

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
ENGENHARIA ELETRÔNICA**

LUCAS GONÇALVES DE OLIVEIRA FRANÇA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA UM SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTIÇÃO DE
FAÍSCAS EM UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

LUCAS GONÇALVES DE OLIVEIRA FRANÇA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA UM SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTIÇÃO DE
FAÍSCAS EM UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica, do Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mendes Casaro

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UM SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTINÇÃO DE FAÍSCAS EM UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA

por

LUCAS GONÇALVES DE OLIVEIRA FRANÇA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 08 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

PROF. MARCIO MENDES CASARO, DR.

Prof. Orientador

PROF. FREDERIC CONRAD JANZEN, DR.

Primeiro Membro

PROF. EDISON LUIZ SALGADO, MSC.

Segundo Membro

Dedico esse trabalho aos meus pais e irmãos que são os maiores contribuintes para minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu amado Senhor e Salvador, Cristo, em quem estão escondidos todos os mistérios do conhecimento e da sabedoria.

Aos meus pais, Pedro e Raquel, e meus irmãos Paulo e Abqueila; os quais amo, e se hoje posso realizar esse trabalho, é porque os mesmos, também acreditaram nos meus sonhos, e tem sido o alicerce da realização de todos.

Ao meu orientador, Dr. Márcio Mendes Casaro, que me auxiliou no Trabalho de Conclusão de Curso, e que entendeu as minhas ausências nas reuniões. Agradeço a ele pelas orientações e correções que fez no meu trabalho possibilitando a melhora do mesmo.

Por fim, agradeço a dois grandes amigos que me apoiaram durante esses 5 anos e 6 meses. Julio César Bortolini Rodrigues e Denis Takeo Toyoshima, meus amigos, colegas de classe, companheiro de felicidades e dificuldades, os quais sempre me ajudaram como podiam.

RESUMO

França, Lucas G. O.. **DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UM SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTIÇÃO DE FAÍSCAS EM UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA.** 2017. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa.2017.

A manutenção é um dos setores em crescimento no ambiente industrial. Com esse crescimento, dá-se muita importância para a Manutenção Preventiva que é aquela que visa às ações antes da quebra de uma máquina. A quebra produz tempos de parada de produção, o que é totalmente inviável no ambiente competitivo das indústrias no cenário atual. Equipamentos que afetam diretamente a segurança ambiental também são considerados como os críticos nesse cenário. Sendo assim, esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva para um sistema eletrônico de extinção de faíscas em uma indústria de beneficiamento de madeira. Este sistema eletrônico atua indiretamente nas linhas de produção, pois, protegem os silos e exaustores ligados as linhas de produção. Aplica-se a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade para o desenvolvimento desse trabalho, aliada a outras ferramentas como indicadores de manutenção e uma equação para o cálculo dos tempos de manutenção preventiva.

Palavras-chave: Indústria de Beneficiamento de Madeira. Quebras. Extinção de Faíscas. Manutenção Centrada na Confiabilidade. Manutenção Preventiva.

ABSTRACT

FRANÇA, Lucas G.O.. **DEVELOPMENT OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR AN ELECTRONIC SYSTEM OF SPARK EXTINCTION IN AN INDUSTRY OF EXPLOITATION TIMBERED**. 2017. 66 p. Completion of a Bachelor's Degree in Electronic Engineering – Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa,

Maintenance has been one industrial department with great increase over time. This fact gives a new look to Preventive Maintenance, which is what to do before the machine breaks. This breaks produces times without production, what is completely unviable inside competitive environment of industries currently. Equipment that affects the ambient security are also considered critical in this case. Therefore, this work presents a development of a preventive maintenance plan to a spark extinction electronic system inside a wood processing industry. The equipment acts straight on production lines, protecting containers and exhaust fans of these lines against fire and explosions. Over the development of this work, it was applied the methodology of Maintenance Centered in Reliability, allied to other tools like maintenance indicators and an equation to calculate the preventive maintenance times.

Keywords: Wood Processing Industry. Breaks. Spark Extinction. Maintenance Centered in Reliability. Preventive Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução temporal das técnicas de manutenção	24
Figura 2 – As Principais Divisões da Manutenção na Opinião de Viana	27
Figura 3 – Curva Característica da Vida de um Equipamento.....	29
Figura 4 – Árvore Lógica da Decisão para escolha das atividades de manutenção preventiva.....	37
Figura 5 – Fluxograma de Seleção das Tarefas de Manutenção	38
Figura 6 – Etapas de Implantação da Metodologia de MCC	40
Figura 7 – Imagem ilustrativa dos Sensores na tubulação	45
Figura 8 – Imagem ilustrativa dos Sensores na tubulação	49
Figura 9 – Fluxograma indicando as Etapas de Funcionamento do Equipamento....	50
Fotografia 1 – Exaustor do Setor Finger Joint	21
Fotografia 2 – Linha de Produção no Período da Revolução Industrial	23
Fotografia 3 – Sensores instalados em uma das Tubulações da Empresa.....	46
Fotografia 4 – Painel Elétrico do Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas	47
Fotografia 5 – Unidade de Elevação de Pressão de Água	48
Fotografia 6 – Extintor Instalado em um dos Exaustores da Empresa.....	49
Gráfico 1 – Taxas de Falhas nos Períodos Avaliados	54
Gráfico 2 – Índice de MTBF Considerando Falhas Mecânicas e Elétricas em horas	55
Gráfico 3 – Índice de MTTR Considerando Falhas Mecânicas e Elétricas em horas	55
Gráfico 4 – Índice de MTBF entre os Subconjuntos	56
Quadro 1 – Valores para o cálculo do índice de ocorrência	35
Quadro 2 – Conjuntos do Equipamento	45
Quadro 3 – Conjuntos, Subconjuntos e as Funções Respektivas a cada Subconjunto	51
Quadro 4 – Funções e Falhas Funcionais.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demonstrativo da Indisponibilidade do Equipamento para Operação	53
Tabela 2 – Demonstrativo do Número de Ocorrências de Falhas no Período de Avaliação.....	54
Tabela 3 – MTBF para cada Subconjunto	56
Tabela 4 – Planilha do FMEA Desenvolvida	58
Tabela 5 – Tabela Indicando as Atividades de Manutenção Preventiva Recomendadas	59
Tabela 6 – Periodicidade das Tarefas de Manutenção Preventiva para cada Subconjunto	60
Tabela 7 – Plano de Manutenção Preventiva Quinzenal.....	62
Tabela 8 – Plano de Manutenção Preventiva Mensal	63
Tabela 9 – Plano de Manutenção Preventiva Bimestral.....	63
Tabela 10 – Plano de Manutenção Preventiva Trimestral.....	64

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
OS	Ordem de Serviço
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
RCM	Reliability-Centered Maintenance
PM	Plano de Manutenção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1. TEMA	13
1.2. PROBLEMA	14
1.3. OBJETIVO GERAL	14
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.5. JUSTIFICATIVA	15
1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
2 SETORES DA INDÚSTRIA DE MOLDURAS	17
2.1 SERRARIA.....	17
2.2 ESTUFAS	18
2.3 PREPARAÇÃO DE MADEIRAS	18
2.4 OTIMIZADORA	19
2.5 FINGER JOINT	19
2.6 MOLDUREIRA	20
2.7 PRIMER	20
3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	22
3.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	22
3.2 OS TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	25
3.2.1 A Manutenção Corretiva	25
3.2.2 A Manutenção Preventiva	25
3.2.3 A Manutenção Preditiva	26
3.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	28
3.3.1 A importância dos indicadores de Manutenção.....	28
3.3.2 Taxa de Falha	28
3.3.3 MTBF	29
3.3.4 MTTR	30
3.3.5 Disponibilidade.....	30
4 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC).....	31
4.1 INTRODUÇÃO AO MCC.....	31
4.2 HISTÓRICO DO MCC.....	31
4.3 IMPLANTAÇÃO DA MCC:	32
4.3.1 Preparação do Estudo	33
4.3.2 Seleção do Equipamento	33
4.3.3 Definição das Funções e Falhas Funcionais.....	33
4.3.4 Seleção dos Itens Físicos Críticos	34
4.3.5 Coleta e Análise de Informações	34
4.3.6 FMEA	36
4.3.7 Seleção das Tarefas de Manutenção preventiva	36

4.3.8	Periodicidade dos tempos de manutenção preventiva	40
5	UM MODELO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO.....	41
6	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTINGÇÃO DE FAÍSCAS.....	42
6.1	ETAPA 01: PREPARAÇÃO DO ESTUDO	42
6.2	ETAPA 02: SELEÇÃO DO SISTEMA	44
6.3	ETAPA 03: ANÁLISE DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS	44
6.3.1	Divisão dos Conjuntos	44
6.3.2	Descrição do Funcionamento do Equipamento.....	45
6.4	ETAPA 04: SELEÇÃO DOS ITENS FÍSICOS CRÍTICOS.....	52
6.5	ETAPA 05: ANÁLISE E COLETA DE INFORMAÇÕES.....	53
6.6	ETAPA 06: FMEA	57
6.7	ETAPA 07: SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	59
6.8	ETAPA 08: DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	60
7	ELABORAÇÃO DAS PLANILHAS DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTINGÇÃO DE FAÍSCAS.....	61
8	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1. TEMA

A prevenção contra incêndio abrange as disposições que visam prevenir a eclosão ou reduzir o risco de alastramento do incêndio, evitar perigo para os ocupantes ou para a propriedade (MARTINS, 2005, p.5).

Zaians (2003) afirma que as indústrias estão buscando maior produtividade e competitividade, e para isso, utiliza cada vez mais a produção de forma mecanizada. Nessa busca por dinamicidade, escolhem-se máquinas que apresentem maior potência, velocidade, robustez, entre outras características para ganhar agilidade na produção.

Tais máquinas e processos somente podem produzir com características de qualidade exigidas se puder desempenhar as suas funções básicas de forma constante, sem afetar a segurança humana e a integridade ambiental (ZAIONS, 2003, p.19). Para se conseguir a integridade ambiental e humana devem-se prevenir incêndios nos ambientes onde eles possam ser comuns. Acerca disso Souza (2013) afirma que:

Ao longo do último século, para atender os anseios de consumo da população mundial, houve uma grande evolução nos processos industriais e a complexidade destes exige que as dimensões dos mesmos sejam muito amplas para conferir rentabilidade aos investidores, pois a viabilidade econômica de muitas atividades somente se dá devido a uma grande quantidade de produção. Por este motivo, tornou-se bastante comum as empresas armazenarem e manipularem grandes quantidades de substâncias consideradas perigosas (SOUZA, 2013, p.1).

Neste contexto exposto anteriormente, a empresa onde o trabalho foi desenvolvido é uma grande produtora de substâncias consideradas inflamáveis, sendo uma indústria de molduras, onde o beneficiamento da madeira é feito através de vários setores. Em cada setor há sobras dos cortes realizados na madeira. As sobras dos cortes são transportadas pelo sistema de exaustão aos silos existentes. O contato desse material com as tubulações dos silos e exaustores pode gerar faíscas que tornar-se-ão incêndios se elas não forem eliminadas em pouco tempo.

Para atender essa necessidade de prevenção de incêndios no ambiente da fábrica, está instalado nas tubulações de exaustão um sistema eletrônico que faz a extinção de faíscas. Esse é composto de sensores e extintores que realizam a detecção e extinção de faíscas. Todos eles são comandados por uma central, composta de um painel elétrico com uma IHM, montado especialmente para essa aplicação. Os sensores e extintores detectam e extinguem as faíscas através de sua comunicação com a central em um curto espaço de tempo. À medida que um sensor detecta uma faísca, ele envia um sinal para a central e esta envia um sinal para o extintor num espaço de tempo na casa dos milissegundos. Na IHM da central, várias operações podem ser realizadas, como testes dos sensores e extintores, verificação das falhas no equipamento, verificação de ocorrências de faíscas, e até em um caso mais crítico alarme de um incêndio. Os extintores são pulverizadores que lançam um jato d'água pressurizada. Essa água pressurizada vem de uma central de tratamento que eleva a pressão d'água.

Esse sistema atualmente não tem um plano de manutenção preventiva para garantir maior confiabilidade no seu funcionamento, sendo atendido apenas pela manutenção corretiva. Portanto a proposta de um plano de manutenção preventiva é um ponto inicial para dar a empresa maior segurança no seu funcionamento.

1.2. PROBLEMA

A falta de manutenção preventiva aumenta às paradas por falhas dos sensores e extintores do sistema, fazendo com que muitas vezes a linha de exaustão seja desligada para que o problema seja solucionado causando assim, em alguns casos, a parada da linha de produção ligada ao exaustor.

1.3. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um plano de manutenção preventiva para ser realizado periodicamente no sistema eletrônico automático de detecção e extinção de faíscas da empresa

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar alguns temas sobre a manutenção industrial, através da pesquisa na literatura sobre a sua história e seus modos de aplicação nas fábricas.
- Conhecer o funcionamento do equipamento eletrônico de detecção e extinção de faíscas.
- Construir um plano de manutenção preventiva para ele baseado na aplicação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade.
- Conhecer os índices de manutenção que são indicadores dos tempos médios de maquinário parado, disponibilidade de máquina, tempo médio de manutenção corretiva, taxas de falha e aplicá-los em conjunto com os dados de operação do equipamento a fim de se saber o estado do maquinário e contribuir para o desenvolvimento da metodologia citada no tópico anterior formando gráficos e índices sobre.
- Aplicar uma equação científica em conjunto com a opinião de especialistas para saber qual o melhor tempo para a realização de cada atividade de manutenção preventiva
- Criar um plano de manutenção com a descrição das atividades a serem realizadas pelos mantenedores no formato de planilha, baseado em um modelo proposto pela literatura e acrescentar a informações que a empresa julga necessárias nesse plano.

1.5. JUSTIFICATIVA

Souza (2013) aponta a importância de que a operação de uma instalação, na qual se trabalhe com materiais inflamáveis precisa do controle de todos os procedimentos rotineiros e eventuais para evitar quaisquer anormalidades.

Para Pinto e Nascif (2001), a manutenção preventiva tem como objetivo prevenir uma falha antes que esta aconteça se for cumprido um plano previamente estabelecido.

Assim, justifica-se esse trabalho pela importância que tem o equipamento dentro da empresa evitando incêndios nos silos e como o desenvolvimento de um plano que dê suporte aos mantenedores para manter o bom estado operacional do equipamento.

1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho é a aplicação de um estudo de caso.

Zaions (2003) em seu trabalho aponta que o estudo de caso constitui-se como um tipo de análise que é feita baseada em uma unidade. Portanto, esse trabalho analisa o sistema eletrônico de extinção de faíscas para gerar um plano de manutenção preventiva ao mesmo. Para isso, utiliza-se de ferramentas da gestão da manutenção, de indicadores de manutenção, que fazem chegar ao correto desenvolvimento de um plano de manutenção. Através da metodologia de manutenção centrada na confiabilidade seguiu-se uma sequência de passos para o desenvolvimento do plano de manutenção. A pesquisa nessas etapas envolveu o conhecimento de especialistas sobre o sistema, a consulta de manuais de instrução e utilização do software de gestão da manutenção para construção de gráficos, utilizando indicadores de manutenção apontados na literatura.

A pesquisa ainda contou com reuniões em campo, para se discutir sobre as falhas que o sistema vinha apresentando bem como reuniões para a idealização de tarefas preventivas. Através de um dos indicadores de manutenção foi realizado o levantamento dos tempos de manutenção preventiva ideais para o equipamento, aliando com a opinião dos mantenedores.

2 SETORES DA INDÚSTRIA DE MOLDURAS

A indústria onde o sistema eletrônico de extinção de faíscas está instalado é beneficiadora da madeira.

A produção se concentra em pedidos para a exportação. As molduras produzidas têm vários modelos e medidas de acordo com a demanda de pedidos que a empresa recebe.

Nesta seção serão apresentados os setores da indústria pelos quais a madeira trafega desde que ela é ainda a tora com a casca até chegar a se tornar o produto final para venda. Será apresentado o destino que tem cada resíduo que sobra das atividades realizadas sobre a madeira, visto que, esses resíduos são transportados pelas tubulações de exaustão, as quais são monitoradas pelo sistema eletrônico de extinção de faíscas.

2.1 SERRARIA

Assim que os caminhões carregados de toras entram na empresa, estas são descarregadas no pátio. Depois de serem descarregadas, são levadas através de uma máquina transportadora até uma cabine chamada descascador, onde elas são descascadas e movimentadas através de esteiras a uma serra elétrica que as corta ao meio. Depois de serem cortadas são transportadas junto até a resserra que as serrará novamente transformando-as em tábuas. Após isso a tábua passara pelo refilador, onde um operador comanda o equipamento que refila a tábua, ajustando automaticamente o equipamento para que o mesmo refile a tábua em dimensões pré-determinadas pelo PCP para que as tábuas estejam na medida correta de acordo com o que os próximos setores necessitam. Ao sair da refiladeira, a tábua é separada em esteiras chamadas de classificadores, onde através de sensores é feito a medida da largura de cada tábua, colocando-as na esteira correta para que elas caiam no box que armazena as tábuas de acordo com sua largura.

Toda a serragem que sobra dos cortes na madeira é transportada por um sistema de exaustão que as suga até um o silo principal da empresa.

2.2 ESTUFAS

Os pacotes feitos na serraria são levados por empilhadeiras até estufas onde ficam armazenadas para receber um banho de vapor quente, dentro de estufas. O banho de vapor quente é feito através de ventilação, pois existem grandes hélices que através de sua alta rotação, fazem com que um vapor de temperatura extremamente alta seja lançado sobre as tábuas de forma que elas não estejam mais úmidas. Essa etapa é necessária para que o material posteriormente não venha a empenar ou sofrer alguma outra ação devido à umidade.

O vapor quente vem de duas caldeiras que fazem a queima da serragem vinda da serraria. Existem tanques de água existentes que através de tubulações, são aquecidos pela queima de serragem da caldeira, e posteriormente, se transformam em vapor que é transmitido por tubulações até as estufas.

As tábuas passam por esse tratamento de aquecimento na estufa por um tempo determinado e, depois de concluído esse tempo, as estufas são desligadas e as empilhadeiras transportam o material até o pátio de preparação de madeiras.

2.3 PREPARAÇÃO DE MADEIRAS

O pátio de preparação de madeiras é onde começa o acabamento do material para que o mesmo possa se tornar uma moldura.

A empilhadeira armazenou as pilhas de tábuas vindas das estufas no chão desse setor, e, conforme as necessidades, vão às colocando em duas esteiras que transportam as pilhas até os desgradeadores. Os desgradeadores desmontam as pilhas e enviam cada peça até as plainas. As plainas, por sua vez realizam um primeiro acabamento retirando a superfície mais áspera que ainda existe e cortando as tábuas em blocos de madeira menores de acordo com a largura necessária para moldura.

O que sobra desse processo é o chamado “cepilho”, que através de transportadores pneumáticos são sugados das plainas e transportados pelos sistemas de exaustão e levado até os silos. Nas tubulações do sistema de exaustão

desse setor aparecem os primeiros sensores e extintores do sistema que fazem a extinção das faíscas.

2.4 OTIMIZADORA

As otimizadoras são equipamentos automatizados que retiram os nós existentes nos blocos de madeira vindos da preparação. Os blocos passam por uma cabine eletrônica que realiza o escaneamento dos blocos apontando onde estão os nós. Ao sair da cabine de escaneamento, o bloco passa por outra cabine que possui facas, as quais movimentadas por engrenagens e motores cortam o começo e o final do nó na madeira. Esse processo é chamado de destopamento, e, o que sai com um tamanho aceitável da cabine é transportados através de esteiras até o piso móvel da *Finger Joint*. Os pedaços menores, ou os pedaços com nós, são lançados em *box's* de armazenamento e depois são vendidos para outra empresa.

Existem duas otimizadoras em atividade na empresa.

Todos os restos do processo de destopamento são sugados pelo sistema de exaustão e levados aos silos. Nessas tubulações também estão presentes os sensores e extintores do sistema.

2.5 FINGER JOINT

A *Finger Joint* é mais um setor responsável pelo acabamento. Os blocos que estão no piso móvel (esteira transportadora dos blocos destopados na otimizadora) são transportados em esteiras e colocados em contato com espátulas refileadoras que tocam as faces menores do bloco retangular garantindo que a superfície esteja completamente lisa. Depois de refileada, essa face passa por um conjunto de facas fazendo cortes nela deixando-a com ranhuras como um pente. Essas ranhuras são necessárias para colar vários blocos pequenos que no final terão um comprimento maior, necessário para a fabricação da moldura. A partir do corte, tem-se a próxima etapa em que são colados os blocos através de suas ranhuras nas faces. Os

pedaços são encaixados e colados de maneira que se tenha uma peça de maior comprimento.

As peças são armazenadas em pilhas e transportadas por empilhadeiras até a próxima etapa.

Os resíduos da *Finger Joint* são serragem. O sistema de exaustão transporta essa serragem até os silos de armazenamento. Nas tubulações de exaustão desse setor também existem sensores e extintores.

2.6 MOLDUREIRA

As empilhadeiras transportam as pilhas formadas com o produto do setor anterior até as moldureiras. Nas moldureiras elas são dimensionadas e recebem o formato através de cabines eletrônicas que refilam e cortam a madeira dando a ela o formato de moldura. Existem 6 moldureiras na empresa e cada uma delas é responsável por um tipo de formato de moldura, mas, dependendo da necessidade do processo, as facas que são colocadas na cabines para cortar a moldura, podem ser montadas e programadas eletronicamente para se ter duas linhas de moldureira fabricando o mesmo tipo de moldura. As molduras são armazenadas em pilhas e transportadas pelas empilhadeiras até o setor Primer.

O resíduo que sobra é transportada através do sistema de exaustão até os silos de abastecimento, e as tubulações de exaustão da moldureira também são monitoradas pelos sensores e extintores.

2.7 PRIMER

O *Primer* é o ultimo setor antes de o produto ser carregado finalmente pelo caminhão. O *Primer* é responsável por realizar um banho de gesso e um banho de tinta na moldura. O banho de gesso é chamado de primeira aplicação do *Primer*, onde cada moldura recebe um banho de gesso dentro de cabines. Ao sair dali a moldura passa pela segunda aplicação, onde, em outra cabine, o produto é sofre um banho de tinta. Após esse processo, a moldura vai até a cabine do queimador, onde

ela fica em um ambiente aquecido para que a tinta seque. Depois de tudo isso, o produto é embalado e está pronto para ser transportado até os clientes.

Para encerrar essa seção, é apresentada na fotografia 1 abaixo um dos exaustores que atua como foi explicado no texto acima.

Fotografia 1 – Exaustor do Setor Finger Joint



Fonte: Autor (2017)

3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Nesta seção será apresentado ao leitor um resumo histórico da evolução temporal da manutenção industrial. Será discorrido sobre o assunto utilizando as colocações de alguns autores que mantenham concordância sobre as evoluções desse processo ao longo de seu período histórico.

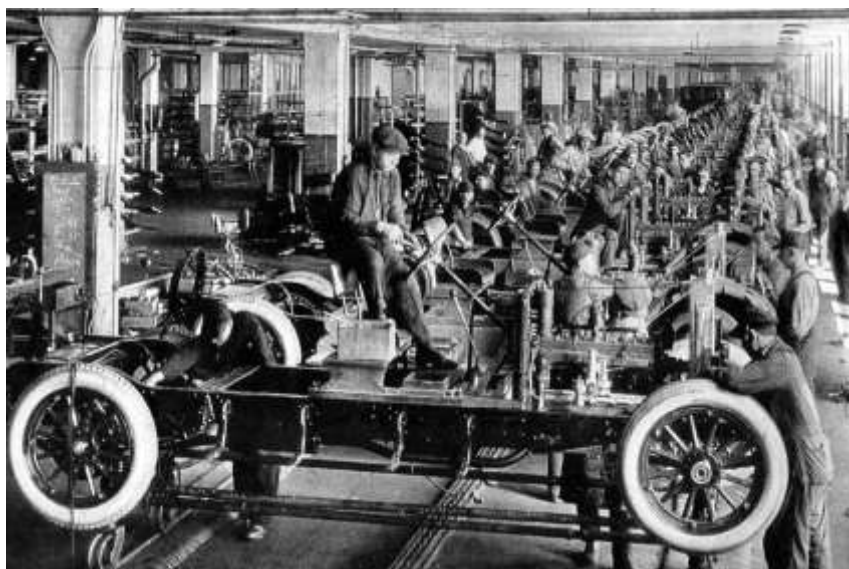
3.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Embora desde sempre o ser humano tenha feito manutenções, seja do modo mais rústico e simples, que é o de ajustar suas ferramentas de trabalho, pode-se dizer que nas indústrias, ela apareceu na produção de bens de consumo no início do século XVI, com o surgimento dos primeiros teares mecânicos. Nesse período, os operários de produção que trabalhavam nos teares, eram os mesmos que faziam a manutenção do equipamento, pois, os donos das fábricas treinavam os operadores para que eles pudessem fazer o ajuste das mesmas. No espaço entre século XVI e XVIII, começou uma transição na produção de bens para consumo familiar ou de pequenos grupos, e passou-se produção em larga escala, para comercialização que culminou na revolução industrial (VIANA, 2006).

Salienta Viana (2006) que, com o surgimento de linhas de produção no século XVIII, período de advento da revolução industrial, a manutenção industrial ganhou um maior destaque, haja vista que, a revolução trouxe a linha de produção, a fabricação de produtos tornou-se maior e mais dinâmica, principalmente pela utilização da máquina a vapor. Com essa dinamicidade, as máquinas tinham de ser continuamente reparadas para que se pudessem atender as grandes demandas de produção, entretanto, esses reparos recebiam pouca atenção, não procurando ter um padrão, o que colocava a atividade de manutenção como algo de pouca importância dentro daquele ambiente fabril embora fosse algo extremamente necessário e constante.

A fotografia 2 abaixo ilustra a linha de produção nesse período da revolução industrial:

Fotografia 2 – Linha de Produção no Período da Revolução Industrial



Fonte: www.conhecimentohistorico.com (2006)

Tavares (1999), atenta para o fato de que no século XIX, houve a necessidade de uma administração mais científica da manutenção corretiva. Isso foi motivado pela tendência de produção em escala elaborada por Henry Ford, o que tornou os problemas nas máquinas mais repetitivos, tornando a manutenção corretiva mais padronizada, e não aleatória para cada situação.

A segunda guerra mundial dos anos de 1930 à 1940, aprimorou ainda a manutenção, pois os militares se viram forçados a buscar uma forma de manter seus equipamentos aptos para a guerra, dando ênfase a prevenção de falhas inesperadas. Assim deu início a manutenção preventiva, conforme explica Zanios (2003).

Zanios (2003) declara, que no período pós-guerra, nos anos 50, motivada pela aviação comercial e ascensão da indústria eletrônica, surge a Engenharia de Manutenção que era encarregada de planejar a manutenção preventiva.

Zanios (2003) também declarou que nas décadas de 60 e 70 ocorreu o surgimento de uma nova filosofia de manutenção que foi chamada de MP (Manutenção Produtiva), e depois de algumas evoluções passou a ser conhecida como MPT (Manutenção Produtiva Total). A MPT direcionava as tecnologias que aliavam a manutenção aos conceitos de gestão financeira, gestão técnica e gestão logística para aumentar o ciclo de vida das máquinas.

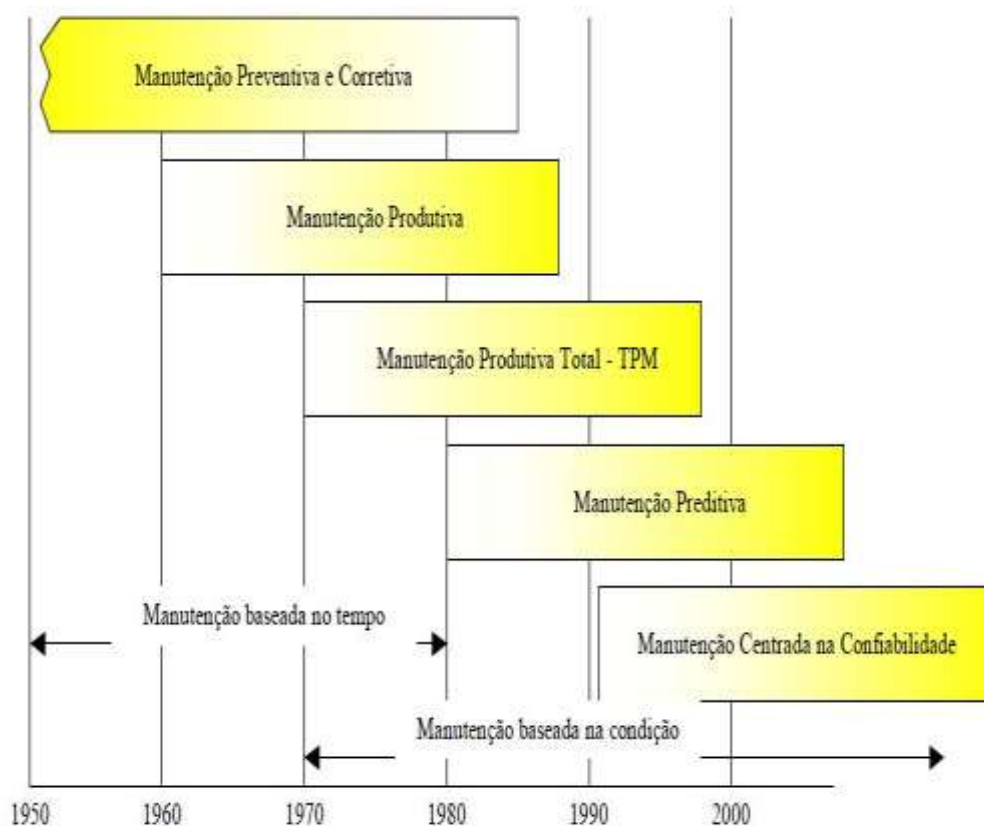
Na década de 80, o desenvolvimento da Engenharia de Confiabilidade, desenvolvimento da Ciência Estatística e o aumento do acesso aos computadores

para uso industrial, surgiram às análises de manutenção voltadas para a predição, ou seja, monitorando-se as máquinas regularmente, poderia se prever alguma falha, ou o fim de sua vida útil. Isso foi chamado de manutenção preditiva (TAVARES, 1999).

Embora Viana (2006) destaque que foi na década de 70 e 80 o surgimento da MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade), Zanios (2003) mostra que sua difusão macro no ambiente industrial se deu a partir de 1990. O conceito de MCC é um conceito moderno que será discutido posteriormente nesse trabalho, e também será uma importante ferramenta para o desenvolvimento do mesmo, mas para início de discussão, a MCC é uma técnica científica da engenharia de manutenção, onde se volta para a manutenção de preservação dos itens físicos, ao invés do equipamento como um todo, dando mais confiabilidade à manutenção.

A figura 1 abaixo ilustra o a evolução da manutenção ao longo das décadas.

Figura 1 – Evolução temporal das técnicas de manutenção



Fonte: Lafraia (2001, p. 238)

3.2 OS TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Neste trecho do trabalho são apresentados ao leitor, os tipos de manutenções mais comuns, dando ênfase naquelas que são destacadas por Viana (2006).

3.2.1 A Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva é definida de acordo com Fitch (1992), como uma atividade reativa, cujo objetivo principal, é colocar o equipamento, o mais rápido quanto for possível, em seu estado de funcionalidade.

A definição abaixo encontra uma clareza e sintetização do que vem a ser esse conceito.

De acordo com a ABNT, a manutenção corretiva é a manutenção efetuada após uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida. Observe que essa definição omite o caráter de planejamento em tal tipificação (VIANA; 2006; p.9)

Viana (2006) mostra que dentro do ambiente industrial, esse termo é conhecido popularmente como “apagar incêndios”.

As desvantagens da Manutenção Corretiva conforme apresenta Fitch (1992), são: i) a ocorrência de falha em um momento inesperado e ii) possibilidade de uma falha em um componente desencadear falhas em outros componentes. Mesmo assim, Bloch e Geitner (1997) afirmam que sempre haverá a necessidade da realização dela dentro de uma indústria, levando em consideração que algumas falhas não serão evitadas por manutenções preventivas.

3.2.2 A Manutenção Preventiva

Segundo Viana (2006) a manutenção preventiva pode ser definida como toda e qualquer atividade realizada sobre um equipamento em intervalos de tempo pré-determinados sem que o mesmo apresente algum tipo de falha, ou esteja parado por não estar funcionando. Em suma, a máquina está realizando suas

atividades normalmente, mas ela vem ser parada para que ajustes sejam feitos. Em alguns casos ela não necessita ser parada. O objetivo principal desses ajustes é garantir que o equipamento mantenha seu estado de funcionamento e assim sejam evitadas panes inesperadas, e que ações corretivas tornem-se necessárias.

Comparando com a Manutenção Corretiva, Fitch (1992) mostra que a Manutenção Preventiva é superior, pois o equipamento, sistema ou linha de produção está em seu estado de funcionamento, mas deve ter uma intervenção para evitar eventos inesperados.

Por fim, Zaions (2003) mostra que o objetivo principal da Manutenção Preventiva é a fazer com que o equipamento esteja apto para funcionar o máximo de tempo possível sem atrapalhar as tarefas de produção. Zaions (2003) lista uma série de medidas a serem tomadas na execução desse processo.

- Determinar os padrões necessários para a avaliação da eficiência da manutenção;
- Planejar e configurar tabelas descrevendo as atividades, para evitar atrasos na execução dos serviços;
- Ter sempre disponível o equipamento e a mão de obra para a realização das tarefas;
- O departamento de manutenção deve assegurar-se que está contribuindo para a realização correta da Manutenção Preventiva.

3.2.3 A Manutenção Preditiva

Para Zaions (2003), a manutenção preditiva é a realização de monitoramentos periódicos em equipamentos ou peças com o auxílio de instrumentos de medição próprios. Com essa técnica, consegue-se estender o período de realização de uma manutenção para substituição de algo, haja vista que se consegue encontrar o limite de vida de um componente. Assim evita-se o gasto desnecessário com peças de substituição e intervenções comuns.

A termografia e análise de vibração são exemplos de Manutenção Preditiva. Quanto a termografia, ela é realizada através da medição da temperatura de componentes eletrônicos, através de uma câmera que mostra as imagens infravermelhas do componente e, dependendo da temperatura, o analista pode

orientar para uma manutenção no componente ou mesmo a substituição dele. Ela ainda pode ser aplicada a outros equipamentos, mas em geral é mais utilizada em componentes eletrônicos.

A análise de vibrações é feita através de um equipamento medidor de vibrações que, em contato com motores, eixos, e outras peças mecânicas armazenam e vibrações do equipamento por um espaço de tempo. Após isso o analista com o auxílio de um software especializado consegue fazer previsões sobre o estado de rolamentos, no caso de motores, ou de eixos, mancais, etc... E assim decidir qual a melhor tarefa a ser realizada a fim de diminuir os danos.

A figura 3 abaixo apresenta um fluxograma ilustrando como a manutenção se divide nessas três principais categorias de manutenção industrial

Figura 2 – As Principais Divisões da Manutenção na Opinião de Viana



Fonte: Autor (2017)

É importante frisar, que embora existam muitas variações e terminologias da palavra manutenção, nesse trabalho opta-se por praticidade adotar tal terminologia; mas, cada autor pode trabalhar utilizando as terminologias que mais auxiliam no desenvolvimento de seu trabalho.

3.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Nesta seção são apresentados os indicadores de manutenção, dividindo o assunto em dois tópicos que são a demonstração da importância dos indicadores, e posteriormente os utilizados nesse trabalho.

3.3.1 A importância dos indicadores de Manutenção

Segundo Kardec e Nascif (1999): “Quem não mede, não gerencia”.

Os índices de manutenção têm por objetivo fazer uma avaliação dos níveis de desempenho de um maquinário, ou mesmo de um processo todo, mostrando aos mantenedores qual o estado da ação mantenedora, e apresentar balizadores para atingir as metas de funcionamento e disponibilidade de seus equipamentos (GARCIA, 2013).

Existem indicadores de manutenção globais, e outros que embora não componham essa classe, podem ser usados no controle do PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) que está responsabilizado pela gestão do plano de manutenção preventiva (VIANA, 2006).

Apresenta-se primeiramente um indicador chamado taxa de falhas e posteriormente três índices conhecidos como globais.

3.3.2 Taxa de Falha

A taxa de falha pode ser definida conforme Pinto e Xavier (2001) como o número de falhas durante o período de operação do equipamento.

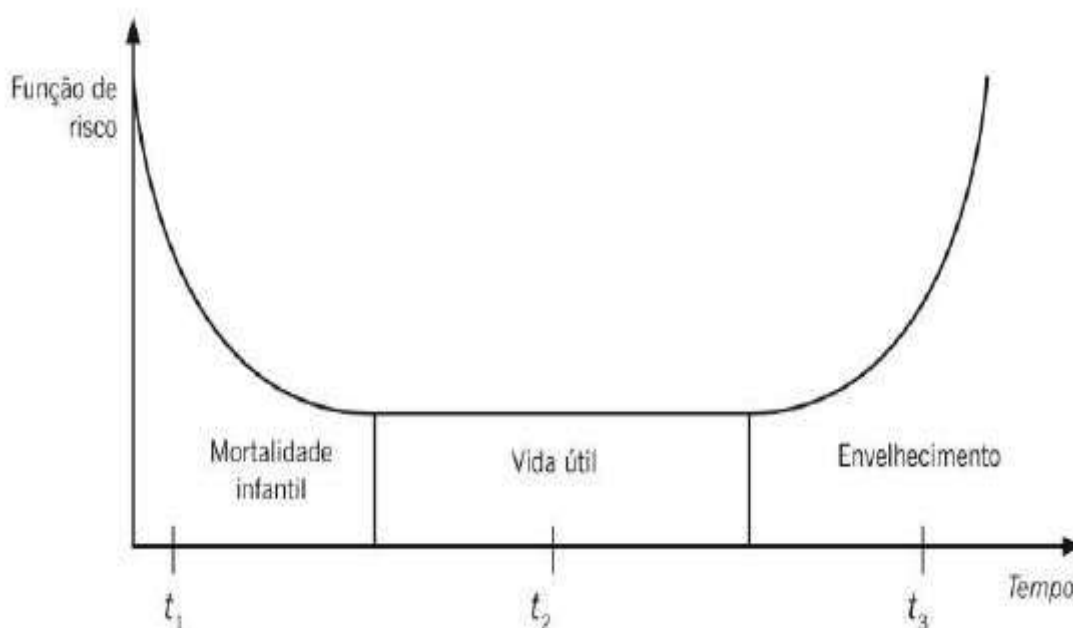
A taxa de falha é demonstrada na expressão abaixo se dividindo o número total de falhas pelo número de horas de operação do equipamento:

$$\lambda = \frac{NF}{HO}$$

A figura 3 mostra como se comportam as falhas ao longo da vida útil de um equipamento conforme descrevem Fogliatto e Ribeiro (2009).

O primeiro momento, chamado de mortalidade infantil, ocorre no início da operação, onde as falhas ocorrem por falta de ajustes iniciais. O segundo momento é caracterizado por falhas constantes durante a operação. Já o terceiro momento é aquele conhecido por envelhecimento quando o equipamento já apresenta desgaste devido às falhas em seus componentes ocasionadas pelo longo funcionamento dele.

Figura 3 – Curva Característica da Vida de um Equipamento



Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009, p.99)

3.3.3 MTBF

Viana (2006) apresenta o MTBF (tempo médio entre falhas).

Para encontrar o MTBF é necessário se dividir o de horas de disponibilidade do equipamento pelo número de intervenções corretivas nesse período (VIANA, 2006).

A fórmula para calcular o MTBF é dada pela expressão abaixo:

$$MTBF = \frac{HD}{NC}$$

Observa-se que quanto mais aumenta o índice do MTBF, ou menor é o número de intervenções corretivas nesse equipamento, ou maior é o número de horas disponíveis do mesmo, portanto, quanto maior o MTBF, melhor.

3.3.4 MTTR

O MTTR (tempo médio de reparo) é um indicador de quanto tempo um equipamento fica indisponível por conta das ações corretivas. O cálculo do MTTR é realizado dividindo as horas indisponíveis pelo número de ações corretivas.

A fórmula para calcular o MTTR é dada pela expressão abaixo:

$$MTTR = \frac{HI}{NC} \quad 3$$

Quanto menor é o MTTR, melhor está o equipamento, indicando que as horas indisponíveis para a operação estão diminuindo.

3.3.5 Disponibilidade

Para Viana(2006) o termo disponibilidade significa o tempo em que um equipamento permanece em seu estado de operação exercendo as funções para as quais foi projetado.

Encontra-se a disponibilidade dividindo o número de horas disponíveis para trabalho pelas horas totais que ele deveria permanecer trabalhando. Normalmente isso inclui todos os turnos de funcionamento da empresa.

$$DF = \frac{HD}{HT} \times 100\% \quad 4$$

4 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

Nesta seção será apresentada a metodologia da MCC, fazendo primeiramente uma introdução ao assunto, posteriormente apresentando um histórico dela e finalizando explicando as etapas dessa técnica.

4.1 INTRODUÇÃO AO MCC

Segundo Kardec e Nascif (1999), o termo confiabilidade pode ser considerado como a probabilidade de um equipamento executar suas devidas funções durante um período de tempo determinado, sob condições definidas de operação. Garcia (2014), afirma que esse termo faz parte do cotidiano das indústrias, por se tratar de um requisito importantíssimo para o processo produtivo e para a manutenção.

A MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) é uma técnica que se utiliza dessa premissa. Conforme explica Viana (2006), ela consiste em um processo realizado através de vários passos, cujo objetivo final é manter a integridade física de um item, atuando de forma a estudar os tipos e padrões de falha de um maquinário ou de um processo, e assim escolher as melhores tratativas para de manutenção, a fim de bloquear esse efeito, que podem ser ações corretivas, preditivas, ou preventivas como é o caso do desenvolvido nesse trabalho.

4.2 HISTÓRICO DO MCC

Viana (2006) aponta que até a metade do século passado, a aviação civil passava por um momento conturbado quanto à segurança nos voos, visto que, o número de acidentes por decolagem naquela época era de 60 por milhão.

Buscou-se o bloqueio desses acontecimentos a partir do desenvolvimento do MCC. Essa técnica se desenvolveu na década de 60 e 70, mas o marco de utilização desse método veio em 1978 com a publicação do livro *Reliability-Centered*

Maintenance, cuja publicação foi feita pelo departamento de defesa dos Estados Unidos (VIANA, 2006).

O livro lançou diretrizes para o gerenciamento eficiente de um equipamento ou processo através das análises de suas possíveis falhas, e isso foi assimilado até mesmo por outros segmentos da indústria. (ZAIIONS, 2003).

O estudo ganhou proporção mundial com melhorias ao proposto inicialmente através de John Moubray, que foi o principal estudioso e divulgador da técnica pelo mundo, lançando posteriormente a RCM2 (*Reliability-Centered Maintenance 2*) (VIANA, 2006).

Segundo Moubray (2000), através da aplicação da Metodologia do MCC, consegue-se:

- Maior segurança e proteção ambiental, pois os modos de falha devem levar em consideração os efeitos sobre a segurança operacional e o meio ambiente;
- Melhoria nos custos de manutenção, porque o foco é realizado nas atividades que afetam com maior proporção o desempenho do sistema;
- Há um maior registro e histórico de dados, pois é necessária uma revisão dos ativos ou do processo que vai ser analisado;
- O desempenho operacional é melhorado, porque se aloca de forma mais adequada os planos de ações e manutenções para cada produto ou processo;
- Aumento da vida útil de itens, pela decisão de técnicas de manutenção que atendam de forma criteriosa cada situação.

4.3 IMPLANTAÇÃO DA MCC:

Existem diversas formas de aplicação da MCC na literatura técnica. Nesse trabalho, adota-se a metodologia utilizada por Zaions (2003), acrescentando algumas propostas de Viana (2006). A implantação do MCC nesse trabalho será

executada em oito etapas. Esse conjunto de etapas se adequa bem a proposto do trabalho. Cada uma delas é descritas a seguir:

4.3.1 Preparação do Estudo

Na primeira etapa de implementação do programa de MCC, deve-se estabelecer a equipe que fará a análise do equipamento ou linha de produção em estudo. A equipe deve ter pelo menos um membro da manutenção, um membro da área da operação e um membro especialista em MCC.

Ainda nesta etapa, a equipe decidirá sobre períodos de tempo em avaliação do sistema ou equipamento, e também seu contexto de operação na indústria.

4.3.2 Seleção do Equipamento

Segundo Zaions (2003), para a seleção do equipamento a equipe deve analisar dentro da planta alguns aspectos. Dentre esses aspectos citados, é útil aplicar a metodologia em equipamentos cujas falhas causem paradas na linha de produção, ou maquinários que ainda não são cobertos pelo plano de manutenção preventiva, e ainda outros que o custo com manutenção corretiva seja alto, tornando mais viável economicamente a manutenção preventiva.

4.3.3 Definição das Funções e Falhas Funcionais

Zaions (2003) afirma que esta etapa é de fundamental importância levando em consideração que através dela, se chega ao entendimento das funções e falhas, as quais são a essência do que busca a MCC.

Esta etapa pode ser dividida em três partes:

Na primeira parte ocorre a divisão dos conjuntos do sistema e subconjuntos do sistema.

Na segunda etapa é realizada a descrição do mesmo para obter a compreensão das funções dele, e se encontrar a melhor divisão do mesmo para a busca correta das falhas existentes. Isso pode ser feito através de um ou mais fluxogramas e do levantamento das interfaces de entrada e saída. O diagrama de

blocos tem como função interligar as entradas e saídas com suas respectivas funções. As interfaces de entrada são aquelas que interligam as etapas para que as mesmas executem sua função, podendo ser um sinal de calor, de potência, fluídos, etc. A interface de saída é caracterizada pela função do item no equipamento ou sistema. Portanto no diagrama de blocos, as funções estão dentro dos blocos, e as interfaces, nas setas. Assim também se chega aos conjuntos e subconjuntos do sistema ou equipamento.

A terceira etapa é caracterizada pelo levantamento das funções a partir das interfaces e, com as funções descritas, a equipe de MCC faz também o levantamento das falhas para as respectivas funções.

4.3.4 Seleção dos Itens Físicos Críticos

Essa etapa tem como objetivo a identificação de físicos que são potencialmente críticos com relação às falhas funcionais, além de apresentar elevada taxa de falha, altos custos de reparo e baixa mantenebilidade (ZAIONS, 2003, p.73).

Zaions (2003) comenta que autores como Smith (1993) preferem que essa etapa não seja executada levando em consideração que a separação de itens críticos pode excluir alguns itens físicos importantes do foco de atenção. Isso se torna mais inviável quando se trabalha com um equipamento ao invés de um processo. Zaions (2003) alerta que vários autores comentam que essa etapa pode reduzir a base de dados resultando numa avaliação insuficiente do equipamento.

4.3.5 Coleta e Análise de Informações

Na etapa de coleta e análise de informações a equipe de MCC estará incumbida de buscar informações operacionais sobre o sistema e indicadores de manutenção que subsidiarão as próximas etapas, como para o levantamento dos tempos necessários para cada atividade de manutenção preventiva.

Além das informações citadas acima, outro levantamento importante a ser feito pela equipe é a priorização das falhas. Isso é feito através do IR (Índice de Risco), cuja finalidade que ele tem é hierarquizar as falhas levantadas. Somente os

IR calculados que forem maior que 80 deverão ser levados para a próxima etapa, ou aqueles que apesar de apresentarem um índice abaixo de 80, resultem em um custo de manutenção baixo (FOGLIATTO, RIBEIRO, 2009).

O índice de risco depende da multiplicação de três outros índices entre si; IO (índice de ocorrência), IG (índice de gravidade) e o ID (índice de detecção) (VIANA, 2006).

A fórmula de calcular IR é dada pela expressão abaixo:

$$IR = IO \times IG \times ID \quad 5$$

Os valores dos índices de IR são expostos no quadro abaixo. Esse quadro serve de referência para que a equipe de MCC determine os valores de IR para as falhas levantadas (VIANA, 2006).

Quadro 1 – Valores para o cálculo do índice de ocorrência

Índices	Valores Normalizados
Índice de Ocorrência	Muito Remota (excepcional) = 1 Muito Pequena = 2 Pequena = 3 Moderada = 4-5 Alta = 5-6 Muito Alta = 9-10
Índice de Gravidade	Sem Consequência = 1 Leve Consequência = 2 Média Consequência = 3 Parada de subsistema por menos de quatro horas = 4 Parada de subsistema por mais de quatro horas = 5
Índice de Detecção	Facilmente detectada = 1 Razoavelmente detectada = 2 Difícilmente detectada = 3 Muito difícilmente detectada = 4 Impossível de ser detectada = 5
Índice de Risco	$IR = IO \times IG \times ID$

Fonte: (Viana, 2006, p.113)

4.3.6 FMEA

O FMEA (ANÁLISE DO MODO DE FALHAS) é uma técnica indutiva para tratar as falhas.

O FMEA avalia os efeitos que podem ser gerados do ponto de vista operacional, de segurança, qualidade e meio ambiente (GARCIA, 2005, p.33).

Conforme Guzzon (2009), essa avaliação deve resultar na evidência das causas das falhas, e a partir disso, na criação de ações de melhorias classificadas de acordo com uma prioridade de criticidade definida através da análise de severidade, ocorrência e detecção do modo de falha (GARCIA, 2005, p.33).

Essa análise é bastante utilizada em conjunto com a ferramenta do MCC porque trata da falha a partir causa para o efeito. Esses dados geralmente são documentados em uma planilha (VIANA, 2003).

Nascimento (2011) declara que os seguintes índices devem estar presentes na construção da planilha do FMEA:

- Conjunto em estudo;
- Subconjunto;
- Modos de falha de cada subconjunto;
- Causa da Falha em cada conjunto.
- Efeitos da falha em cada subconjunto;
- Controle atual para detecção de cada um dos modos de falha;
- Os índices IO, IG, ID e IR.

4.3.7 Seleção das Tarefas de Manutenção preventiva

As seleções das tarefas de manutenção são feitas a partir da utilização da ALD (Árvore Lógica da decisão) e do Diagrama de Seleção de Tarefas.

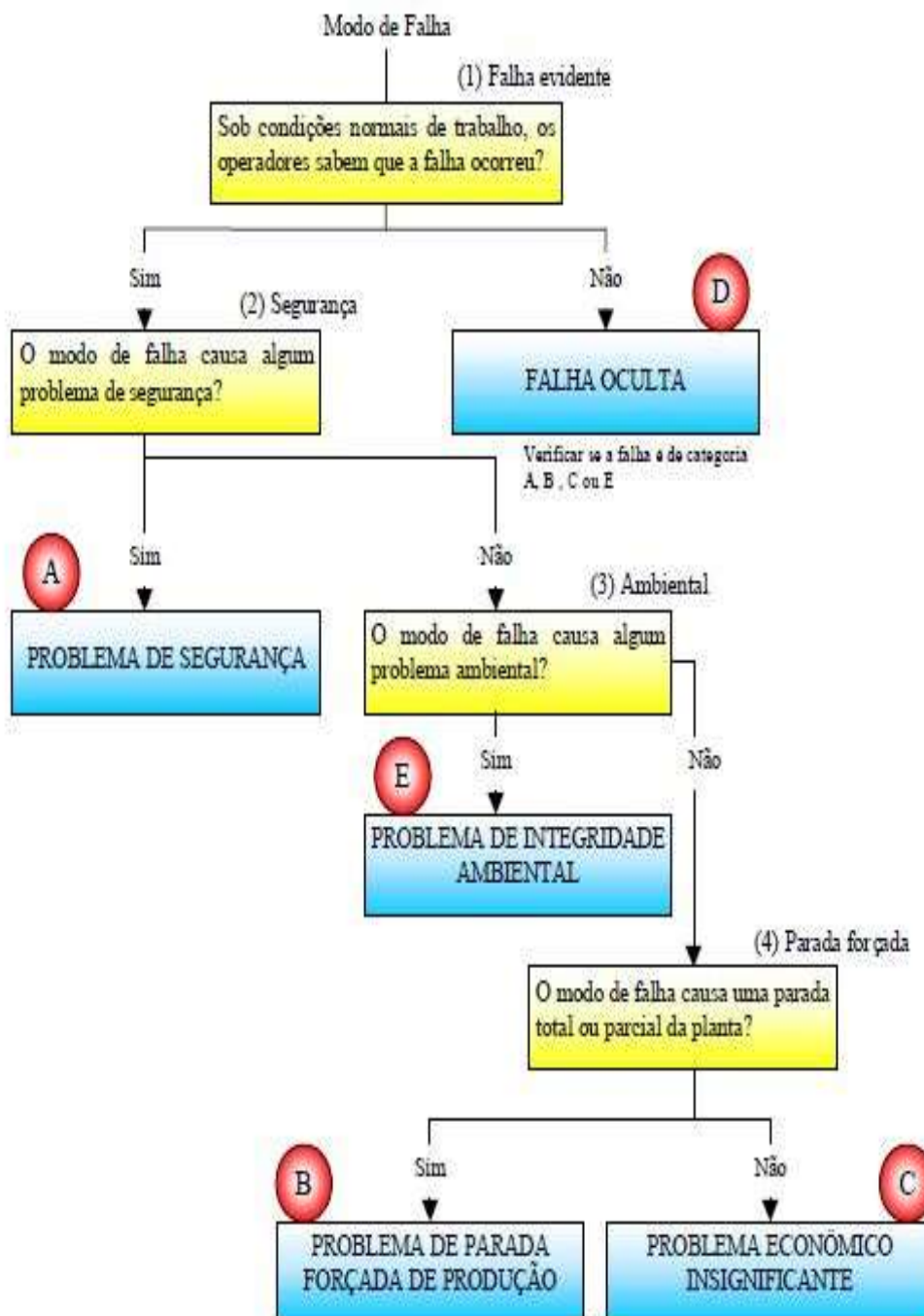
A ALD tem como objetivo identificar as tarefas prioritárias que utilizam recursos financeiros na aplicação da metodologia de MCC (ZAIONS, 2003).

A segunda etapa é a avaliação feita pelo diagrama de seleção das tarefas de manutenção: Vários modelos desse fluxograma são propostos por diversos autores, entretanto, neste trabalho é utilizada a adaptação feita por Zaions (2003) da

proposta por Smith (1993), visto que, ela atenderá as necessidades de definição das atividades de manutenção preventiva, por estar inserida na sequência de passos proposta em seu trabalho

O diagrama da figura 4 abaixo ilustra a ALD utilizada por Zaions.

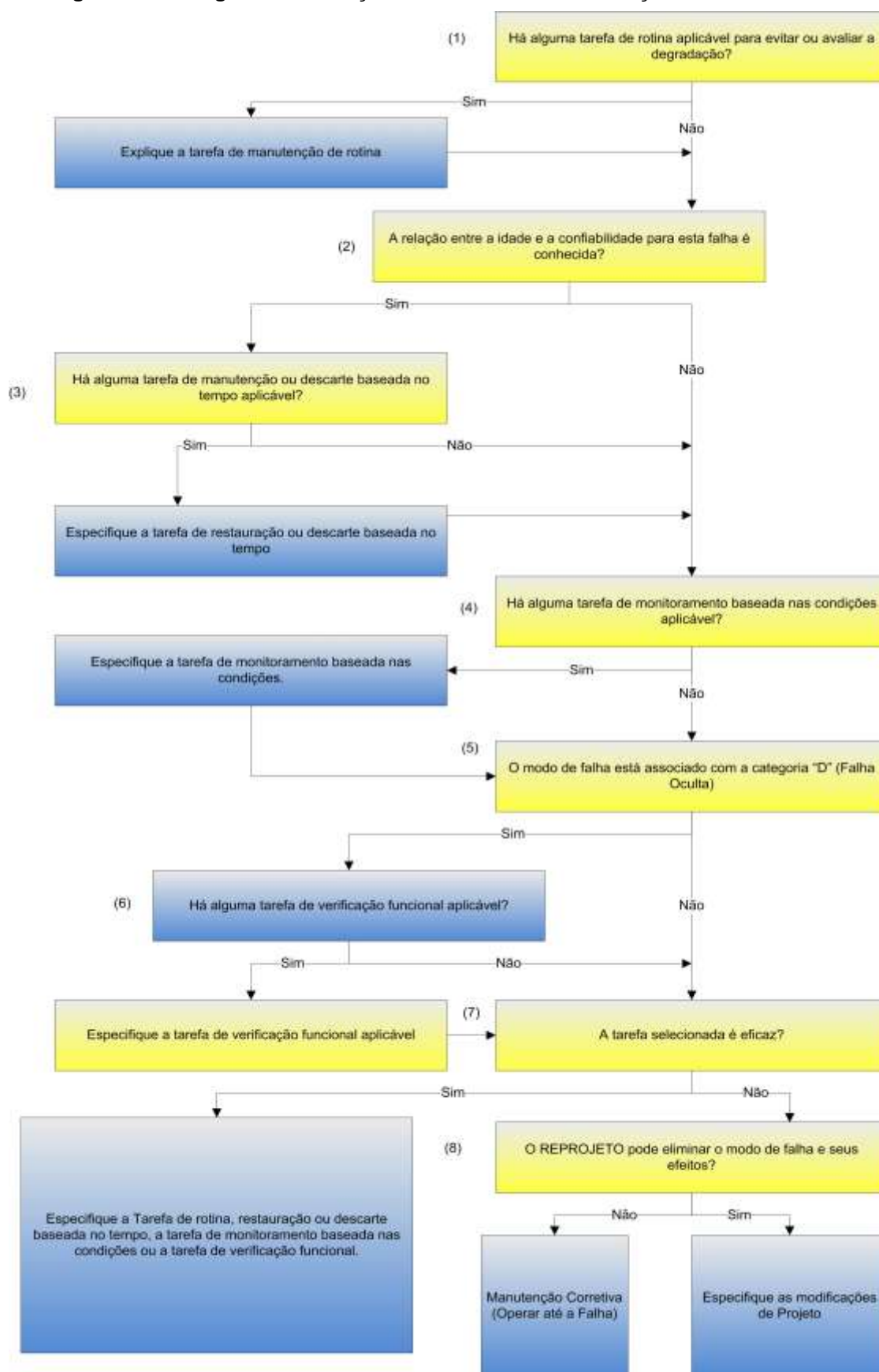
Figura 4 – Árvore Lógica da Decisão para escolha das atividades de manutenção preventiva



Fonte: (Zaions, 2003, p.80)

A figura 5 abaixo ilustra o Diagrama de Seleção de Tarefas de Manutenção.

Figura 5 – Fluxograma de Seleção das Tarefas de Manutenção



Fonte: Adaptado de (ZAIONS, 2003, p.80)

Os blocos do fluxograma são explicados a seguir, conforme a numeração sequencial dos mesmos:

1. Na primeira questão a ser respondida, o objetivo da pergunta tempo objetivo identificar a existência de alguma atividade de manutenção de rotina que possa evitar a falha.
2. Na segunda questão a ser respondida, o que se deseja saber é se a equipe de MCC conhece da a taxa de falha do equipamento. Caso a resposta seja afirmativa, deve ser respondida com um sim, e caso não seja, deve ser respondida com um não evitando a criação inadequada de uma tarefa de manutenção baseada no tempo.
3. Nesta pergunta, antes de respondê-la, a equipe deve ter em mente se existem informações sobre a idade do equipamento, pois assim será possível associar esse requisito com as taxas de falha, continuar selecionando uma manutenção baseada no tempo e definir sua periodicidade. Existem casos em que as taxas de falha se apresentam constantes ao longo do tempo, o que implica à equipe de MCC chegar à conclusão de que nenhuma tarefa de manutenção baseada no tempo é aplicável. Mas isto só ocorre se já a primeira condição for descartada.
4. Mesmo encontrando uma tarefa de manutenção baseada no tempo, pode existir alguma tarefa baseada no monitoramento das condições que se torne mais viável para o projeto, isso aplicaria a manutenção preditiva.
5. Esse bloco mostra quando a falha é oculta.
6. Se a falha for oculta deve se verificar a possibilidade de uma verificação funcional
7. A pergunta aqui quer dar à equipe a opção de selecionar a atividade de manutenção que apresente o melhor custo associado.
8. Esta opção faz com que a equipe de MCC pense na possibilidade de um reprojeto quando nenhuma atividade foi encontrada

4.3.8 Periodicidade dos tempos de manutenção preventiva

Dois modos de determinação de periodicidade são avaliados aqui:

1. Levantamento da periodicidade baseada no cálculo do tempo.
2. Levantamento da periodicidade baseada na opinião dos especialistas.

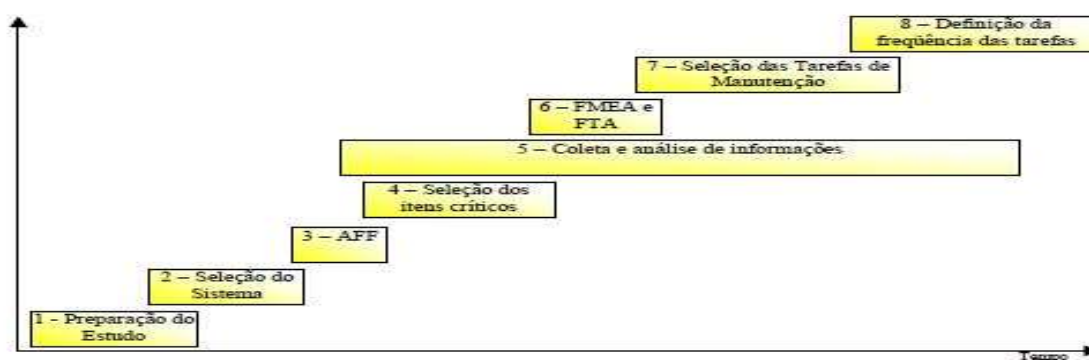
Mendes (2011) apresenta em sua dissertação uma equação para o cálculo dos intervalos de manutenção que apresentou resultados positivos em sua pesquisa. Esta se baseia na função da confiabilidade, sendo (T) o tempo em dias entre cada intervenção, (MTBF) em horas o tempo médio entre falhas e (IC) o índice de confiabilidade escolhido pelos elaboradores do plano. Mendes recomenda uma taxa de confiabilidade de 95 % para que seja considerada a possibilidade de que uma falha não ocorra antes da visita da manutenção preventiva. A equação é apresentada a seguir:

$$T = MTBF \times [-\ln(IC)] \quad 6$$

A técnica de determinação da periodicidade das tarefas baseada na opinião de especialistas é útil para ser aplicada com as tarefas de monitoramento baseada nas condições, tarefas de descarte e tarefas de restauração baseadas no tempo. (Zaions, 2003, p.87).

A figura 7 abaixo ilustra sequencialmente as etapas de aplicação da MCC

Figura 6 – Etapas de Implantação da Metodologia de MCC



Fonte: Rausand *et al* (1998)

5 UM MODELO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

A elaboração do plano de manutenção preventiva tem como objetivo efetuar atividades que mantenham o maquinário no seu melhor estado funcional.

Além disso, o plano preventivo tem um ideal de gerar tarefas periódicas que serão passadas através do PCM (Planejamento e controle da manutenção) no formato de ordens de serviço automáticas para que nenhuma tarefa importante deixe de ser executadas (VIANA, 2006).

Viana (2006) propõe que para o plano preventivo, se construa uma planilha com os seguintes itens:

- a. Título do plano de manutenção: necessário para vincular ao equipamento;
- b. Grupo de Máquina: informa à família que se aplica o plano;
- c. Periodicidade: O plano deve conter o período em que se gerará uma OM (Ordem de Manutenção); sendo que esse período pode ser informado de três maneiras, por faixa de tempo (dias, meses ou anos), por faixa de utilização (horas ou quilometragem), e também por ambos os modos, se for o caso. O marco da contagem deve ser sempre a partir do encerramento da última OM.
- d. Tipo de dia: informará se a contagem leva em conta apenas dias úteis ou também dias corridos.
- e. Data da ativação: consiste no marco inicial do plano, a partir do qual haverá as contagens para a geração de ordens.
- f. Equipe de manutenção: responsável pela execução dos serviços
- g. Planejador: Responsável
- h. Material de consumo: São os itens de estoque necessários para a realização das tarefas contidas no plano.
- i. Especialidades: informar os mantenedores que irão realizar as tarefas; ex: Mecânico jr., Eletricista master, etc;
- j. EPI's: Os equipamentos de proteção individual que deverão ser utilizados nas atividades.
- k. Ferramentas: Listar os instrumentos necessários para as tarefas, ex: um torquímetro de 70NM, chaves de fenda.

6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTIÇÃO DE FAÍSCAS

Neste capítulo, é demonstrada a aplicação da metodologia de MCC no sistema eletrônico de extinção de faíscas seguindo as etapas propostas no capítulo 4. São construídos fluxogramas, diagramas, tabelas, quadros e gráficos para melhor apresentarem a aplicação dos conceitos que foram explicados no capítulo 4.

6.1 ETAPA 01: PREPARAÇÃO DO ESTUDO

Para aplicar a metodologia de MCC foi escolhido o sistema eletrônico de extinção de faíscas, levando em consideração que esse equipamento ainda não possui um plano de manutenção preventiva.

O equipamento tem como função detectar e extinguir faíscas em dutos de transporte de materiais inflamáveis, onde exista o risco de incêndio ou explosão causada por estas faíscas. Os materiais podem ser, por exemplo, a serragem, cavacos, entre outros materiais dos cortes de madeira.

Quando uma ou mais faíscas são detectadas pelos sensores, a central do sistema processa esta informação, e envia um sinal para uma válvula solenoide abrir, injetando água nos dutos, e assim; criando uma nuvem de água que cobre toda a área interna do duto. Esta nuvem é criada logo à frente dos sensores para que a faísca detectada, em movimento, entre nesta nuvem e seja extinta.

Os sensores e extintores estão espalhados pela fábrica, instalados nas tubulações, próximas as entradas dos exaustores e dos silos.

Nos meses de avaliação do equipamento, ele operou sobre um regime de três turnos de produção, no qual ele esteve ativo nos em todos os turnos, tendo cada um deles 8 horas de duração. O funcionamento é de 26 dias no mês parando apenas no sábado às 23 horas e retornando suas atividades domingo no mesmo horário. A ressalva aqui é da terceira semana de dezembro, onde o equipamento ficou de sábado às 23 horas desligado até sábado da outra semana às 23 horas.

Isso ocorreu em função da parada geral na empresa, ocorrida nessa semana para a realização de manutenções em toda a fábrica.

O sistema eletrônico é constituído de um painel elétrico, sensores e extintores a ele interligados e uma unidade de elevação de pressão de água também comandada pelo painel. Esta unidade é abastecida pela companhia de saneamento municipal. Essa água tratada pela unidade de elevação para que os extintores possuam água pressurizada conforme a necessidade para o jateamento das faíscas.

Ao todo, a empresa conta com duas unidades iguais do sistema. Uma delas comandam 20 pares de sensores e extintores nos setores de Finger Joint, Preparação de Madeiras e Otimizadora. A outra comanda 10 pares nas Moldureiras e Primer. Para os fins de estudo sobre o comportamento do equipamento, foi abordada sua atuação durante um período de seis meses, compreendidos de agosto de 2016 à Janeiro de 2017. A empresa conta com duas unidades do sistema eletrônico de extinção de faíscas, uma foi instalada recentemente, em janeiro de 2017, portanto, para fins avaliativos históricos, esta não foi considerada, mas a mesma será abrangida pelo plano de manutenção.

A organização da equipe do MCC baseou-se no proposto na literatura e também no contexto de mantenedores envolvidos com o equipamento. Como ele não possui um setor responsável só para o seu cuidado, mas é atendido pela equipe de manutenção responsável pelo setor de utilidades da fábrica (Caldeiras, Secagem de Madeiras, Exaustão, Subestações, Compressores e Estação de Tratamento de Efluentes) e pela equipe da produção responsável pela (Caldeiras e Secagem de Madeiras), a equipe ficou disposta assim:

O comitê de gerenciamento das atividades do MCC foi estruturado atendendo a seguinte divisão:

- a) Líder do MCC: Facilitador;
- b) Equipe de Manutenção: Líder de Manutenção, Mecânico Master e Eletricista Master;
- c) Equipe do Setor de Secagem de Madeiras: Coordenador, operadores de caldeiras e exaustão.

6.2 ETAPA 02: SELEÇÃO DO SISTEMA

A equipe de MCC reuniu-se para executar as três partes desta etapa resultando nas seguintes definições:

Formalizou-se com a equipe a escolha do equipamento devido ele atualmente não apresentar um plano de manutenção preventiva.

A equipe salientou ainda que a o importante papel que ele desempenha no ambiente fabril. Estando diretamente ligado a todos os processos da linha de produção da empresa, o monitoramento e extinção feitos pelos 30 pares de sensores e extintores estão instalado em todos os silos e exaustores da indústria que estão interligados as linhas de produção.

A ocorrência de falhas torna o sistema de exaustão e transporte de material inflamável desprotegido podendo causar sérios danos em caso de incêndio. A necessidade da manutenção corretiva faz com que o sistema de exaustão seja desligado algumas vezes o que acarreta parada no processo produtivo no qual o exaustor está atuando para que a ausência de exaustão não gere um incêndio nas máquinas da linha de produção.

6.3 ETAPA 03: ANÁLISE DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

6.3.1 Divisão dos Conjuntos

A divisão do sistema foi feita através de uma reunião do eletricista responsável, mecânico responsável, líder de manutenção e o líder da equipe de MCC. O estudo do equipamento compreendeu a divisão baseada nas diretrizes lançadas pela literatura técnica em conjunto com a opinião dos mantenedores

O quadro dois a seguir demonstra as divisões dos conjuntos do equipamento em três conjuntos melhor identificam o equipamento na sua disposição de atuação para a extinção das faíscas por terem ligados a eles umas consideráveis quantidades de itens que causam falhas e que estão interligados no funcionamento.

O quadro 2 abaixo apresenta a divisão dos conjuntos do equipamento:

Quadro 2 – Conjuntos do Equipamento

Equipamento	Conjunto
Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas	Central Eletrônica (Painel Elétrico)
	Unidade de Extinção
	Central de Elevação de Pressão GDA

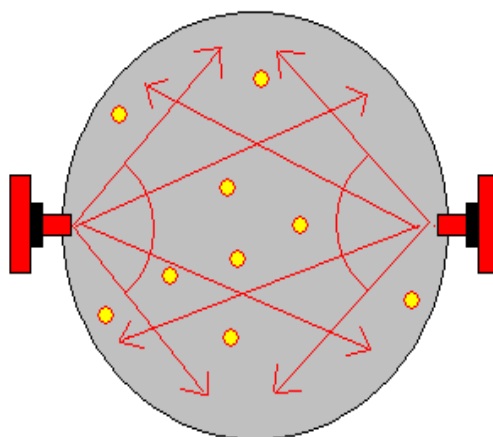
Fonte: Autor (2017).

6.3.2 Descrição do Funcionamento do Equipamento

A descrição do funcionamento começa quando um dos sensores detecta a presença de uma faísca. Os sensores são do tipo infravermelho, portanto, eles reagem à radiação infravermelha emitida. Na detecção ele comunica ao módulo de linha da central elétrica. O módulo é um microcomputador fabricado especialmente para esse equipamento, onde podem ligar-se pelo menos quatro sensores e extintores. O módulo de linha no qual o sensor está ligado emitirá um sinal elétrico que colocará o extintor mais próximo ao sensor em modo aberto para realizar a extinção da faísca que foi apontada.

A figura 7 demonstra um exemplo de sua atuação em uma tubulação.

Figura 7 – Imagem ilustrativa dos Sensores na tubulação

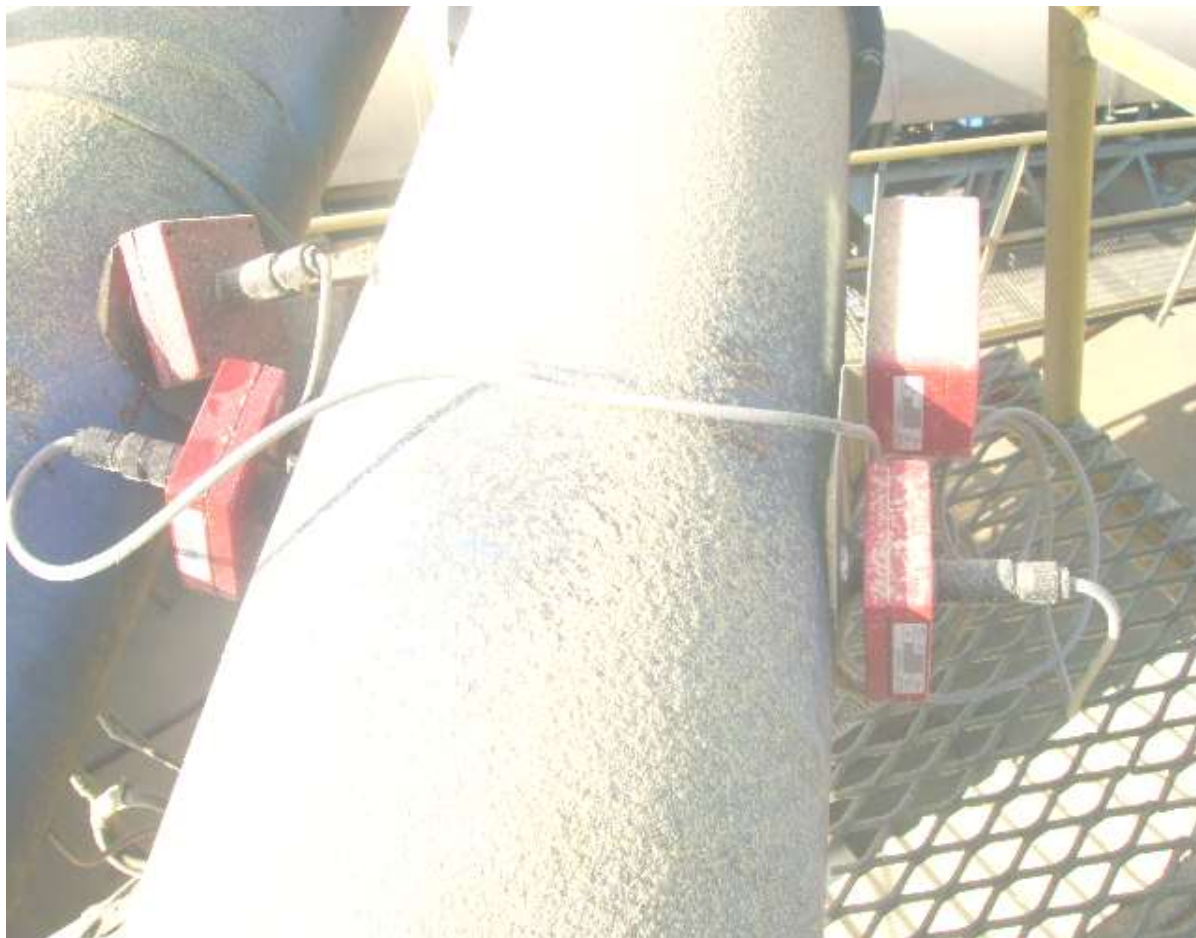


Fonte: Arquivos da Empresa (2017)

Uma ressalva importante é que estes sensores são sensíveis à luz do dia, então, estão instalados de forma que as tubulações não permitam a passagem de luz natural.

A fotografia 3 abaixo demonstra a instalação de um sensor em uma das tubulações de exaustão da empresa.

Fotografia 3 – Sensores instalados em uma das Tubulações da Empresa



Fonte: Arquivos da Empresa (2017)

Quando o sensor envia o sinal até a central elétrica, este sinal elétrico chega até o módulo de linha no qual ele está conectado. Os módulos são divididos em duas categorias, o módulo de linha e o módulo master. O módulo de linha é responsável pela comunicação entre o sensor e o extintor que forma o par com ele. Além disso, o módulo de linha também comunica a unidade de elevação de pressão d'água permitindo que os extintores estejam com água pressurizada para ser jateada. O módulo master é responsável pela comunicação dos módulos de linha com a IHM. Na IHM podem ser vistos o local onde ocorreu a extinção, a data na qual ela ocorreu e até mesmo dados históricos sobre o número de extinções e falhas nos

sensores e extintores. Além desses módulos o painel é constituído por um *nobreak*, fusíveis, disjuntores e cabos para a ligação dos componentes no painel elétrico. Na IHM da central, o operador consegue testar os sensores e os extintores.

A fotografia 4 abaixo mostra o painel elétrico da central na empresa onde o estudo foi desenvolvido e parte circulada são os módulos.

Fotografia 4 – Painel Elétrico do Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas



Fonte: Autor (2017)

O sinal emitido para a unidade de elevação de pressão chega primeiramente a o painel de comando da unidade. A unidade funciona com o aumento da pressão inicial até a pressão de serviço. Isso é feito através do ligamento da bomba, e ela é desligada com um interruptor de pressão ligado cujo sensor está montado no lado de pressão. A água então é mantida a pressão de serviço. Essa água é armazenada no contentor de membrana. Essa membrana é um revestimento interno que foi feito

especialmente para manter o nível de pressão durante o maior tempo possível. Existe na bomba um interruptor de pressão, para que ela não funcione a seco, desligando-a caso isso aconteça. Uma válvula de segurança está instalada na saída da bomba para que a pressão máxima permitida não seja ultrapassada. Há outras válvulas manuais que são utilizadas para manutenções. Sempre que a quantidade mínima de água necessária na membrana de contenção é indicada, o sensor de nível envia um sinal de comando ao painel de comando da bomba para que esta transfira água pressurizada ao contentor. Assim, ao receber o sinal de presença de faísca, a válvula de saída da unidade de elevação de pressão se abre e a água chega ao extintor aberto.

A fotografia 5 a seguir é a demonstração da unidade de elevação de pressão mais antiga, existente na empresa.

Fotografia 5 – Unidade de Elevação de Pressão de Água



Fonte: Empresa (2017)

A extinção ocorre com o comando do módulo de linha para o respectivo extintor que trabalha em conjunto com o sensor que detectou a faísca. O extintor é composto de uma válvula solenoide, um filtro e um bocal. No estado de OPV (Operação das válvulas) válvulas se abrem eletronicamente e devido à pressão de serviço da água o fecho do bocal também se abre pulverizando sob forma de névoa a faísca. O filtro impede a passagem de resíduos pelo bocal.

Por um dos seus três cabos ele envia um sinal de retorno ao módulo de linha indicando que a tarefa de extinção foi concluída.

A fotografia 6 abaixo apresenta o extintor instalado na empresa.

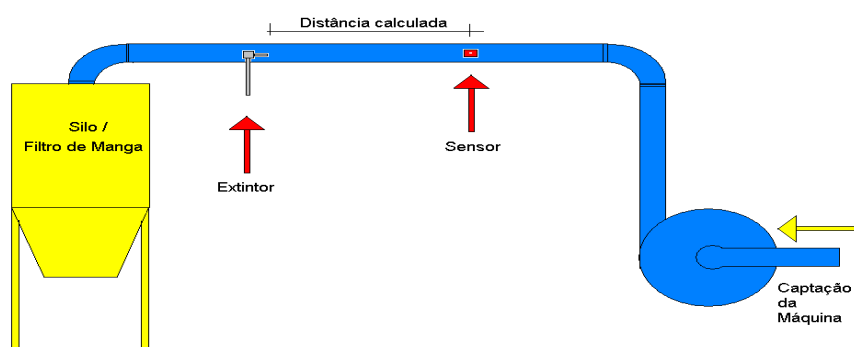
Fotografia 6 – Extintor Instalado em um dos Exaustores da Empresa



Fonte: Autor (2017)

A imagem 8 abaixo é um desenho ilustrativo salientando como fica disposto o sensor e o extintor nos silos .

Figura 8 – Imagem ilustrativa dos Sensores na tubulação



Fonte: Autor (2017)

O fluxograma abaixo foi construído para auxiliar de uma forma simples a compreensão do funcionamento completo do equipamento demonstrado na figura 9 a seguir.

Figura 9 – Fluxograma indicando as Etapas de Funcionamento do Equipamento



Fonte: Autor (2017)

Depois de fazer o estudo sobre o funcionamento do equipamento, a equipe reuniu-se para o levantamento dos subconjuntos e as funções de cada item pertencentes a eles.

O quadro 3 demonstra o que foi definido sobre as funções referentes aos subconjuntos do equipamento.

Quadro 3 – Conjuntos, Subconjuntos e as Funções Respectivas a cada Subconjunto

Conjunto	Subconjuntos	Funções
Sistema de Elevação de Pressão	Painel Elétrico de Comando da Bomba	Ativar a bomba d'água quando solicitado pelo contentor de membrana. Manter ativo o sensor de nível do contentor de membrana. Ativar o fluxostato. Ativar o pressostato. Ativar a válvula de saída.
	Pressostato+ Motor/Bomba	Fluxostato deve abrir quando solicitado pelo sensor de nível permitindo a passagem de água pela bomba. Bomba deve movimentar água até o reservatório do contentor de membrana O motor deve atuar em conjunto com a bomba para a movimentação da água.
	Contentor de Membrana+ Sensor de Nível(Fluxostato)+ Válvula de saída	Contentor de membrana mantendo a pressão interna Sensor de nível enviar o sinal para o painel elétrico de comando da bomba quando o nível do contentor estiver no mínimo. A válvula de saída abre sempre que painel de comando da bomba receber do módulo de linha um sinal de faísca.
Unidade de Extinção	Extintor (Válvula Solenóide + Filtro + Bocal de Extinção)	Válvula solenóide ser ativada ao sinal do módulo de linha. Filtro deve reter os possíveis resíduos das tubulações de água da extinção. O bico do bocal de extinção deve ser aberto com a pressão d'água.
	Sensor	A lente do sensor deve sempre estar em condições de detectar os sinais de faísca. O cabo de retorno deve enviar um sinal ao painel da central detectora de faíscas ao detectar uma faísca.
Painel Elétrico	Ligação de Força e Comando	Estarem em seu normal funcionamento para manterem os módulos.
	Módulos (Linha e Master)	Estarem em funcionamento para comandarem o sistema.

Fonte: Autor (2017)

Após o levantamento das funções, a equipe montou o quadro 4 abaixo demonstra as funções e as falhas funcionais que foram apontadas pela equipe de MCC.

Quadro 4 – Funções e Falhas Funcionais

Funções	Falhas Funcionais
ATIVAR O PRESSOSTATO SOLICITADO PELO SENSOR DE NÍVEL PERMITINDO A PASSAGEM DE ÁGUA PELA BOMBA. ABRE QUANDO	Fluxostato não abre com o sinal elétrico. Fluxostato não Fecha com o sinal elétrico.
ATIVAR A VÁLVULA DE SAÍDA.	Bonina da Válvula de Saída não funciona.
MOTOR/BOMBA MOVIMENTA ÁGUA ATÉ O RESERVATÓRIO DO CONTENTOR DE MEMBRANA	Rotor travado. Rotação com Barulho. Falha na bomba.
FLUXOSTATO ENVIAR SINAL PARA O PAINEL ELÉTRICO DE COMANDO DA BOMBA QUANDO O NÍVEL DO CONTENTOR ESTIVER NO MÍNIMO	Sensor não enviando sinal ao painel de comando da bomba.
SENSOR DEVE DETECTAR FAÍSCAS	Sensor detectando um número anormal de faíscas apontadas pela IHM do painel elétrico. Sensor não enviando sinal para central. Sensor não detectando faíscas.
FILTRO DEVE RETER OS POSSÍVEIS RESÍDUOS DAS TUBULAÇÕES DE ÁGUA DA EXTINÇÃO.	Filtro deixando passar resíduos de sujeira Filtro com buracos.
O BICO DO BOCAL DE EXTINÇÃO DEVE SER ABERTO COM A PRESSÃO D'ÁGUA.	Bico do bocal sempre aberto.
PARTE DE FORÇA E COMANDO DO PAINEL ELÉTRICO ESTAREM EM SEU NORMAL FUNCIONAMENTO PARA MANTEREM OS MÓDULOS.	Contatores Queimados. Disjuntores Queimados. Fusíveis Queimados.
PARTE DOS MÓDULOS ESTAREM EM FUNCIONAMENTO PARA COMANDAREM O SISTEMA.	Sem sinal de controle Led 1 (Não detectado fluxo d'água na extinção). Módulo não liga as luzes dos leds indicando que não está funcionando.

Fonte: Autor (2017).

6.4 ETAPA 04: SELEÇÃO DOS ITENS FÍSICOS CRÍTICOS

Com base na seção 4.3.4, a equipe de MCC concluiu com o líder de MCC que deviam deixar de lado essa etapa, haja vista que se tratando de um equipamento e não de um processo, muitas atividades de manutenção poderiam ser deixadas de lado. Além disso optou-se pelas afirmações de alguns autores da

literatura que afirmaram que essa etapa, em alguns projetos pode ser minuciosa acima da necessidade.

6.5 ETAPA 05: ANÁLISE E COLETA DE INFORMAÇÕES.

Durante o período de Agosto de 2016 a Janeiro de 2017 os dados obtidos com tal monitoramento são resultados das manutenções preventivas. O acesso a esses dados foi obtido consultado o software operacional que é utilizado na gestão da manutenção da empresa.

A tabela abaixo demonstra o indicativo dos tempos de indisponibilidade para operação baseado nos períodos de monitoramento. Cada período corresponde a um mês, e o sistema funciona durante os três turnos produtivos da empresa, que duram 8 horas cada, durante 26 dias no mês totalizando 3576 horas durante os 6 meses, ou 624 horas no mês. A tabela 1 abaixo demonstra os dados de indisponibilidade.

Tabela 1 – Demonstrativo da Indisponibilidade do Equipamento para Operação

Período	Horas de Trabalho no Período	Indisponibilidade Devido a Falhas Mecânicas (horas/minutos)	Indisponibilidade Devido a Falhas Elétricas (horas/minutos)	Representatividade do total de horas de indisponibilidade em (%)
Agosto/2016	624	2,20	4,31	1,04
Setembro/2016	624	3,33	5,37	1,39
Outubro/2016	624	3,58	2,45	0,96
Novembro/2016	624	6,18	7,58	2,20
Dezembro/2016	456	1,47	1,39	0,62
Janeiro/2017	624	4,24	3,33	1,21
Total	3576	20,98	27,43	1,27

Fonte: Autor (2017).

O percentual de indisponibilidade é pequeno, demonstrando que, quase sempre o equipamento funcionou com disponibilidade acima de 97,5 %. Houve uma queda significativa do período indisponibilidade de Novembro à Dezembro, justificada pelo fato de que no período de Dezembro, a empresa teve uma semana de parada de sua produção e o equipamento foi totalmente desligado. Estava na empresa somente o grupo da manutenção e os mantenedores terceiros contratados para realizarem manutenções nessa semana.

A partir da definição das funções, a equipe discutiu sobre as falhas.

A seguir demonstra-se na tabela 2, a ocorrência de falhas durante o período de monitoramento do equipamento, separando as falhas elétricas das mecânicas e colocando-as de forma ordenada com seus respectivos períodos.

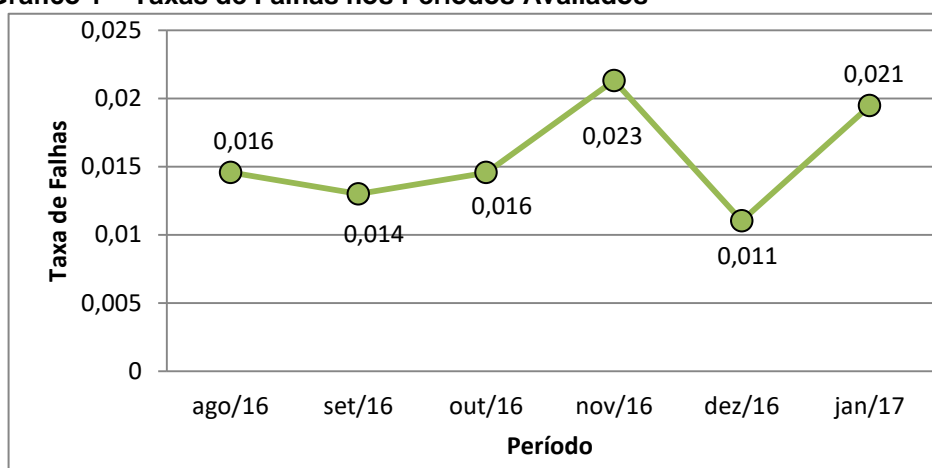
Tabela 2 – Demonstrativo do Número de Ocorrências de Falhas no Período de Avaliação

Período	Número de Falhas Mecânicas	Número de Falhas Elétricas	Total Geral para o Período
Agosto/2016	2	7	9
Setembro/2016	3	5	8
Outubro/2016	5	4	9
Novembro/2016	6	7	13
Dezembro/2016	2	3	5
Janeiro/2017	6	6	12
Total	27	29	56

Fonte: Autor (2017).

As ocorrências de falhas apresentam um padrão segundo estágio como nos mostra a literatura da curva da banheira. A queda no número de ocorrências demonstra-se ligeiramente menor devido à semana de parada de produção em dezembro para realização de manutenções conforme é mostrado pelo gráfico das taxas de falha no gráfico 1.

Gráfico 1 – Taxas de Falhas nos Períodos Avaliados



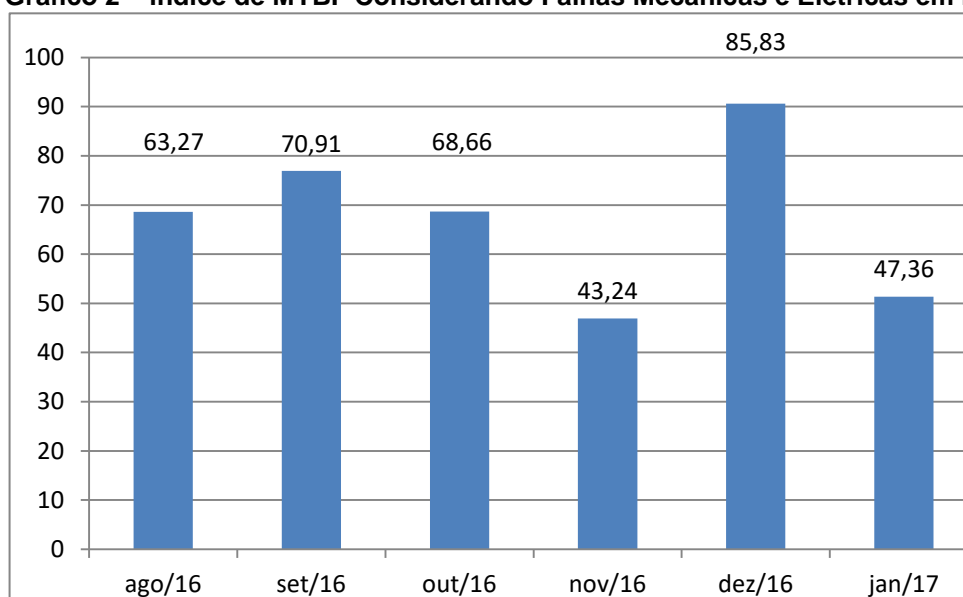
Fonte: Autor (2017)

As conclusões da equipe sobre o gráfico das taxas de falhas foram:

O gráfico demonstra que a taxa de falhas mantiveram um padrão parecido durante os meses de avaliação. Baseada na curva da banheira, proposta na literatura, os membros da equipe concluíram que o equipamento está ainda no seu período de vida útil, pois a pesar das falhas não se manterem constantes, elas ainda estão próximas.

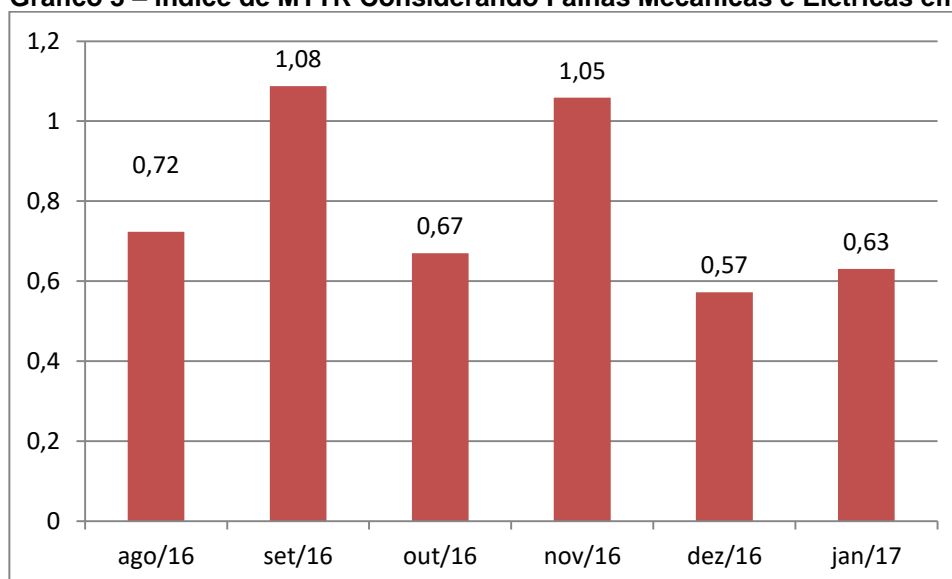
A seguir, são representados no próximo gráfico os índices de MTBF e MTTR. O gráfico 2 abaixo apresenta os índices de MTBF, e o 3 os valores de MTTR.

Gráfico 2 – Índice de MTBF Considerando Falhas Mecânicas e Elétricas em horas



Fonte: Autor (2017).

Gráfico 3 – Índice de MTTR Considerando Falhas Mecânicas e Elétricas em horas



Fonte: Autor (2017).

Com base nas ordens de serviço se montou a tabela abaixo. O objetivo dessa tabela, era propiciar os dados para o levantamento dos períodos das atividades de manutenção preventiva com base na equação 7.

A tabela 3 a seguir apresenta o MTBF para os subconjuntos.

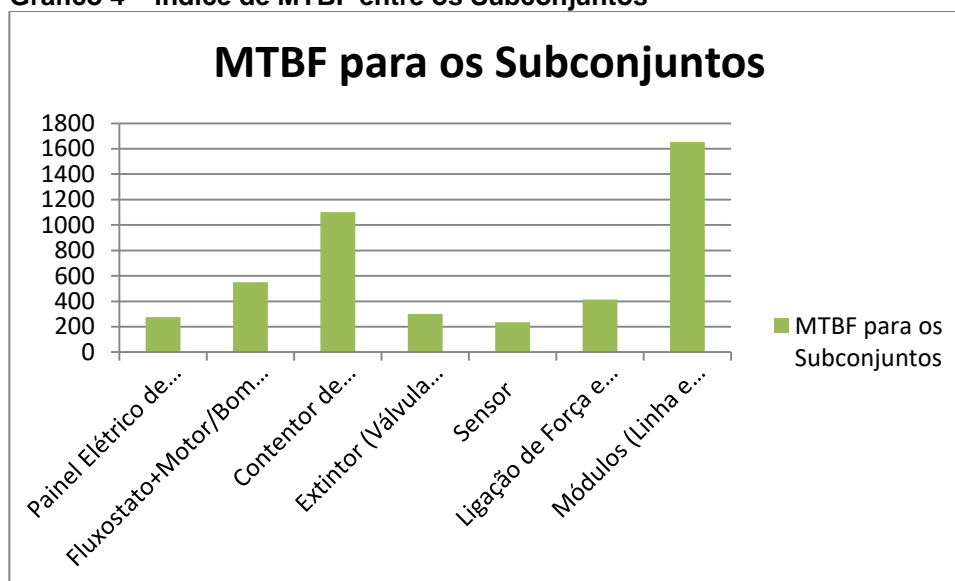
Tabela 3 – MTBF para cada Subconjunto

Subconjuntos	Número de Intervenções Corretivas	MTBF (Horas)
Painel Elétrico de Comando da Bomba	12	297,5575
Pressostato+Motor/Bomba	6	594,5
Contentor de Membrana+ Fluxostato+ Válvula de saída	3	1190,3333
Extintor (Válvula Solenóide + Filtro + Bocal de Extinção)	11	323,72727
Sensor	14	254,64286
Ligação de Força e Comando (Disjuntores + Fusíveis + Nobreak + Contatores)	8	413,46
Módulos (Linha e Master)	2	1784,5

Fonte: Autor (2017)

O gráfico quatro abaixo ilustra como o MTBF entre os subconjuntos.

Gráfico 4 – Índice de MTBF entre os Subconjuntos



Fonte: Autor (2017).

6.6 ETAPA 06: FMEA

Para o desenvolvimento do FMEA, foi realizada a implantação seguindo a metodologia proposta no item 6.4.6.

A constituição do grupo que desenvolveu o a planilha, foi feita com todos os membros da equipe apresentada na primeira etapa desta seção.

No desenvolvimento da planilha do FMEA a equipe reuniu-se duas vezes para chegar às conclusões que culminaram na sua construção. As divisões dos conjuntos e subconjuntos vieram da etapa 3 onde foi decidido sobre como ficaria dividido o conjunto em seus subconjuntos.

No levantamento das falhas, o procedimento foi à busca das ordens de serviço corretivas, nas quais estavam todas as manutenções no período previsto e isso levou as falhas. Com o levantamento das falhas o mantenedores do setor da Utilidades apontaram as causas das falhas com base nas atividades corretivas realizadas. Vale ressaltar que todas as ordens de serviço corretivas estavam inseridas no software de gestão da manutenção.

Cada subconjunto foi tratado separadamente afim que se conseguisse a melhor análise de intervenção na falha. Durante a reunião várias mudanças aconteceram que levaram os mantenedores a reencontrar a descrição mais correta do modo da falha, da causa da falha. A planilha apresenta somente o que ficou definido depois das reuniões.

Alguns modos de falha foram levantados através de orientações do fabricante. Essas informações estavam com os mantenedores e operadores do setor de secagem antes mesmo da realização desse projeto. Para identificá-las, basta olhar as linhas em azul na coluna de modo de falhas.

Os outros campos da planilha foram preenchidos com base nas discussões realizadas entre os membros da comissão.

O preenchimento dos índices que mostram os valores do índice IR foram todos baseados na opinião de todos os membros da equipe de MCC. Utilizando o quadro 1 os avaliadores observaram os modos de falha e discutiram que valores dariam para os campos. Algumas alterações foram feitas mesmo depois de uma primeira escolha, mas na planilha somente são apresentados os valores finais.

A tabela 4 na próxima página é planilha do FMEA desenvolvida.

Tabela 4 – Planilha do FMEA Desenvolvida

Planilha do FMEA									
MCC	Equipe: Manutenção Data: 13/04/2017	Setor: Utilidades	Linha ou Equipamento: Sistema Eletrônico de Detecção e Extinção de Faíscas						
Conjunto	Subconjunto	Modo de Falha	Causa da Falha	Efeito da Falha	Controle Atual para Detecção da Falha	IO	IG	ID	IR
Painel Elétrico	Ligação de Força e Comando (Disjuntores + Fusíveis + Nobreak + Contatores)	Disjuntores Queimados	Componente com Sobreaquecimento em uma ou mais de suas três fases	Parada Total do Sistema	Nenhum	5	4	1	20
		Disjuntores Desarmados	Sobrecarga no Disjuntor	Parada Total do Sistema	Nenhum	10	4	1	40
		Contatores Queimados	Componente em Vida Útil Terminada	Parada Total do Sistema	Nenhum	5	4	2	40
		Fusível Queimado	Sobrecarga no Componente	Parada Total do Sistema	Nenhum	1	4	2	8
		Nobreak não está ligando	Baterias Esgotadas	Perca de Proteção em caso de Falha em algum Componente do Painel	Nenhum	1	4	1	4
	Módulos (Linha e Master)	Led 12 do Módulo não Liga (Não Detectado Fluxo de Água na extinção)	Válvula Solenóide do Extintor não Funciona	Extintor não Funiona	Nenhum	5	4	1	20
			Rompimento do Cabo de Comunicação do Extintor com a Central	Extintor não Funiona	Visual				
		Luzes do Led não Ligam	Módulo Queimado	Extintores e Sensores Ligados ao Módulo não funcionam	Visual	1	4	2	8
Unidade de Extinção	Sensores	Sensor detectando um número anormal de faíscas apontadas pela IHM do painel elétrico.	Presença de Luz Solar no Duto onde o Sensor está Instalado	Sensor Detectará Faíscas Mesmo Quando elas não existirem	Nenhum	3	3	1	9
		Sensor não Enviando Sinal ao Painel Elétrico	Parte Frontal do Sensor Muito Suja Cabo Elétrico que Liga o Sensor à Central está Rompido	Sensor não Detecta a Presença de Faíscas Sensor Não se Comunica com a Central	Nenhum Nenhum	5	4	1	20
	Extintor (Válvula Solenóide + Filtro + Bocal de Extinção)	Filtro Obstruído	Filtro deixando Passar Sujeira	Possível Entopimento da Rede	Nenhum	2	4	3	24
		Bocal sempre aberto	Bico do Bocal sempre aberto	Vazamento de Água	Nenhum	2	4	3	24
Unidade de Elevação de Pressão	Elétrico de Comando da	Mesmas Falhas do Painel Elétrico	Mesmas Causas do Painel elétrico	Parada da Unidade de Elevação	Nenhum	5	4	1	20
	Contentor de Membrana + Pressostato	Não indicar a Central Nível Baixo no Contentor	Sensor com Cabo Rompido	Bomba não Envia Água para o Contentor	Nenhum	4	4	1	16
		Pressostato Não Ativa	Contatos Elétricos do Pressostato não Funcionam	Não é Liberada a Saída de Água para os Extintores	Nenhum	4	4	2	32
	Fluxostato	Fluxostato Não Ativa	Contatos Elétricos do Fluxostato não Funcionam	Não é Enviada Água para o Contentor	Nenhum	4	4	2	32
	Motor/Bomba	Motor Girando com Dificuldade	Rolamentos Danificados	Parada da Unidade de Elevação	Nenhum	5	4	1	20
			Folga na Tampa Defletor	Parada da Unidade de Elevação	Nenhum				
		Motor Aquecendo Demais	Sobrecarga em uma das fases	Motor vai perdendo seu rendimento	Nenhum	1	2	1	2
Terminais de ligação do motor com defeito ou queimados	Parada da Unidade de Elevação		Nenhum	3	5	2	40		

Fonte: Autor (2017)

6.7 ETAPA 07: SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A seleção das tarefas de manutenção preventiva, penúltima etapa do processo de implementação da MCC baseou-se na utilização da ALD e do Diagrama de Seleção de Tarefas conforme apresentado na seção 6.4.7. A tabela 4 abaixo apresenta o levantamento

Tabela 5 – Tabela Indicando as Atividades de Manutenção Preventiva Recomendadas

Modo de Falha	Efeito da Falha	ALD					Diagrama de Seleção de Tarefas								Ação Recomendada		
		1	2	3	4	R	1	2	3	4	5	6	7	8			
Disjuntores Queimados	Parada Total do Sistema	S	N	N	S	B	S										Reaperto e limpeza dos terminais de ligação do disjuntor e limpeza do painel com aspirador e pano.
Disjuntores Desarmados	Parada Total do Sistema	S	N	N	N	B	S										Reaperto e limpeza dos terminais de ligação do disjuntor e limpeza do painel com aspirador e pano.
Contatores Queimados	Parada Total do Sistema	S	N	N	N	B	S										Reaperto e limpeza dos terminais de ligação do contator e limpeza do painel com aspirador e pano.
Fusível Queimado	Parada Total do Sistema	S	N	N	N	B	N	N	N	N	N	S					Inspeção Visual
Nobreak não está ligando	Perca de Proteção em caso de Falha em algum Componente do Painel	S	N	N	N	B	S										Trocar as Baterias do Nobreak de acordo com a especificação do fabricante
Luzes do Led do Módulo não Ligam	Extintores e Sensores Ligados ao Módulo não funcionam	S	N	N	N	B	S										Trocar as baterias do Módulo de acordo com a recomendação do fabricante
Sensor detectando um número anormal de faíscas apontadas pela IHM do painel elétrico.	Sensor Detectará Faíscas Mesmo Quando elas não existirem	S	N	N	N	B	S										Checar periodicamente as tubulações e a fixação dos sensores e extintores nas tubulações
Sensor não Enviando Sinal ao Painel Elétrico	Sensor não Detecta a Presença de Faíscas	S	N	N	N	B	S										Parar a exaustão desativar a zona referente - Remover os sensores do duto para inspecionar a lente, adaptador e cabo dos sensores. Recoloque os sensores, reative a zona e execute o teste do sensor.
Tubulações, flanges e elementos da unidade de elevação de pressão frouxos	Vazamentos	S	N	N	N	B	S										Realizar reaperto dos elementos da unidade.
Manometro do contentor de membrana indicando pressão menor que 2 bar	Pressão insuficiente para serviço	S	N	N	N	B	N	N	N	N	N	S					Inspeção Visual
Filtro Obstruído	Possível Entopimento da Rede	S	N	N	N	B	S										Realizar parada da exaustão e retirar o filtro para limpeza, depois recolocá-lo e ligar novamente a exaustão
Bocal sempre aberto	Vazamento de Água	S	N	N	N	B	N	N	N	N	N	S					Inspeção Visual
Mesmas Falhas do Painel Elétrico	Parada da Unidade de Elevação	S	N	N	N	B	S										Atividades realizadas no painel elétrico com exceção das atividades nos módulos já que eles não estão presentes nesse painel
Não indicar a Central Nivel Baixo no Contentor	Bomba não Envia Água para o Contentor	S	N	N	N	B	S										Realizar Observação do sensor de nível. Reaperto e conferência dos cabos de ligação.
Pressostato Não Ativa	Não é Liberada a Saída de Água para os Extintores	S	N	N	N	B	S										Testar continuidade dos terminais. Verificar possíveis danos.
Fluxostato Não Ativa	Não é Enviada Água para o Contentor	S	N	N	N	B	S										Testar continuidade dos terminais. Verificar possíveis danos.
Motor Girando com Dificuldade	Parada da Unidade de Elevação	S	N	N	N	B	S										Verificar os Terminais de Ligação do Motor limpando-o, se preciso, substituindo-o. Verificar Ventoinha do Motor. Verificar o Motor quando a danos em sua carcaça, ou barulho estranho indicando rolamentos danificados.
Motor Aquecendo Demais	Motor vai perdendo seu rendimento																
	Parada da Unidade de Elevação																

Fonte: Autor (2017)

6.8 ETAPA 08: DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a seção de 6.4.8 a seleção das tarefas poderia ser regida por meio da equação ou baseada na opinião de especialistas. A equipe de MCC verificou os resultados que foram obtidos por meio da equação e concluíram que manter aqueles períodos seria viável para um primeiro momento. A única exceção, foi que, o tempo calculado dado em dias, foi arredondado pelos mantenedores para que o calendário ficasse o mais periódico possível.

Para a realização do cálculo dos tempos, foi utilizado a equação 7 e o MTBF foi retirado de cada subconjunto e assim cada elemento do subconjunto apresentado na tabela da seção anterior terá a sua atividade de manutenção com o tempo baseado no respectivo tempo do subconjunto no qual está inserido.

A Tabela 3 abaixo demonstra os tempos (T) em dias para cada subconjunto

Tabela 6 – Periodicidade das Tarefas de Manutenção Preventiva para cada Subconjunto

Subconjuntos	MTBF (Horas)	T (Dias) Calculado	T (Dias) Adaptado
Painel Elétrico de Comando da Bomba	297,5575	15,26270444	15
Pressostato+Motor/Bomba+Pressostato	594,5	30,49386351	30
Contentor de Membrana+ Fluxostato+ Válvula de saída	1190,3333	61,05611809	60
Extintor (Válvula Solenóide + Filtro + Bocal de Extinção)	323,72727	16,6050383	15
Sensor	254,64286	13,06147104	15
Ligação de Força e Comando (Disjuntores + Fusíveis + Nobreak + Contatos de Ligação dos Sensores)	413,46	21,2077255	30
Módulos (Linha e Master)	1784,5	91,53288383	90

Fonte: Autor (2017)

Os levantamentos dos tempos finalizaram a seção de aplicação da MCC no sistema eletrônico de extinção de faíscas passando-se para conclusão do trabalho construindo as planilhas do plano de manutenção preventiva.

7 ELABORAÇÃO DAS PLANILHAS DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O SISTEMA ELETRÔNICO DE EXTIÇÃO DE FAÍSCAS.

Com a conclusão da aplicação da metodologia de MCC no equipamento, foi então planejada a planilha do plano de manutenção preventiva baseado no modelo padrão descrito no capítulo 5.

Os planos foram divididos em quatro modalidades, sendo estas as atividades quinzenais, mensais, bimestrais e trimestrais. Cada um dessas será acompanhado de uma ordem de serviço emitida pelo PCM da empresa.

A opção da equipe foi por montar uma tabela onde se pudesse agrupar o maior número de atividades no formato texto, ao invés do tipo check-list, isso porque, a empresa tem como padrão esse tipo de descrição nas suas planilhas de manutenção preventiva.

No que diz respeito às ferramentas, optou-se por deixar de lado identificar as tarefas de forma a detalhar cada ferramenta, pois isso depende da disponibilidade de ferramentas que o mantenedor possui.

O campo concernente à execução da última atividade de manutenção está branco até que o plano seja implantado.

Alguns campos foram acrescentados na geração da planilha, pois esses campos não estavam inclusos no capítulo 5 embora sejam utilizados no dia-a-dia da empresa nas manutenções realizadas.

O campo concernente às observações corresponde a eventuais anotações sobre a atividade que o mantenedor julgue necessário passar ao PCM.

O campo de liberação para trabalhos que necessitam de liberação da engenharia de segurança foram acrescentado pela necessidade de alguns serviços.

As atividades são as tarefas que o mantenedor deve realizar. Elas estão descritas de forma ser realizadas em sequência, mas, algumas atividades não precisam serem feitas nessa sequência, desde que não coloque em risco a atuação do mantenedor deixando de executar alguma ação de desligamento dos painéis ou desativamento do equipamento.

Por fim, as planilhas são colocadas abaixo conforme os períodos, sendo a planilha das atividades quinzenais representada na tabela 7, a das atividades mensais na tabela 8, das bimestrais na tabela 9 e das trimestrais na tabela 10.

Tabela 7 – Plano de Manutenção Preventiva Quinzenal

Plano de Manutenção Preventiva para o Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas (Quinzenal)											
Grupo da Máquina: Sitema de Água Industrial											
Peça ou Equipamento	Atividade	Ferramentas	Equipe	Especialidade	EPI's necessários	Material de consumo	Trabalho necessitando de liberação de segurança?	Data de realização do ultimo serviço	Periodicidade	Execução da atividade	Observações
Painel Eletrônico de Comando da Unidade de Elevação de Pressão	Realiza o desligamento geral do painel antes de iniciar as atividades. Realizar o bloqueio do disjuntor com o cartão de bloqueio. Efetuar a limpeza do painel com aspirador de pó e passando pano com álcool nas partes sujas. Realizar a limpeza dos contatos com o produto limpa contato dos componentes elétricos do painel. Reapertar todos componentes do painel.	Bolsa do electricista e aspirador de pó	Manutenção (Utilidades)	Electricista master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular e vestimenta para electricista	Saco de algodão cru, álcool etílico e limpa contato	Não		15 Dias		
Extintores	Desligar o extintor pela IHM do painel elétrico central. Realizar a limpeza e reaperto da caixa dos contatos ligação da válvula solenóide. Realizar a retirada do filtro e limpá-lo com água verificando a existência de alguma não conformidade. Retirar o bocal de extinção e Verificar as irregularidades e a rigidez da bola de abertura da tampa do bocal, fazendo a troca se necessário.	Bolsa do Electricista e Ferramentas do Mecânico	Manutenção (Utilidades)	Electricista master e Mecânico Master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular, vestimenta para electricista e vestimentar para o mecânico. Cinto de segurança para trabalhos em altura	Saco de algodão cru, limpa contato e spray antiferrugem	Sim		15 Dias		
Sensores	Desligar o sensor pela IHM do painel elétrico central. Retirar o sensor da tubulação. Limpar a lente do sensor, realizar a verificação das condições dos cabos de ligação do sensor. Verificar a presença de algum ponto de passagem de luz na parte interna da tubulção que possa prejudicar a condição de funcionamento dos mesmos. Reapertá-lo na tubulação.	Bolsa do Electricista	Manutenção (Utilidades)	Electricista master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular, vestimenta para electricista, cinto de segurança para trabalhos em altura	Saco de algodão cru, álcool etílico e limpa contato	Sim		15 Dias		

Fonte: Autor (2017)

Tabela 8 – Plano de Manutenção Preventiva Mensal

Plano de Manutenção Preventiva para o Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas (Mensal)											
Grupo da Máquina: Sistema de Água Industrial											
Peça ou Equipamento	Atividade	Ferramentas	Equipe	Especialidade	EPI's necessários	Material de consumo	Trabalho necessitando de liberação de segurança?	Data de realização do último serviço	Periodicidade	Execução da atividade	Observações
Motor/Bomba+Pressostato	Realiza o desligamento geral do painel antes de iniciar as atividades. Realizar o bloqueio do disjuntor com o cartão de bloqueio. Efetuar a limpeza da unidade com pano com álcool. Realizar o reaperto de todos dutos da central mesmo que não haja vazamentos. Realizar o reaperto e limpeza dos contatos de ligação do fluxostato e pressostato, trocando-os se necessário. Abrir caixa de ligação do motor da bomba verificando as condições de isolamento dos terminais de ligação, reapertando-os ou trocando se necessário. Verificar condições da ventoinha. Escutar o barulho do motor e caso encontre alguma característica incomum no som, comunicar o pessoal da engenharia de manutenção. Verificar a pressão do manômetro se aponta 5 bar. Verificar a condição de abertura e fechamento manual da válvula principal.	Bolsa do electricista e aspirador de pó	Manutenção (Utilidades)	Electricista master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular e vestimenta para electricista.	Saco de algodão cru, limpa contato e spray antiferrugem	Não		30 Dias		
Ligação de Força e Comando (Disjuntores + Fusíveis + Nobreak + Contatos de Ligação dos Sensores) do Painel Elétrico da Central.	Realiza o desligamento geral do painel antes de iniciar as atividades. Realizar o bloqueio do disjuntor com o cartão de bloqueio. Efetuar a limpeza do painel com aspirador de pó e passando pano com álcool nas partes sujas. Realizar a limpeza dos contatos com o produto limpa contato dos componentes elétricos do painel. Reapertar todos componentes do painel. Limpar a IHM da central com pano e produto anti-desembaçante. Fazer teste de carga nas baterias do Nobreak	Bolsa do Electricista e Ferramentas do Mecânico	Manutenção (Utilidades)	Electricista master e Mecânico Master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular, vestimenta para electricista e vestimentar para o mecânico.	Saco de algodão cru, limpa contato e álcool etílico			30 Dias		

Fonte: Autor (2017)

Tabela 9 – Plano de Manutenção Preventiva Bimestral

Plano de Manutenção Preventiva para o Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas (Bimestral)											
Grupo da Máquina: Sistema de Água Industrial											
Peça ou Equipamento	Atividade	Ferramentas	Equipe	Especialidade	EPI's necessários	Material de consumo	Trabalho necessitando de liberação de segurança?	Data de realização do último serviço	Periodicidade	Execução da atividade	Observações
Contentor de Membrana+ Fluxostato+ Válvula de saída	Verificar a pressão do manômetro se aponta 5 bar. Verificar a condição de abertura e fechamento manual da válvula principal. Retirar o Sensor de nível do contentor e verificar as condições do cabo de ligação, verificando também suas condições reapertá-lo no contentor de membrana.	Bolsa do electricista	Manutenção (Utilidades)	Electricista master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular e vestimenta para electricista.	Saco de algodão cru	Não		60 Dias		

Fonte: Autor (2017)

Tabela 10 – Plano de Manutenção Preventiva Trimestral

Plano de Manutenção Preventiva para o Sistema Eletrônico de Extinção de Faíscas (Trimestral)											
Grupo da Máquina: Sistema de Água Industrial											
Peça ou Equipamento	Atividade	Ferramentas	Equipe	Especialidade	EPI's necessários	Material de consumo	Trabalho necessitando de liberação de segurança?	Data de realização do último serviço	Periodicidade	Execução da atividade	Observações
Módulos (Linha e Master)	Realiza o desligamento geral do painel antes de iniciar as atividades. Realizar o bloqueio do disjuntor com o cartão de bloqueio. Limpar os módulos com pano seco. Ao religar verificar se as luzes dos led estão ligadas. Checagem visual do estado dos módulos.	Bolsa do eletricitista	Manutenção (Utilidades)	Eletricista master	Capacete de Proteção, óculos de proteção, protetor auricular e vestimenta para eletricitista.	Saco de algodão cru	Não		90 Dias		

Fonte: Autor (2017)

8 CONCLUSÃO

O trabalho forneceu a demonstração do funcionamento do sistema de exaustão da empresa apresentando o destino dos resíduos que sobram do corte de madeira. O sistema de exaustão é apresentado com um equipamento importantíssimo no que diz respeito a esse tipo indústria, pois a produção de resíduos do corte de madeira entre os setores é produzida em grande quantidade.

Com o trabalho pode-se demonstrar a importância do equipamento de extinção de faíscas no que diz respeito a proteção e integridade ambiental e humana evitando incêndios ou explosões em silos ou exaustores da empresa.

A revisão bibliográfica forneceu uma compreensão da metodologia Manutenção Centrada na Confiabilidade no desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva seguindo metodicamente as etapas de implantação dela. Acerca dela, comenta-se que a terceira etapa, a de seleção dos itens físicos críticos foi deixada de lado devido a opiniões de autores especializados e opinião da equipe de MCC que julgou afetar a escolha dos itens levando em consideração que as etapas subsequentes da metodologia iam proporcionar a seleção desses itens, o que faria a busca minuciosa além da necessidade de projeto, que era gerar um plano de manutenção para um equipamento e não uma linha de produção ou algo mais complexo.

Percebeu-se que os indicadores de manutenção são fontes e bases de dados para qualquer fábrica possuir balizadores dos maquinários. Além disso, os indicadores de manutenção são importantes para comparações do equipamento antes e depois da implantação do plano de manutenção preventiva, verificando se houve melhoras ou se continua da mesma maneira em relação a taxas de falhas, tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo e principalmente; a disponibilidade.

Concluiu-se que ainda, que a aplicação da metodologia de Mendes, para o cálculo do tempo de manutenção preventiva mostrou-se com valores aceitáveis. A ressalva é que para o trabalho ainda optou-se por arredondar o número de dias, já que a literatura expõe a possibilidade de se determinar esse tempo com base na opinião dos especialistas.

A elaboração dos planos de manutenção preventiva gerou tarefas de gastos sem significativa importância à empresa. Um dos objetivos da metodologia é justamente gerar tarefas de manutenção sem gastos exagerados.

Ainda deve-se considerar que a implantação do plano avaliando os resultados pós-implantação com os resultados já apresentados no texto. Assim pode-se ter a comprovação exata da eficácia do trabalho. Sugere-se futuramente implantar o trabalho para que o mesmo seja comparado com os resultados já levantados.

Deve-se futuramente realizar a revisão das atividades de manutenção preventiva para assegurar-se que outras falhas não sejam deixadas de lado.

Os tempos de manutenção devem ser em trabalhos futuros comparados quanto a sua efetividade, caso após a implantação os índices não apresentarem melhora.

Por fim, os objetivos foram concluídos fornecendo a empresa, um plano de manutenção preventiva conforme o proposto no projeto.

REFERÊNCIAS

BLOCH, H. P.; GEITNER, F. K. **Practical Machinery Management for Process Plants: Volume 2: Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**. Gulf Professional Publishing, 1997.

FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2009.

GARCIA, T. C. **Aplicação dos conceitos de RCM e a ferramenta FMEA no aumento de confiabilidade em equipamentos de uma indústria química**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento Acadêmico em Engenharia de Mecânica, Universidade Estadual Paulista. Unesp, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J. B. T. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2002.

LAFRAIA, J. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001.

MENDES, A. A. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Uma Abordagem Quantitativa**. 20. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento Acadêmico em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

Pinto, A. K.; Xavier, J.A. N. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

SOUZA, V. R. D. **Sistema de Proteção contra Incêndios ou Explosões para Acidentes Industriais Ampliados ou para Diminuição das suas Consequências**. 2013. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) – Departamento Acadêmico de Engenharia de Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.7

TAVARES, L. Avaliando a gestão da manutenção. **Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento**. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1999

VIANA, P. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitimark, 2006.

ZAIONS, R. D. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção) Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.