. Failure Mode and Effects Analysis, 2003.
- [8] FILHO, Rogério Arcuri. Introdução à manutenção centrada na confiabilidade – MCC: programa de atualização técnica. Rio de Janeiro: SENAI, 2008.
- [9] FOGLIATTO, Flávio Sanson. Confiabilidade e Manutenção Industrial, 2011.
- [10] GARCIA, Fernanda de Oliveira. Aços Longos – Programa Manutenção 2020 Kick Off – Usinas. Novembro 2017
- [11] HEARDQUARTERS. Failure Modes, Effects and Criticality analysis (FMECA) for command, control, communications, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (C4ISR) facilities, September 2006.
- [12] KARDEC, A.; NASFIC, J. Manutenção: função estratégica. 3^a. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- [13] MOBLEY, R. K. Root Cause Failure Analysis. 1^a. ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999.

- [14] MORAES, Paulo Henrique de Almeida. Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.
- [15] MOUBRAY, J., Reliability-centered maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press Inc., 2000.
- [16] OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008
- [17] RAUSAND, MARVIN & HOYLAND, ARNLJOT. System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications. 2^a. ed. 2004
- [18] SAE STANDART. Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA). SAE Standard. Surface Vehicle Recommended Practice SAE -J1739. 2000.
- [19] SIDRICE. S2.2.1.0b Asset breakdown structure - technical objects SAP-PM. 2016
- [20] SIQUEIRA, Iony Patriota. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005
- [21] SIQUEIRA, Y. P. D. S. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. 1^a (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- [22] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2002.
- [23] VARGAS, R. VIANA; Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. EUA, 2010
- [24] XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Produtiva. 1^a edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998. 302 p.

- [25] WYREBSKI, Jerzy. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE