



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS LAGES
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Lucas Hildebrando

**Aplicação da Ferramenta Metodológica AQF em uma Impressora Flexográfica
Automática de uma Empresa do Ramo de Embalagens Para Melhorar a Disponibilidade**

LAGES

[2022]

Lucas Hildebrando

Aplicação da Ferramenta Metodológica AQF em uma Impressora Flexográfica Automática de uma Empresa do Ramo de Embalagens Para Melhorar a Disponibilidade

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Fernando da Silva Osório, (Me.)

Coorientador: Patrick Ambros da Silva, (Esp.)

Lages, SC

2022



Lucas Hildebrando

Aplicação da Ferramenta Metodológica AQF em uma Impressora Flexográfica Automática de uma Empresa do Ramo de Embalagens Para Melhorar a Disponibilidade

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final, com conceito máximo, pelo Curso de Graduação em Engenharia Mecânica.

Lages, 03 de março de 2022.

Documento assinado digitalmente
 MATHEUS FONTANELLE PEREIRA
 Data: 09/05/2022 16:01:33-0300
 Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Matheus Fontanelle Pereira, Dr. Eng.
 Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Banca Examinadora:



Prof. Fernando da Silva Osório, Me. Eng.
 Orientador
 Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Anderson Luís Garcia Correia, Me. Eng.
 Avaliador
 Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Paulo Roberto da Costa Jr., Esp. MBA.
 Avaliador Externo
 SENAI SC
 Supervisor de Manutenção – Berneck S. A.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, os grandes apoiadores de tudo que já construí e que ainda irei conquistar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos, docentes e alunos, dos *Campi* Xanxerê e Lages, os quais pude acompanhar o crescimento e sentir grande orgulho. Agradeço também ao forte time de Engenharia e Manutenção da Klabin Lages, por todo apoio e ensinamentos dentro da grande escola que é a indústria. Por fim, agradeço a minha amada namorada, meus amigos e, principalmente, familiares, que sempre me apoiaram em todas as escolhas que fiz.

“Dias prósperos não vêm por acaso, nascem de muito trabalho e persistência.”

(Henry Ford)

RESUMO

A Engenharia de Manutenção se tornou peça fundamental em uma indústria da era moderna, garantindo, diariamente, que haja disponibilidade e mantimento das máquinas e equipamentos responsáveis pela produção e lucro da companhia. Neste cenário, o presente trabalho teve como objetivo aplicar uma ferramenta metodológica AQF para encontrar a causa raiz de uma perda recorrente, até então de origem desconhecida, que impactava severamente a disponibilidade de uma impressora flexográfica automática. Nesse método de Análise de Quebra/Falha (AQF), foram utilizadas ferramentas de Gestão da Manutenção para encontrar as raízes do problema. Com isso, foi possível identificar que as principais causas raízes estavam em falta de inspeção, problemas com as baterias do sistema e uma falha de procedimento, visto que não era realizado o recuo correto dos *Decks* de impressão devido à falta de conhecimento das equipes de Manutenção e Operação, além da inexistência de um procedimento padronizado para executar a atividade. Foram geradas ações de prevenção e solução do problema, causando uma redução de 52% no indicador de indisponibilidade do equipamento e, conseqüentemente, obtendo retorno financeiro significativo para companhia no período após aplicação do método. O estudo também visou a elaboração de um acervo bibliográfico dos conceitos e metodologias na área de Manutenção Industrial e detalhamento do processo produtivo de impressão por flexografia, possibilitando o uso desse material para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Manutenção Industrial. PCM. Análise de Quebra/Falha. TPM. Flexografia.

ABSTRACT

The Maintenance Engineering has become the fundamental piece in an industry of the modern age, ensuring, every day, the availability and conservation of the machines and equipment responsible for the production and the profits of the company. In this scenario, the present work had the objective to apply a methodological tool BFA to find the main root cause of a recurring loss, so far from an unknown origin, that had several impacts on the availability of an automatic flexographic printer. In this Break/Failure Analysis (BFA) method, Maintenance Management tools were used to find the roots of the problem. Therewith, it was possible to identify that the main root causes were in the lack of inspection, problems with the system batteries and a procedure failure, since the correct indentation of the printer Decks was not performed due to lack of knowledge of Maintenance and Operation teams, besides the nonexistence of a standard procedure to execute the activity. Actions to prevent and solve the problem were generated, causing a 52% reduction in the equipment unavailability indicator and, therefore, acquiring significant financial return for the company in the period after the application of the method. The study also aimed the elaboration of a bibliographic collection of the concepts and methodologies in the Industrial Maintenance area and details of the production process of the flexographic print, making the use of this material possible for future researches.

Keywords: Industrial Maintenance. MPC. Break/Failure Analysis. TPM. Flexography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo.....	18
Figura 2 – Linha de produção no início do século XX.....	24
Figura 3 – Produção aprimorada no início do século XX.	25
Figura 4 – Evolução das técnicas de Manutenção Industrial.....	26
Figura 5 – Os 8 pilares fundamentais da TPM.	30
Figura 6 – Impressora Flexográfica Automática.	36
Figura 7 – Sistemas de entintagem <i>Doctor roll</i> e <i>Doctor blade</i>	36
Figura 8 – Sistema <i>Doctor blade</i> com tambor central.....	37
Figura 9 – Exemplo de Clichê para impressão flexográfica.....	38
Figura 10 – Exemplos de Cilindros Anilox.	39
Figura 11 – Esquema de um cilindro pneumático.	40
Figura 12 – Conjunto desbobinador da Impressora Flexográfica.....	41
Figura 13 – Câmara de tinta <i>Doctor blade</i>	42
Figura 14 – Visualização das perdas no sistema OEE.	46
Figura 15 – Plano de Ação das reuniões da Manutenção.	48
Figura 16 – Gráfico de Pareto das perdas por manutenção na Impressora Flexográfica.	48
Figura 17 – Quadro de FAQ na Sala de Análises.....	50
Figura 18 – Exemplo de FAQ física em branco.	51
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa 4Ms.....	53
Figura 20 – Ficha para análise dos 5 Porquês.	54
Figura 21 – Ferramenta Plano de Ação.	55
Figura 22 – Registros digitais do 5W1H.	56
Figura 23 – Registros digitais do <i>Brainstorming</i>	57
Figura 24 – Registro do Diagrama de Ishikawa 4Ms.	58
Figura 25 – Análise dos 5 Porquês.	59
Figura 26 – Plano de Ação resultante da AQF.	63
Figura 27 – Proporção da diminuição da indisponibilidade na impressora.....	64
Figura 28 – Redução na média mensal de perdas por calibração de <i>Decks</i>	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Três principais etapas da metodologia.....	45
Quadro 2 – Ferramenta 5W 1H.	52
Quadro 3 – Categorias do Diagrama de Ishikawa 4Ms.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AQF – Análise de Quebra/Falha

ERP (PRE) – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recursos Empresariais)

FAQ – Ficha de Análise de Quebra

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

HH – Hora Homem

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

MP – Manutenção Planejada

MTBF (TMPF) – *Mean time between failures* (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR (TMPR) – *Mean time to repair* (Tempo Médio Para Reparo)

OEE (EGE) – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento)

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

RCM (MCC) – *Reliability-centered Maintenance* (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

SAP – *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung* (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados)

SMF – Sacos Multifolhados

TPM (MPT) – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

4Ms – Material, Método, Máquina e Mão de Obra

5W1H – *What? When? Where? Who? Which? How?*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	PRODUÇÃO DE SACOS INDUSTRIAIS MULTIFOLHADOS	18
2.1.1	Bobina de papel.....	19
2.1.2	Impressão (Impressoras Industriais)	19
2.1.3	Formação de tubos (Tubadeiras).....	19
2.1.3.1	<i>Conjunto desbobinador</i>	<i>20</i>
2.1.3.2	<i>Sistemas perfuradores de folha e corte</i>	<i>20</i>
2.1.3.3	<i>Aplicação de cola, formação do tubo e corte</i>	<i>20</i>
2.1.4	Colagem da válvula e fechamento (Coladeiras).....	20
2.1.5	Paletização (Robô Paletizador).....	20
2.1.6	Estrechamento e preparo para expedição (Enfardadeira Automática)	21
2.1.7	Armazém e Expedição	21
2.2	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E MANUTENÇÃO	21
2.2.1	Setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)	21
2.2.2	Engenharia de Confiabilidade	22
2.2.3	Equipe de Manutenção Corretiva	22
2.2.4	Coordenação de Manutenção	22
2.3	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	22
2.3.1	Breve histórico da Manutenção Industrial.....	23
2.3.2	Principais tipos de Manutenção Industrial	27
2.3.2.1	<i>Manutenção Corretiva Não Planejada.....</i>	<i>27</i>

		13
2.3.2.2	<i>Manutenção Corretiva Planejada</i>	27
2.3.2.3	<i>Manutenção Preventiva</i>	28
2.3.2.4	<i>Manutenção Preditiva</i>	28
2.4	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	29
2.4.1	Manutenção Produtiva Total (TPM)	29
2.4.1.1	<i>Pilar MP (Manutenção Planejada)</i>	30
2.4.1.2	<i>Pilar MA ou GA (Manutenção Autônoma ou Gestão Autônoma)</i>	31
2.5	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)	31
2.5.1	Gestão de materiais e serviços	31
2.5.1.1	<i>Cadastramento de materiais e serviços no sistema ERP</i>	31
2.5.1.2	<i>Compra de materiais e serviços</i>	32
2.5.2	Gestão de Notas e Ordens de Manutenção	32
2.5.2.1	<i>Programação de Manutenção</i>	33
2.5.3	Elaboração de Planos de Manutenção	33
2.5.4	Acompanhamento e controle de indicadores	33
2.6	PRINCIPAIS INDICADORES E CONCEITOS NA MANUTENÇÃO	34
2.6.1	MTBF	34
2.6.2	MTTR	34
2.6.3	Indisponibilidade por Manutenção	34
2.6.4	Número de Quebras	34
2.6.5	Custo Fixo de Manutenção	35
2.6.6	OEE	35
2.7	A MÁQUINA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA AUTOMÁTICA	35
2.7.1	Impressão por flexografia para embalagens	36
2.7.1.1	<i>Chapa de impressão (Clichê)</i>	37
2.7.1.2	<i>Tinta líquida e de rápida secagem</i>	38

		14
2.7.1.3	<i>Cilindros Anilox</i>	39
2.7.2	Entrada de Bobina	40
2.7.3	Conjunto Desbobinador	40
2.7.4	Sistema de Impressão	41
2.7.4.1	<i>Decks de impressão</i>	42
2.7.5	Secagem de tinta	42
2.7.6	Conjunto Rebobinador	43
2.7.7	Saída de Bobina	43
3	METODOLOGIA	45
3.1	ANÁLISE DAS PERDAS DA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA	45
3.1.1	Classificação das perdas por manutenção	46
3.1.1.1	<i>Perdas Baixas</i>	46
3.1.1.2	<i>Perdas Médias</i>	47
3.1.1.3	<i>Perdas Altas</i>	47
3.1.2	Reunião diária de perdas por manutenção	47
3.2	METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE QUEBRA/FALHA	49
3.2.1	5W1H	51
3.2.2	Brainstorming das ações com e sem êxito	52
3.2.3	Diagrama de Ishikawa 4Ms	52
3.2.4	Análise dos 5 Porquês	54
3.2.5	Ferramenta Plano de Ação	54
3.3	REALIZAÇÃO DA AQF PARA CALIBRAÇÃO DE DECKS	55
3.3.1	Reunião multidisciplinar	55
3.3.1.1	<i>Aplicação da ferramenta 5W1H</i>	56
3.3.1.2	<i>Realização do Brainstorming</i>	57
3.3.1.3	<i>Utilização do Diagrama de Ishikawa 4Ms</i>	57
3.3.1.4	<i>Finalização da AQF com uso dos 5 Porquês</i>	58

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
4.1	RESULTADOS POR FERRAMENTA UTILIZADA NA AQF	61
4.1.1	Resultados com uso do 5W1H	61
4.1.2	Resultados com o <i>Brainstorming</i>	61
4.1.3	Resultados com o uso do Diagrama de Ishikawa 4Ms	61
4.1.4	Resultados com o uso dos 5 Porquês	62
4.2	AÇÕES PREVENTIVAS RESULTANTES DA AQF	62
5	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	ANEXO A – Fluxograma para iniciar uma AQF	69
	ANEXO B – FAQ física utilizada na data da investigação	70

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é um Estudo de Caso desenvolvido em conjunto da maior produtora e exportadora de Sacos Industriais Multifolhados do mundo e, respeitando as Políticas de Privacidade da companhia, foram preservadas algumas informações confidenciais, nomenclaturas e demais dados de sigilo relevantes para empresa e seus clientes.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos desta monografia, levando em consideração as necessidades da indústria para o mercado competitivo.

1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar a ferramenta metodológica AQF – Análise de Quebra/Falha em uma impressora flexográfica industrial de grande porte, situada numa empresa brasileira, produtora e exportadora de Sacos Industriais Multifolhados, visando identificação da causa raiz da principal recorrência de perdas por manutenção, buscando melhoria dos indicadores de disponibilidade da máquina.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo sobre os principais conceitos e metodologias da Manutenção;
- Realizar um estudo sobre as funcionalidades da máquina Impressora Flexográfica Automática;
- Identificar os principais motivos das perdas por manutenção da máquina Impressora Flexográfica Automática;
- Aplicar a metodologia AQF para identificação da causa raiz da principal perda;
- Gerar ações para evitar a recorrência da perda gerada;
- Gerar retorno financeiro;
- Aumentar disponibilidade de máquina.

“Dias prósperos não vêm por acaso, nascem de muito trabalho e persistência.”

(Henry Ford)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

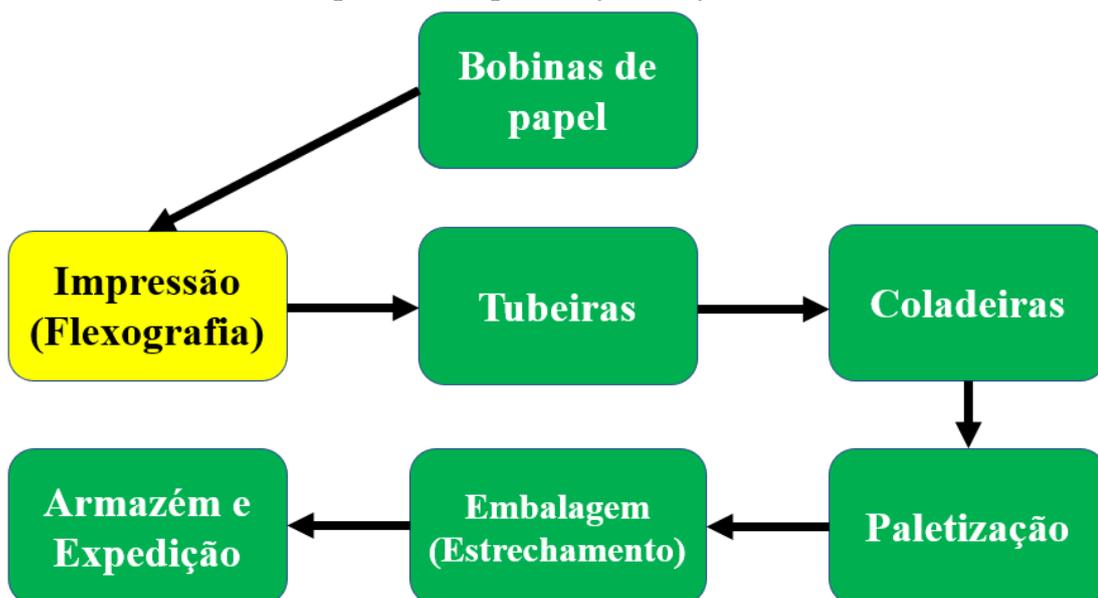
A revisão bibliográfica irá contextualizar, de maneira estruturada e sequencial, os temas considerados relevantes para compreensão do trabalho proposto, descrevendo a indústria a qual o estudo está inserido, conceitos e principais metodologias utilizadas na área da Gestão da Manutenção, bem como descrição da máquina estudada.

2.1 PRODUÇÃO DE SACOS INDUSTRIAIS MULTIFOLHADOS

Pertencente à categoria de produção industrial convertedora, do ramo de embalagens, a indústria de Sacos Multifolhados, ou SMF, abastece outras empresas que necessitem de sacarias para diversos produtos, como cimentos, carvão, grãos e farinhas, por exemplo. Sendo os dois últimos, tipos de SMF com produção mais criteriosa, devido aos cuidados necessários com embalagens de produtos alimentícios.

É possível simplificar o processo de convertimento de uma bobina de papel para produção de embalagens de SMF a nível industrial de grande escala em, basicamente, 7 grandes etapas: recebimento e ajustes das bobinas de papel; impressão; formação de tubos; colagem e fechamento; paletização; estrechamento/embalagem para envio; armazém e expedição. Abaixo, a Figura 1 contém um fluxograma que explica a ordem linear do processo.

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: elaborado pelo autor.

Verificando a figura acima é possível identificar em que parte do processo produtivo está situada a máquina Impressora Flexográfica Automática (em amarelo na Figura 1), objeto de estudo deste trabalho, posicionada logo no início da linha de produção, tornando-a um equipamento essencial para fabricação de embalagens complexas. A seguir, as etapas do processo serão descritas em forma resumida.

2.1.1 Bobina de papel

O papel é produzido em outra unidade da mesma companhia e chega em forma de bobinas, que em alguns casos são desbobinadas, cortadas e rebobinadas para ajustes, seguindo para conversão em embalagens ou bobinas de papel impresso.

2.1.2 Impressão (Impressoras Industriais)

A bobina de papel, já dimensionada conforme pedido do cliente e tipo de SMF, é desbobinada no conjunto desbobinador da máquina, seguindo passagem por diversos cilindros alinhadores e de tração, além dos rolos denominados porta-clichês, que atuam como “carimbos”, envolvendo-se em tinta e transferindo ao papel a gravura desejada.

Em sequência, o papel passa pelo conjunto de secagem da máquina, seguindo para o rebobinador, para finalmente retornar ao formato de bobina. Esse processo e tipo de máquina utilizada como objeto de estudo serão melhores detalhados na seção 2.7 deste trabalho.

Os sistemas podem ser mais simples ou complexos, conforme tecnologia empregada na impressora industrial utilizada e exigência do cliente, como qualidade na impressão, quantidade de cores, formato do SMF.

2.1.3 Formação de tubos (Tuboiras)

Nesse processo, a bobina de papel será alimentada na linha de produção da Tubeira e ao final de todas as etapas, resultará em tubos de papel já dimensionados e cortados.

2.1.3.1 *Conjunto desbobinador*

A bobina de papel, já com a arte impressa, é novamente desbobinada nos conjuntos desbobinadores da Tubeira, onde também são acrescentadas as outras bobinas de papel, que formarão as demais camadas do SMF, que irá variar conforme necessidade do cliente e limitações da máquina.

2.1.3.2 *Sistemas perfuradores de folha e corte*

As camadas de papel seguem para etapa de furação e corte prévio, necessária para passagem de ar na sacaria e destacamento. O diâmetro e tipo de furo dependerá do tipo de SMF e conjuntos perfuradores da máquina.

2.1.3.3 *Aplicação de cola, formação do tubo e corte*

Pode-se simplificar o final dessa etapa com a aplicação de adesivo para fixação durante a formação de um grande tubo contínuo, que em sequência é cortado na dimensão desejada e agrupado em maços, que serão transportados para a próxima máquina, a Coladeira.

2.1.4 Colagem da válvula e fechamento (Coladeiras)

A última etapa do processo para obtenção de um saco industrial multifolhado, a máquina Coladeira recebe o tubo de papel no formato desejado e completa seu fechamento fabricando e adicionando a válvula de abastecimento da sacaria e tampa inferior, utilizando adesivos e diversos mecanismos automatizados.

2.1.5 Paletização (Robô Paletizador)

Com o SMF completamente formado, sua paletização é feita de maneira completamente automatizada, com o uso de um Robô Paletizador ao final da Coladeira, que agrupa os sacos em *pallets* no formato padrão de projeto.

2.1.6 Estrechamento e preparo para expedição (Enfardadeira Automática)

O processo final de toda a produção de SMF passa pelo Estrechamento e Enfardamento, que consiste em preparar o *pallet* para envio externo, prensando, amarrando e envolvendo a carga em película protetora, sendo a principal máquina responsável por esse procedimento, uma Enfardadeira Automática, além dos equipamentos manuais existentes.

Normalmente uma única Enfardadeira é responsável pela preparação dos *pallets* de diversas linhas de produção e, por esse motivo, uma quebra nessa máquina pode gerar grande perda para produção, atrasando todo o processo de expedição.

2.1.7 Armazém e Expedição

Os *pallets* prontos para envio ao cliente são armazenados nas dependências da fábrica, identificados com etiquetas que contêm todas as informações necessárias para a expedição do produto, que é realizada por frota de transporte própria ou terceirizada, levando o SMF ao cliente e concluindo todo o processo de transformação da bobina em sacaria industrial entregue.

2.2 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E MANUTENÇÃO

O departamento de Engenharia e Manutenção do contexto industrial deste estudo se estrutura em quatro grandes áreas da Manutenção, organizando-se em Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), Engenharia de Confiabilidade, Manutenção Corretiva e Coordenação de Manutenção, sendo os dois primeiros, principais áreas responsáveis pelas investigações de quebra/falha e aplicação de metodologias para controle e melhoria de indicadores.

2.2.1 Setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)

Setor responsável pela gestão de recursos, mão de obra e equipamentos necessários para execução de atividades planejadas/programadas de manutenção. Tem o foco no médio e longo prazo, atuando em grandes paradas preventivas de máquinas.

É no PCM que está concentrada a gestão de hora-homem, programação de atividades planejadas, compras de ferramentas e materiais, cadastramento em sistema ERP corporativo e arquivamento de informações técnicas.

2.2.2 Engenharia de Confiabilidade

O setor de Engenharia e Confiabilidade é responsável pela diminuição das ocorrências de quebra e falha em máquinas e equipamentos, bem como redução do tempo para reparo, caso o problema volte a ocorrer.

Para isso, a Confiabilidade visa antecipar a quebra, traçando o tempo de vida confiável dos equipamentos críticos em operação, por meio de diversas metodologias que envolvem histórico de equipamentos, estudos de falha e quebra, análises sensitivas e instrumentais.

2.2.3 Equipe de Manutenção Corretiva

Composta por técnicos manutentores, prestadores de serviços terceirizados e supervisão, a Equipe de Manutenção Corretiva atua após a quebra ou falha da máquina, componente ou equipamento, seja proveniente de problema elétrico ou mecânico.

As informações obtidas pelo apontamento técnico das quebras servem como base de dados para diversas análises da Engenharia de Confiabilidade, possibilitando criação de planos de ação para diminuição da ocorrência das falhas e tempo para reparo, em caso de recorrência.

2.2.4 Coordenação de Manutenção

Mais elevado nível da Manutenção nesse cenário industrial em questão, a Coordenação controla e atribui funções para toda Supervisão dos setores acima citados, é o núcleo do conhecimento técnico e metodológico sobre Gestão da Manutenção, responsável pela administração e controle dos indicadores de todo departamento, bem como gestão de pessoas, recursos, tomadas de decisão e interações com demais áreas corporativas.

2.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Com a crescente competitividade no contexto industrial, o constante aumento da produção e, conseqüentemente, da exigência das máquinas e equipamentos, a Manutenção Industrial torna-se cada vez mais presente e requisitada nas empresas, independente do porte.

Viana (2002) define Manutenção conforme sua derivação do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem. Em outras palavras, a Manutenção visa manter os ativos de uma empresa em condições ideais de operação, seja após a falha ou por métodos de antecipação.

Segundo a NBR 5462 da ABNT (1994, p. 6), entende-se por Manutenção a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Ou seja, como bem descrito por Xenos (1998, p. 18), “manter significa fazer tudo o que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido”.

Neste trecho do trabalho será contextualizado o histórico da Manutenção Industrial, bem como os tipos de Manutenção mais aplicados na indústria.

2.3.1 Breve histórico da Manutenção Industrial

A Manutenção Industrial se tornou uma necessidade com o surgimento da indústria, passando por grande evolução no último século até alcançar os resultados e tecnologias modernas do século XXI, sendo incentivada por duas grandes vertentes de acontecimentos na história: Revoluções Industriais e Guerras Mundiais.

Com o surgimento das primeiras máquinas mecanizadas e produção em larga-escala incentivada pela Primeira Revolução Industrial (XVIII – XIX), a Manutenção começou a aparecer em nível industrial, porém ainda de maneira bastante rudimentar, atuando de forma corretiva, ou seja, após a quebra, sendo realizada pelos próprios operadores das máquinas, que recebiam treinamentos e compartilhavam conhecimentos empíricos entre si, permanecendo nessa metodologia até início do século XX (ZAIONS, 2003).

A Figura 2, abaixo, ilustra uma linha de produção de automóveis no início do século XX, quando a manutenção ainda era realizada de forma simples e sem planejamento:

Figura 2 – Linha de produção no início do século XX.



Fonte: (QUATRO RODAS, 2016).

No mesmo século, a manutenção que era realizada em grande parte de forma corretiva, evoluiu com o avanço da tecnologia e estudos para Manutenção Preventiva e, posteriormente, Preditiva (ARANHA JUNIOR; PENHA, 2019).

Boa parte dessa evolução foi incentivada pela Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), quando as empresas se depararam em cenários de alta demanda, em que era necessário suprir valores mínimos de produção, surgindo a necessidade de criar equipes especializadas em reparos rápidos para garantia da disponibilidade e produção. Dessa maneira, surgem os primeiros “Setores de Manutenção”, ainda que com foco na manutenção corretiva dos equipamentos (ZAIONS, 2003).

Afirma Viana (2002) que durante a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) a Manutenção passou a ser uma necessidade absoluta nas indústrias, ocorrendo então uma imensa evolução nas técnicas de organização, planejamento e controle para tomadas de decisão.

Zaions (2003) também cita a Segunda Guerra Mundial como o período de surgimento da Manutenção Preventiva, devido a necessidade do aumento na velocidade da produção, dando ao Setor de Manutenção uma estrutura tão importante quanto a de Operação.

Nesse período, a Manutenção Preventiva já começava a ser aplicada em grandes linhas de montagem como a demonstrada na Figura 3 a seguir:

Figura 3 – Produção aprimorada no início do século XX.



Fonte: (QUATRO RODAS, 2016).

No período pós-guerra, em meados da década de 50, a evolução da indústria de aviação comercial e de componentes eletrônicos impulsionaram o surgimento da Engenharia de Manutenção, surgindo o Planejamento e Controle da Manutenção Preventiva e os primeiros estudos sobre análise de causa e efeito das falhas (ZAIONS, 2003). Com isso, a manutenção deixa de ser uma atividade puramente corretiva, que administrava apenas bens passivos e “gerava gastos”, passando a intervir preventivamente, com foco no tempo (TAVARES; GONZAGA; POYDO, 2005).

A década de 60 foi muito importante para a Manutenção, pois com o crescente desenvolvimento da Engenharia de Manutenção, Engenharia de Confiabilidade, Engenharia Econômica e Estatística, as indústrias passaram a adotar critérios para prevenir a ocorrência de falhas. Assim, surge a era da Manutenção Baseada na Condição, conhecida atualmente como Manutenção Preditiva, baseada na condição da máquina ou equipamento (TAVARES, 1999; WYREBSKI, 1997).

Seguindo a linha do tempo do século XX, na década de 70 a Manutenção passou a ser vista como produtiva, ou seja, um setor que entrega resultados consistentes e necessários à

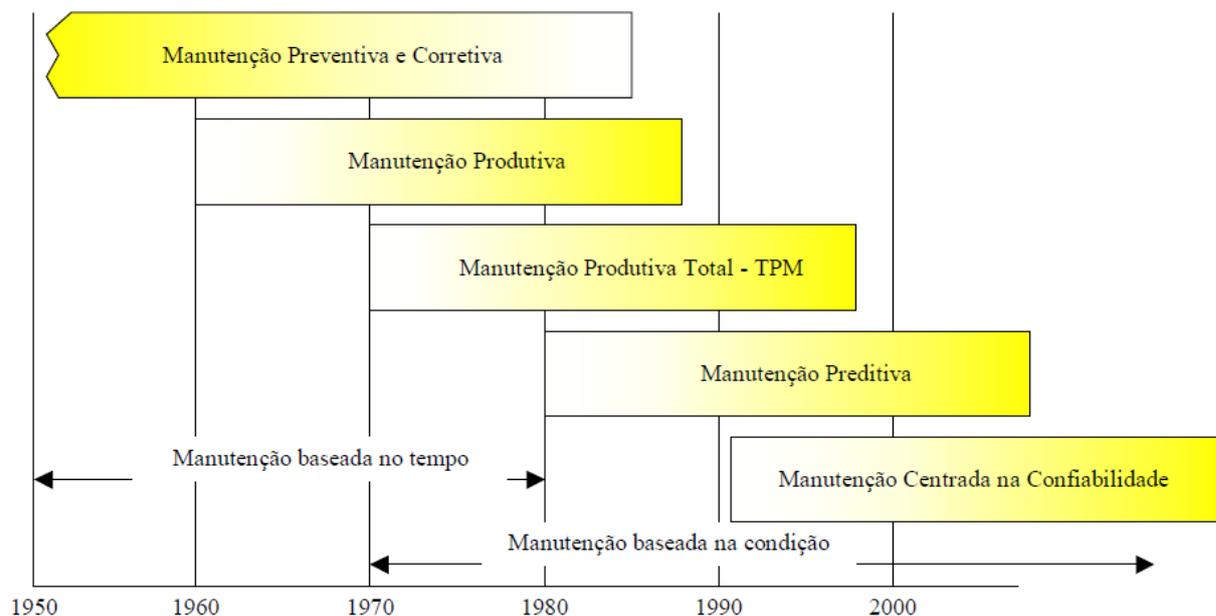
produção industrial. No mesmo período, importantes metodologias orientais ganham destaque na indústria, como a TPM – Manutenção Produtiva Total (NAKAJIMA, 1989 apud ZAIONS, 2003).

Durante as décadas de 80 e 90, com a popularização dos microcomputadores, distribuídos a baixo custo e de simples utilização, surgem os primeiros controles de manutenção via banco de dados, possibilitando análises e desenvolvimento de sistemas pelo próprio setor (TAVARES; GONZAGA; POYDO, 2005).

Nos anos 90 os softwares ERP passaram a fazer parte do Planejamento e Controle da Manutenção nas grandes empresas, possibilitando otimização na geração de ordens de serviço, controle de materiais e estoque, centralização de informações técnicas, além de uma variedade de possibilidades estratégicas (ZAIONS, 2003).

A Figura 4 ilustrada no trabalho de Lafraia (2001), organiza em função do tempo a evolução das técnicas de Manutenção Industrial:

Figura 4 – Evolução das técnicas de Manutenção Industrial.



Fonte: (LAFRAIA, 2001, p. 238).

Tavares, Gonzaga e Poydo (2005), destacam o reconhecimento da importância da Manutenção dado pela ISO, em 1993, ao revisar a norma série 9000 para incluir a função da Manutenção no processo de certificação, colocando-a ao par de setores como Operação em nível organizacional na busca da qualidade, confiabilidade, redução de custos e prazos de entrega, garantia da segurança do trabalho e preservação ambiental.

A partir do século XXI a Manutenção tornou-se cada vez mais estratégica dentro do contexto corporativo, com o uso constante da computação e instrumentação para análises, planejamento e controle, além das demais metodologias citadas, que estão em melhoria contínua desde as primeiras aplicações até a modernidade.

2.3.2 Principais tipos de Manutenção Industrial

Em sequência, serão descritos os tipos fundamentais de Manutenção Industrial, em conformidade com o principal descrito na NBR 5462 da ABNT (1994) e com a estratégia proposta pela metodologia TPM ao Pilar de Manutenção Planejada, que será melhor descrito no tópico 2.4.1 desta monografia.

2.3.2.1 Manutenção Corretiva Não Planejada

Em uma manutenção corretiva ocorrem reparos e/ou troca de componentes danificados que, sem possibilidade de prevenção, geraram perdas no processo.

Esse tipo de manutenção é considerado indesejado, pois está relacionado a uma quebra ou falha imprevista para a companhia, que acontece de maneira repentina e necessita de reparo, gerando a Manutenção Corretiva Não Planejada.

Um exemplo bastante simples e visível desse tipo de manutenção na situação em que um ciclista tem o pneu de sua bicicleta furado por um prego no asfalto (imprevisto) e necessita efetuar o reparo no local ou acionar assistência.

2.3.2.2 Manutenção Corretiva Planejada

De forma similar ao descrito acima, a corretiva planejada atua com base na programação da manutenção, utilizando lacunas ou, oportunidades para efetuar a ação de reparo. Ou seja, em determinado momento pré-programado, o processo é interrompido para realização dos consertos necessários, reparos e substituições de itens falhos e próximos de quebrar, com base na priorização (criticidade, necessidade, alinhamento com as áreas).

A corretiva planejada é um tipo de manutenção ainda bastante utilizada na indústria, devido ao baixo custo e alta simplicidade de planejamento. Porém, dessa forma o controle se torna bastante limitado, aumentando consideravelmente as quebras inesperadas.

Mantendo o exemplo do ciclista, nesse cenário o pneu do veículo teria sido atingido por um prego menor e, mesmo furado, poderia continuar rodando com calibrações diárias, decidindo o ciclista programar a troca do pneu para semana seguinte em uma oficina, em melhor ocasião, aproveitando a indisponibilidade da bicicleta para consertar outros componentes.

2.3.2.3 *Manutenção Preventiva*

A Manutenção Preventiva é aquela que se realiza com base no tempo, seguindo um calendário de troca de componentes determinado pelo fabricante e/ou pelo setor de Engenharia/Projetos e Planejamento da fábrica.

Essa manutenção necessita da participação de setores administrativos com ênfase em Engenharia de Manutenção/Confiabilidade, como o PCM, visto que preventivas são realizadas durante paradas de máquina, normalmente longas, sendo cada aproveitamento de tempo, de grande valia.

2.3.2.4 *Manutenção Preditiva*

Enquanto a Manutenção Preventiva utiliza o tempo como base, a Manutenção Preditiva é baseada na condição dos equipamentos e na confiabilidade dos mesmos. Ou seja, as paradas de máquina para manutenção e troca dos componentes são planejadas e programadas com base na condição das peças, que é verificada periodicamente em inspeções.

Para essa estratégia funcionar, deve-se haver um planejamento e controle preditivo sólido a ser rigorosamente cumprido, por isso são fundamentais os setores PCM e Engenharia de Manutenção/Confiabilidade nessa metodologia.

Além disso, é imprescindível para Manutenção Preditiva que haja métodos de inspeção, coleta e tratamento de dados, sejam por meio de instrumentos para análises de vibração, temperatura, ou por rotas de inspeção realizadas por colaborador capacitado.

Com a constante alimentação e tratamento dos dados de inspeção preditiva, em médio a longo prazo é possível definir o melhor tempo para conserto ou troca de determinados conjuntos, bem como prever falhas que antes eram inesperadas.

2.4 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Para o correto funcionamento de um setor, é preciso uma forte gestão, alinhando os valores da empresa aos colaboradores. Dessa forma, relacionado com a Manutenção, a metodologia utilizada como base fundamental da empresa estudada e que possibilita grande entrega de resultados, alinhando todas áreas e colaboradores de uma indústria é a TPM, com foco na Manutenção Planejada e Manutenção Autônoma.

2.4.1 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Essa metodologia surgiu em 1971, no Japão, com base nas observações e estudos do Engenheiro Mecânico Seiichi Nakajima, popularizando-se no Brasil algumas décadas depois, inicialmente nas grandes indústrias, após ter apresentado bons resultados em grandes fábricas na América do Norte e Europa.

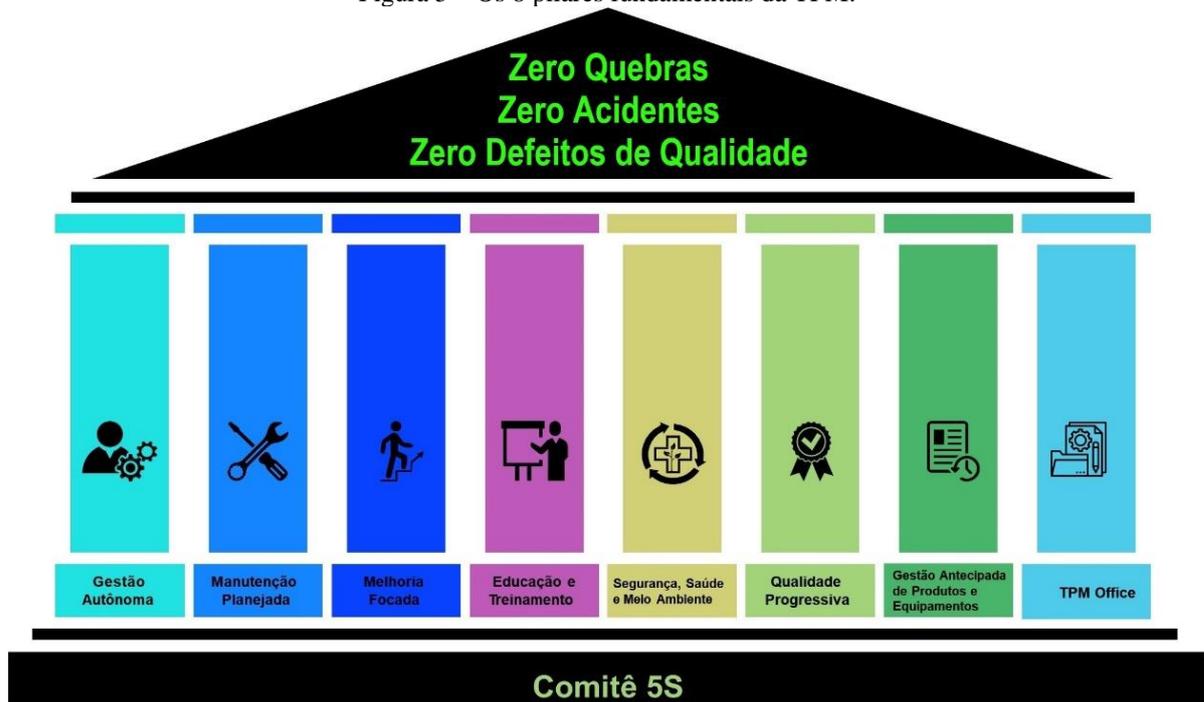
A Manutenção Produtiva Total é um método de gestão que envolve todas as áreas de uma planta fabril (total) com objetivo de reduzir as quebras, acidentes e problemas de qualidade a zero e, para isso, são aplicadas diversas ferramentas e processos na corporação inteira.

Silva (2012, p. 19) descreve a TPM como “uma forma de revolução e de inovação, pois promove a integração total entre homem, máquina e empresa, através de um agrupamento de atividades e normatizações a serem seguidas”.

Nakajima (1988) dá três definições para a palavra “total” da sigla TPM: total eficiência, total sistema de manutenção e total participação de todos os colaboradores. Isso significa a busca pela máxima eficiência dos processos, com uso da manutenção planejada, preventiva, autônoma.

A metodologia propõe que uma empresa se organize em oito pilares fundamentais da TPM, que representam áreas estratégicas para uma organização, sendo eles: Gestão Autônoma (GA), Manutenção Planejada (MP), Melhoria Focada (MF), Educação e Treinamento (ET), Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA), Qualidade Progressiva (QP), Gestão Antecipada de Produtos e Equipamentos (GAPE) e, por fim, TPM Office, conforme Figura 5, abaixo:

Figura 5 – Os 8 pilares fundamentais da TPM.



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

A base para implementação da TPM é a utilização dos 5 Sentos (5S – Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Autodisciplina) e a organização dos pilares pode variar em nomenclatura e quantidade, conforme tamanho da empresa, objetivos e/ou adaptações corporativas, quando há divisão ou junção de pilares, por exemplo. Sendo os pilares de Manutenção Planejada (MP) e Manutenção Autônoma, ou Gestão Autônoma (MA/GA), os maiores focos de atuação da Engenharia de Manutenção.

Aranha Junior e Penha (2019) afirmam que, embora haja variações e adaptações da metodologia conforme as necessidades e objetivos de cada empresa, há cinco diretrizes que sustentam o TPM: melhoria na eficiência dos equipamentos, manutenção autônoma, planejamento e controle da manutenção, sistema de treinamento técnico dos colaboradores e gerenciamento de ativos desde o início da implementação da metodologia.

2.4.1.1 Pilar MP (Manutenção Planejada)

Um dos pilares fundamentais da metodologia TPM, o Pilar MP está diretamente relacionado com o avanço da Manutenção, focando na melhoria de processos e dos indicadores, apoio aos demais setores nas atividades de manutenção e transferência de habilidades, bem como toda e qualquer melhoria a ser desenvolvida no Departamento de Manutenção.

2.4.1.2 *Pilar MA ou GA (Manutenção Autônoma ou Gestão Autônoma)*

O Pilar GA é responsável pela Gestão Autônoma em uma fábrica, prestando suporte técnico e metodológico aos setores da empresa, desenvolvendo as áreas e equipes da corporação para a autonomia completa da Operação e Manutenção das máquinas e processos.

2.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)

A Manutenção Planejada, conforme visto anteriormente, é um dos grandes pilares da metodologia TPM, aplicado em grandes empresas por todo o mundo. O Planejamento e Controle da Manutenção é uma estratégia chave para o Pilar MP, focando principalmente em manutenção preventiva, preditiva e corretiva planejada, redução de custos, otimização da distribuição e uso de recursos, planejamento e integração entre as áreas de pilares do TPM.

2.5.1 **Gestão de materiais e serviços**

O PCM deve garantir que em uma atividade planejada de manutenção todos os materiais estejam devidamente disponíveis e organizados para utilização, possibilitando trocas rápidas durante o reparo. Até mesmo em atividades não planejadas, o setor atua na gestão do estoque de itens críticos para garantir reposição em caso de quebras.

A contratação de serviços de manutenção também faz parte do Planejamento, como aluguel de máquinas, ferramentas e equipamentos, mão de obra especializada e serviços de conserto externos e internos.

Portanto, o PCM deve estar fortemente integrado com áreas estratégicas e fundamentais para uma grande companhia, como os setores de Compras e Almoxarifado.

2.5.1.1 *Cadastramento de materiais e serviços no sistema ERP*

Em grandes organizações, faz-se necessário o uso de ferramentas como sistemas integrados de gestão (ERPs), que possibilitam a centralização de informações, otimização de processos e fluxos. O software SAP (SAP SE, Walldorf, Alemanha) em seu módulo PM é, atualmente, a ferramenta mais utilizada para Gestão da Manutenção em empresas de grande porte, devido ao grande número de transações e possibilidades que a ferramenta fornece.

O PCM detém conhecimento técnico necessário para realizar cadastros de materiais e serviços no sistema, com base em informações do fabricante ou fornecedor do serviço a ser contratado, gerando um banco de dados de simples acesso.

2.5.1.2 Compra de materiais e serviços

As compras de materiais não estocáveis também estão no escopo do PCM, bem como a contratação de serviços diversos envolvendo manutenção. Em corporações maiores, há setores especializados em compras, que fazem o intermédio entre o setor e fornecedor, com objetivo de reduzir custos e garantir a qualidade do produto ou serviço adquirido.

2.5.2 Gestão de Notas e Ordens de Manutenção

Uma Nota de Manutenção nada mais é do que uma forma de comunicação entre a Operação e o setor responsável por solucionar problemas, visto que, em instalações muito espaçosas e/ou com grande número de colaboradores, a comunicação torna-se complexa e o fluxo de solicitações de conserto, bastante alto.

Por isso, o setor de PCM deve gerir as Notas de Manutenção de forma eficiente e organizada, conforme o tipo de atividade (elétrica, mecânica, lubrificação, etc.), criticidade, disponibilidade de recurso humano, material e ferramental, além de qualquer eventualidade que possa implicar na priorização da nota.

Com a nota detalhada, possuindo ciência da atividade e definindo essencialmente quem fará, como fará, onde fará e quando fará o serviço, tem-se uma Ordem de Manutenção, que deve ser entregue ao colaborador responsável pela ação.

Faz-se indispensável a comunicação constante entre a Manutenção e seus clientes internos, bem como a elaboração de treinamentos e divulgação de conhecimento, pois a eficiência do fluxo depende da riqueza de informações sobre a avaria ao gerar uma nota, bem como do conhecimento das condições do local ao planejar conserto.

2.5.2.1 *Programação de Manutenção*

Quando se trata de um grande fluxo de notas, é preciso fazer a gestão de hora-homem disponível para executar determinado número de atividades. Após planejar a atividade e garantir que tudo esteja disponível para o momento da atuação, a Programação de Manutenção deve ser feita de maneira estratégica, garantindo que as tarefas serão realizadas no dia e hora ideais e, ao liberar HH, que sejam realocados de maneira eficiente para as ordens na sequência do fluxo, evitando colisões e choques de horário com atividades dos clientes internos, bem como com outras atividades de manutenção, cumprindo a agenda definida.

2.5.3 Elaboração de Planos de Manutenção

Um Plano de Manutenção é elaborado com intuito de compilar em um único local ou plataforma, todos os itens que necessitem atenção em uma máquina e qual a periodicidade que devem ser inspecionados ou substituídos. Contém informações semelhantes a uma ordem, porém, ao invés de detalhar um único serviço específico, o plano pode conter diversas atividades de manutenção, inspeção, limpeza, lubrificação e é construído com base na periodicidade necessária para realização de cada ação.

Cabe ao Planejamento, junto da Engenharia de Confiabilidade, elaborar Planos de Manutenção conforme recomendações dos fabricantes das máquinas e equipamentos instalados na fábrica, efetuando melhorias e adaptando-os para o contexto da empresa.

2.5.4 Acompanhamento e controle de indicadores

O setor de PCM também deve realizar o acompanhamento diário dos indicadores da área e da fábrica, principalmente as perdas causadas por manutenção não programada, que geram grande impacto na produção e, conseqüentemente, no lucro da empresa.

Em conjunto da Engenharia de Confiabilidade, o PCM deve traçar ações para manter os indicadores dentro dos padrões estabelecidos e evitar a recorrência de perdas inesperadas. Para alcançar esses objetivos, são utilizadas diversas metodologias da Gestão da Manutenção, como as Análises de Quebra/Falha, em casos de perdas relevantes para o processo produtivo.

2.6 PRINCIPAIS INDICADORES E CONCEITOS NA MANUTENÇÃO

Os indicadores utilizados neste estudo foram fornecidos diretamente do sistema integrado de gestão corporativa da empresa estudada. Portanto, serão descritos os seis principais, estrategicamente analisados pela Manutenção, com a finalidade de utilizá-los para fins de comparação quantitativa após as análises de quebra/falha e ações para evitar recorrências.

2.6.1 MTBF

A sigla MTBF vem do inglês “*Mean Time Between Failures*”, que significa Tempo Médio Entre Falhas. Esse indicador mostra quanto tempo, em média, determinada máquina ou equipamento consegue produzir até que ocorra novamente uma falha.

2.6.2 MTTR

O Tempo Médio de Reparo, ou *Mean Time to Repair* (MTTR), indica quanto tempo, em média, é necessário para efetuar o reparo de um determinado ativo ou componente após sua falha, até que a condição esteja reestabelecida, apto para produzir.

2.6.3 Indisponibilidade por Manutenção

A Indisponibilidade por Manutenção é um indicador bastante importante para Gestão da Manutenção, pois representa o tempo em que uma máquina esteve parada, indisponível para produção, devido a uma perda de manutenção e o tempo para seu reparo. Sendo a Disponibilidade, o conceito oposto.

2.6.4 Número de Quebras

Esse indicador aponta a soma da quantidade de quebras que uma máquina ou equipamento teve em determinado intervalo de tempo durante seu ciclo de operação.

No contexto fabril deste estudo, considera-se como quebra toda parada de máquina por manutenção de avarias crônicas ou esporádicas superior a 10 minutos, com ou sem troca de

componentes. Abaixo desse tempo, denomina-se “*chokotei*”, que são as pequenas paradas não programadas e com rápida recuperação, porém alta frequência.

2.6.5 Custo Fixo de Manutenção

O bom funcionamento da Manutenção Industrial demanda custo e investimento, para isso, a empresa deve atentar-se ao orçamento destinado à essa finalidade, que é elaborado com base em históricos e projeções dos gastos com manutenção, como aquisição de ferramentas, materiais consumíveis, mão de obra terceirizada, serviços e peças.

O acompanhamento desse indicador é bastante importante para definir metas e estratégias em uma empresa, pois é possível relacionar o custo da manutenção com o retorno produtivo de disponibilidade dos equipamentos, verificando sua efetividade.

2.6.6 OEE

Essa sigla, em inglês, significa “*Overall Equipment Effectiveness*”, que em português é a Eficiência Global do Equipamento (EGE). Esse indicador foi implantado por Seiichi Nakajima (1988) e aponta a capacidade de um equipamento de produzir, relacionando a capacidade produtiva com o que foi produzido em determinado turno.

2.7 A MÁQUINA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA AUTOMÁTICA

Parte fundamental deste estudo, a Impressora Flexográfica Automática é uma máquina de alta robustez e complexidade, responsável pelo início do processo produtivo da planta fabril em questão, transformando as bobinas de papel em papel impresso rebobinado.

Possuindo grande porte (Figura 6), essa máquina conta com diversos conjuntos que atuam por etapas, em série e em paralelo, recebendo a bobina de papel do fornecimento e entregando o uma nova bobina com papel impresso, possuindo uma variação de até oito cores, conforme arte e especificações do cliente, pronta para seguir com a produção de Sacos Industriais nas linhas da fábrica ou ser comercializada.

Figura 6 – Impressora Flexográfica Automática.

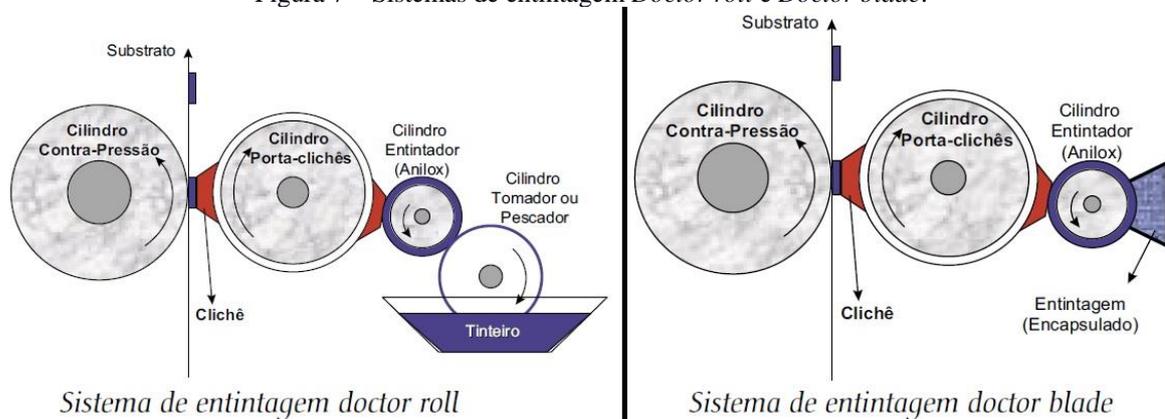


Fonte: registro corporativo, elaborado e adaptado pelo autor.

2.7.1 Impressão por flexografia para embalagens

A flexografia é um método de impressão que consiste basicamente na transferência de tinta para um rolo (Cilindro Anilox), seguindo para outro rolo (Porta-clichê) revestido com uma chapa flexível com a arte gravada em relevo (Clichê) e, na sequência, para o papel (Substrato), com a passagem forçada por um cilindro de força (Contra-Pressão), atuando como uma espécie de carimbo rotativo, que faz esse processo repetidas vezes por minuto, uma cor por vez, conforme capacidade da máquina.

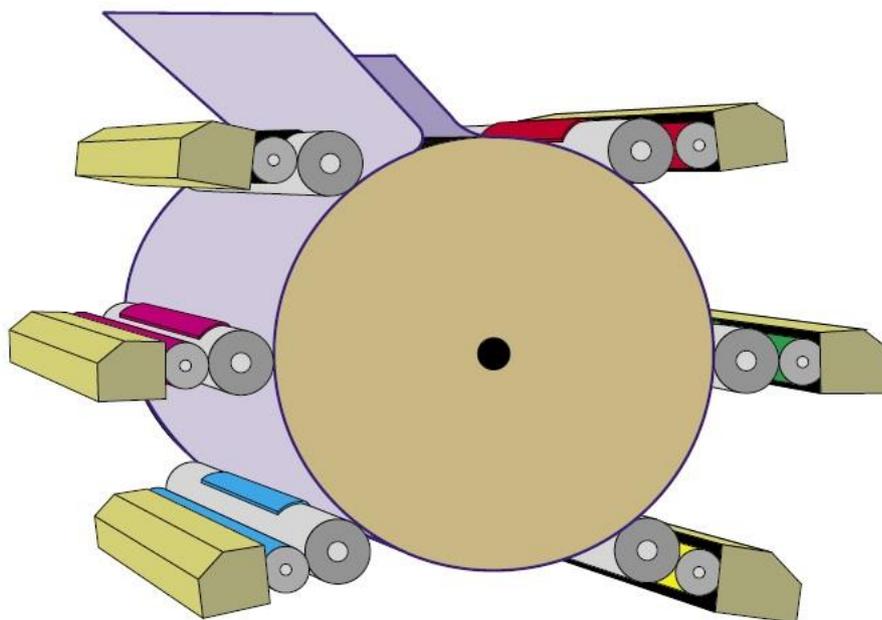
Existem dois principais tipos de transferência de tinta, ou entintagem, denominados *Doctor roll* e *Doctor blade*, que significam, respectivamente, “Rolo dosador” e “Lâmina Dosadora” (SCARPETA, 2007). O esquema da Figura 7 detalha os dois sistemas:

Figura 7 – Sistemas de entintagem *Doctor roll* e *Doctor blade*.

Fonte: (SCARPETA, 2007), compilado pelo autor.

A impressora deste estudo utiliza o sistema *Doctor blade*, com o uso de um tambor central como Cilindro Contra-Pressão, conforme exemplo da Figura 8, abaixo. Esse sistema terá suas funcionalidades descritas com maiores detalhes no tópico 2.7.4 desta monografia.

Figura 8 – Sistema *Doctor blade* com tambor central.



Fonte: (SCARPETA, 2007, p. 155).

O sistema de impressão por flexografia é utilizado em uma série de produtos, sendo as bobinas impressas e pré-impressas para embalagens de papel o principal produto fabricado pela máquina estudada. Segundo Scarpeta (2007, p. 17), “as embalagens são um grande grupo: sacolas de supermercado, sacolas de papel, papel de presente, sacos de padaria, papel de embrulho, embalagens de biscoitos, sorvetes, farinhas, laminados, longa vida, pet food, etc.”.

Scarpeta (2007) escreve também sobre a qualidade desse processo de impressão, informando que houve melhorias ao longo dos anos, mas o custo não aumentou proporcionalmente, o que garantiu forte custo-benefício ao comparar com outros processos.

2.7.1.1 Chapa de impressão (Clichê)

O Clichê é, basicamente, uma chapa de impressão flexível com a arte, ou o que se deseja imprimir, gravada em alto relevo, para que seja possível a transferência da informação para o papel, usando tinta líquida. A Figura 9, abaixo, contém um exemplo de Clichê:

Figura 9 – Exemplo de Clichê para impressão flexográfica.



Fonte: (SCARPETA, 2007, p. 15).

Essas chapas variam em espessura, dureza e material, podendo ser fabricadas em fotopolímero, borracha natural ou mista, sendo a primeira opção a que entrega melhores resultados (SCARPETA, 2007).

Os Clichês precisam ser fixados em cilindros próprios para essa finalidade, denominados “Cilindros Porta-Clichês”, normalmente, colados com fita dupla-face de alta aderência (SCARPETA, 2007).

2.7.1.2 *Tinta líquida e de rápida secagem*

Em um processo contínuo de impressão, onde a bobina de papel é desbobinada ao mesmo tempo que a máquina imprime e rebobina o produto finalizado, é necessário que a tinta possua secagem rápida, pois essa propriedade garantirá a velocidade do processo.

Scarpeta (2007, p. 15) explica em seu livro que “as tintas podem ser à base de solventes como álcool, mistura de solventes e água ou mesmo de cura ultravioleta. O emprego de cada tipo de tinta decorre do tipo de serviço, do substrato, do equipamento, do uso final do produto”. No caso de embalagens para produtos alimentícios, um dos negócios da empresa estudada neste trabalho, deve-se utilizar tintas atóxicas, evitando a contaminação do produto.

2.7.1.3 Cilindros Anilox

Os Cilindros Anilox são os componentes mais importantes para o sistema de transferência de tinta (entintagem) em uma impressora flexográfica, podendo trabalhar em conjunto com cilindros emborrachados, sendo responsáveis pelo controle e dosagem da quantidade de tinta a ser transferida de uma bacia ou câmara de tinta para o Clichê, que posteriormente irá ser gravada no papel (SCARPETA, 2007). A Figura 10, em sequência, mostra exemplos desse componente fundamental para o processo:

Figura 10 – Exemplos de Cilindros Anilox.



Fonte: (SCARPETA, 2007, p. 129).

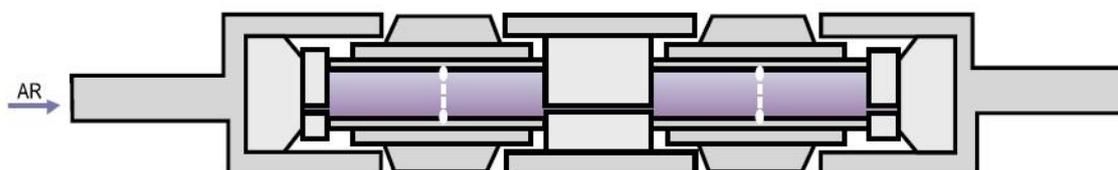
A nomenclatura do Anilox tem sua origem no início do processo de impressão por flexografia, quando era denominada “processo anilina” devido à grande utilização desse composto orgânico na composição das tintas, no passado (SCARPETA, 2007).

Scarpeta (2007) afirma também que os melhores e mais utilizados Cilindros Anilox (ou Entintadores) são aqueles feitos com revestimento cerâmico e gravura a laser, mas também existem cilindros recartilhados, com gravura mecânica e revestidos com cerâmica.

2.7.2 Entrada de Bobina

A bobina de papel é fornecida por outra unidade de negócio da mesma companhia, chegando na planta já com a medida correta para ser alimentada na impressora. A movimentação da bobina é feita por um operador de empilhadeira até a entrada da máquina, onde é inserida na máquina, presa em um eixo pneumático, que fará a pressão necessária para fixação da bobina, conforme esquema da Figura 11. O processo de *setup*, elevação e troca de bobinas procede de maneira automática e pré-programada, sem parada na produção.

Figura 11 – Esquema de um cilindro pneumático.



Fonte: (SCARPETA, 2007, p. 148).

Os cilindros pneumáticos possuem garras expansíveis ao longo de sua extensão, acionadas por ar comprimido, facilitando o processo pela rapidez e causando pouco dano ao tubo interno da bobina de papel, porém apresentam elevado custo e exigem maiores cuidados de manuseio e requerem maior atenção quanto à manutenção (SCARPETA, 2007).

2.7.3 Conjunto Desbobinador

Para iniciar o processo de impressão, é necessário que a bobina de papel seja desbobinada, dando início da passagem de papel pelos conjuntos da máquina, essa etapa também ocorre na entrada da máquina (Figura 12) e há auxílio de sensores para alinhamento.

Figura 12 – Conjunto desbobinador da Impressora Flexográfica.



Fonte: registro corporativo, elaborado pelo autor.

Possuindo dois desbobinadores na entrada da máquina, processo é impulsionado pela movimentação do eixo de fixação da bobina, proveniente da tração e motores elétricos. Há também o efeito dos cilindros de prensagem e tração, que movimentam o papel, forçando sua passagem entre os rolos das etapas seguintes.

2.7.4 Sistema de Impressão

A máquina de flexografia analisada neste estudo é capaz de imprimir em até oito cores diferentes, além da própria cor do papel, com capacidade produtiva de 36 quilogramas de papel por minuto, conforme acervo técnico corporativo.

Essa impressora utiliza um sistema *Doctor blade* com Contra-Pressão por tambor central (Figuras 7 e 8), em que a câmara de tinta é fechada por duas lâminas metálicas (exemplo na Figura 13), promovendo a remoção completa da tinta da superfície do Cilindro Anilox, restando apenas o suficiente na superfície de absorção (SCARPETA, 2007).

Figura 13 – Câmara de tinta *Doctor blade*.

Fonte: (SCARPETA, 2007, p. 196).

2.7.4.1 *Decks de impressão*

Neste contexto industrial, é denominado “*Deck*” todo o conjunto principal de impressão *Doctor blade* demonstrado anteriormente na Figura 7, existindo um *Deck* para cada uma das oito cores que a máquina é capaz de imprimir. Cada conjunto exige constante manutenção e calibração, sendo as partes mais complexas da máquina e vitais para o processo.

Os *Decks* também possuem duas bombas pneumáticas para envio e retorno de tinta, promovendo um fluxo constante na câmara, controlado pelo computador da máquina.

2.7.5 **Secagem de tinta**

Como o processo é contínuo, ou seja, a medida que a bobina de papel é desbobinada na entrada da máquina, também é rebobinada já como papel impresso, é necessário um sistema de secagem forçado, além da tinta de secagem rápida. Para isso, a máquina conta com aquecedores (queimadores), com alimentação externa de uma linha de gás inflamável, o GLP.

2.7.6 Conjunto Rebobinador

Após impressão e secagem da tinta, a máquina conta com dois rebobinadores movidos por motores elétricos, responsáveis pela tração do papel e rebobinamento, formando uma nova bobina com o papel impresso, pronta para seguir para os demais processos ou comercialização.

2.7.7 Saída de Bobina

Por fim, ao concluir um processo inteiro de impressão, a máquina desce a bobina finalizada de papel impresso, que então é devidamente identificada, sendo removida da máquina e carregada por um operador de empilhadeira.

“Dias prósperos não vêm por acaso, nascem de muito trabalho e persistência.”

(Henry Ford)

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico deste trabalho foi sequenciado em três principais etapas, conforme exposto no Quadro 1, abaixo, elaborado com intuito de facilitar o detalhamento e aplicação da metodologia, que será descrita nos tópicos ao longo desta seção.

Quadro 1 – Três principais etapas da metodologia.

ETAPA	ATIVIDADE
1	Análise dos indicadores de manutenção da Impressora Flexográfica e detecção da principal causa de indisponibilidade
2	Realização da AQF utilizando ferramentas de Gestão da Manutenção
3	Elaboração e cumprimento de ações preventivas para evitar recorrência da perda por manutenção

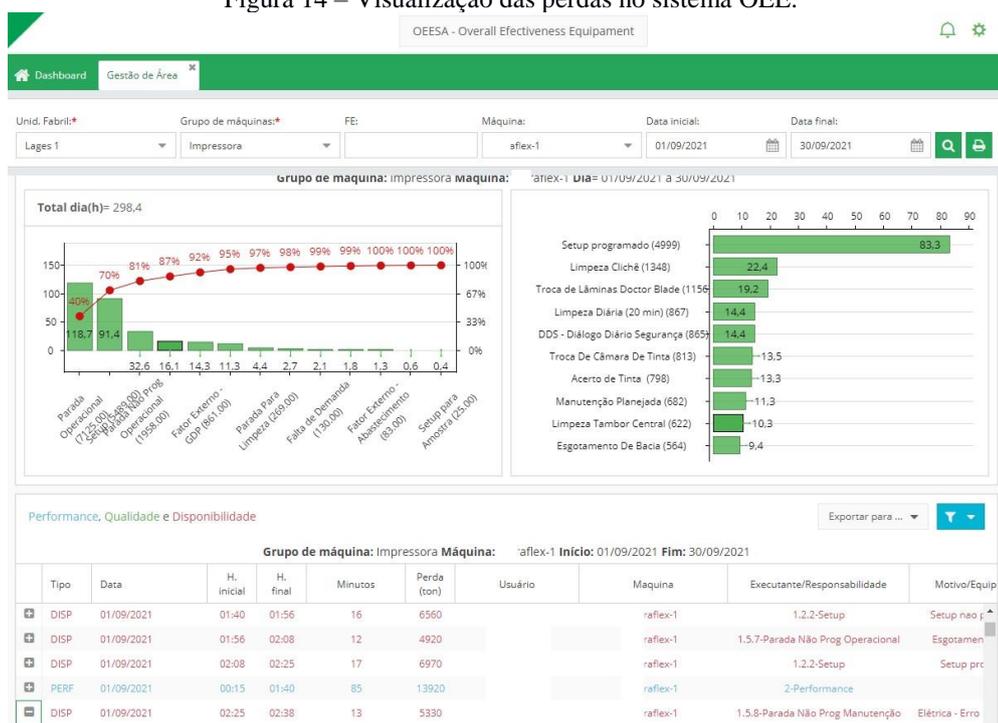
Fonte: elaborado pelo autor.

3.1 ANÁLISE DAS PERDAS DA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA

Inicialmente, foi necessário fazer uma análise dos indicadores de manutenção da máquina estudada, buscando compreender como funcionava esse registro na empresa e quais eram as maiores perdas que estavam ocorrendo durante o período produtivo do ativo.

Todas as perdas produtivas são registradas diariamente, em todos os turnos de produção (24h/7) no sistema OEE da empresa, pelos próprios operadores da máquina. Abaixo, a Figura 14 contém uma amostra de como é a visualização dessas informações.

Figura 14 – Visualização das perdas no sistema OEE.



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Para analisar esses registros, o Departamento de Manutenção utiliza uma classificação para as perdas provenientes de quebras ou falhas, alinhado aos interesses da empresa e seguindo a metodologia TPM, otimizando o filtro, priorização e direcionamento de ações.

3.1.1 Classificação das perdas por manutenção

As perdas por manutenção do contexto deste estudo são classificadas em Baixas, Médias e Altas, conforme critérios definidos pela Gestão da Manutenção, interesses corporativos e metodologia TPM, como tempo de máquina parada (impacto na indisponibilidade), facilidade na identificação da causa raiz, impacto em qualidade e/ou segurança e recorrência da perda.

3.1.1.1 Perdas Baixas

As perdas consideradas baixas são todas aquelas não recorrentes, que não impactam em segurança e/ou qualidade, causando menos de 60 minutos de indisponibilidade de máquina, ou seja, situações em que é possível reestabelecer a condição do equipamento e retornar com a produção em menos de uma hora, sem grandes impactos para a empresa.

3.1.1.2 *Perdas Médias*

Perdas médias são aquelas superiores a 60 minutos, não recorrentes e que não causam impacto em segurança e/ou qualidade, sendo possível identificar a causa raiz logo na ocorrência ou em reuniões de manutenção.

3.1.1.3 *Perdas Altas*

Independentemente do tempo de máquina parada, se há impacto grave em segurança e/ou qualidade, a perda caracteriza-se como alta. Também se considera uma perda alta toda aquela recorrente e/ou superior a 60 minutos e que não é possível identificar a causa raiz sem uma investigação mais aprofundada (AQF).

3.1.2 **Reunião diária de perdas por manutenção**

Os dados do OEE são exportados em planilhas pela Manutenção e tratados em reuniões (*meetings*) diárias de perdas, participando a Equipe de Manutenção Corretiva e Engenharia de Manutenção, com a finalidade de relatar as ações que foram tomadas para reestabelecer a condição da máquina ou equipamento, gerando histórico para análises de confiabilidade.

As perdas são classificadas como baixas, médias e altas, sendo analisadas nesses encontros, onde é realizado um *Brainstorming* (tempestade de ideias) para análise das ações corretivas e definição de ações preventivas para evitar a recorrência da falha. A Figura 15, em seguida, mostra um exemplo do Plano de Ação da Manutenção, proveniente dessas reuniões:

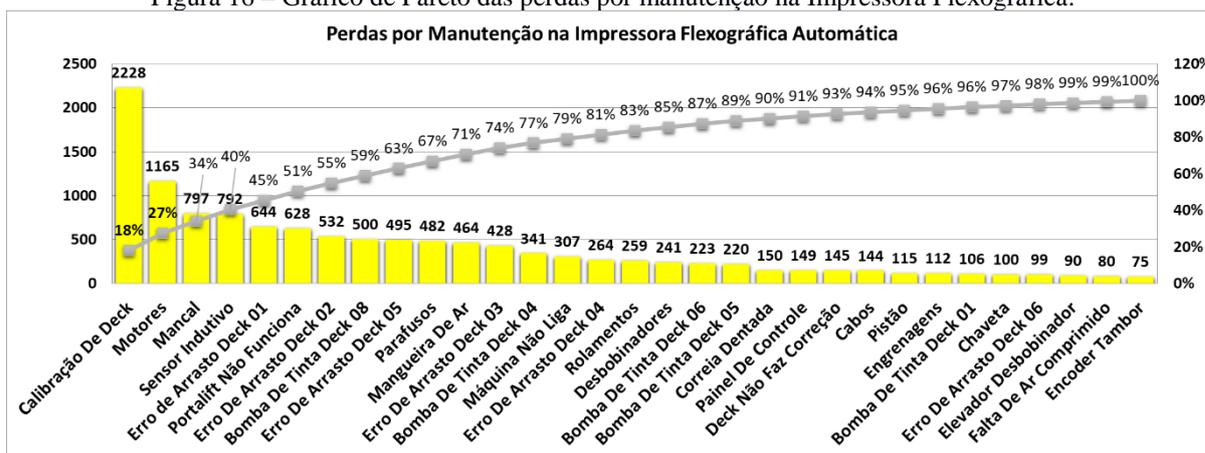
Figura 15 – Plano de Ação das reuniões da Manutenção.

PLANO DE AÇÃO DAS QUEBRAS DE MANUTENÇÃO							
Data	Origem da Ação	Máquina	Descrição da Perda	Tempo (min)	Motivo / Causa da Perda	Ação Preventiva	Data Prevista
06/05/2021	Meeting Diário	Impressora Flexográfica	Mecânica/Elétrica - erro de arrasto Deck 3	265	Deck 3 perdendo referência e entrando em falha	Fazer análise crítica de possíveis enroscos em cabos e propor proteção no momento da desmontagem das caixas de secagem	07/06/2021
07/05/2021	Meeting Diário	Impressora Flexográfica	Elétrica - calibração de Decks	139	Deck não encosta	Substituir sensores e cabos (cada parada preventiva será atuado em um Deck)	31/01/2022
11/05/2021	Análise de FAQ	Impressora Flexográfica	Decks não afastam	1715	Falha no procedimento de recuo dos Decks; Bateria sem carga.	Trocar mangueiras de lubrificação dos Decks	30/09/2021
11/05/2021	Análise de FAQ	Impressora Flexográfica	Decks não afastam	1715	- Falha no procedimento de recuo dos decks - Bateria sem carga	Melhorar retirada das sanfonas para inspeção dos fusos	15/09/2021
25/06/2021	Análise de FAQ	Impressora Flexográfica	Elétrica - micro de segurança	180	Guias das portas com desgaste	Reestabelecer micro e atuador original ou que atenda as normas de segurança	25/08/2021
25/06/2021	Análise de FAQ	Impressora Flexográfica	Elétrica - micro de segurança	180	Guias das portas com desgaste	Reestabelecer guias das portas	25/08/2021
25/06/2021	Análise de FAQ	Impressora Flexográfica	Elétrica - micro de segurança	180	Guias das portas com desgaste	Confeccionar atuadores de nylon para as micros	31/08/2021

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Tratando-se da Impressora Flexográfica, foi possível observar nessas reuniões que determinadas perdas por manutenção eram bastante recorrentes nas pautas dos encontros, responsáveis por boa parte do impacto no indicador de indisponibilidade do equipamento. A Figura 16, a seguir, mostra as maiores perdas na Impressora Flexográfica.

Figura 16 – Gráfico de Pareto das perdas por manutenção na Impressora Flexográfica.



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Para construção do gráfico mostrado na Figura 16, foi utilizada a ferramenta Diagrama de Pareto, que buscou identificar os principais motivos das perdas por manutenção, elaborado com base na porcentagem acumulada (minutos) das perdas, seguindo a regra “80/20” do

Princípio de Pareto, em que aproximadamente 80% das consequências são provenientes de 20% das causas (CLARO, 2020). Ou seja, a aplicação desse princípio mostrou que a maior parte das perdas por manutenção, em minutos, surgem de poucas causas.

Percebeu-se, assim, que os apontamentos no sistema OEE referentes a perdas provenientes por Calibração de *Decks* representavam cerca de 18% das ocorrências, gerando paradas superiores a 60 minutos e com causa raiz desconhecida, acumulando mais de 2200 minutos ao ano, o que caracterizou esse tipo de perda como alta, gerando a necessidade da abertura de uma Análise de Quebra/Falha para encontrar a causa raiz e gerar ações para eliminar ou diminuir massivamente essa recorrência.

3.2 METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE QUEBRA/FALHA

Faz-se necessária abertura de uma Análise de Quebra/Falha, no contexto industrial em questão, toda vez que a perda é definida como Alta, o que caracterizou as perdas por calibração de *Decks* da Impressora Flexográfica, conforme descrito anteriormente.

O Anexo A deste trabalho mostra um fluxograma que detalha quando há necessidade de uma iniciar uma AQF, com base nos critérios de perdas anteriormente explicados.

Em uma investigação de falha como a AQF, diversas ferramentas são usadas em conjunto, formando uma metodologia que busca encontrar a causa raiz de maneira eficiente, utilizando uma Ficha de Análise de Quebra (FAQ), que pode ser impressa, projetada ou realizada de forma manuscrita em um quadro específico para esse tipo de análise (Figura 17).

Figura 18 – Exemplo de FAQ física em branco.

Ficha de Análise de Quebra - FAQ			Pilar Manutenção Planejada	123
Participantes da Análise:		Data da Peça:	Data da Análise:	
Máquina:	Tempo Total da Peça:	5W1H	Quem Atendeu a ocorrência:	
1 - O que aconteceu? (associar ao modo de falha)	O que:			
2 - Onde aconteceu? (associar ao local ou ao componente da máquina ou até ao produto)	Onde:			
3 - Em que fase, etapa do processo de produção, ocorreu o problema?	Quando:			
4 - O problema pode ser relacionado à habilidade? (Depende ou não de habilidade do operador e/ou do especialista)	Quem:			
5 - Existe tendência, origem e propagação, no local da ocorrência onde se observa o que ocorreu? A tendência é aleatória ou há um padrão?	Qual:			
6 - Como a ocorrência alterou o estado, promoveu o desvio, comparado à condição ideal, o estado normal?	Como:			
Descrição do Fenômeno Associar as respostas na sequência abaixo 6 + 1 + 2 + 3 + 5 + 4		Relação de Peças e partes que foram substituídas na intervenção		
Ações de Reparo sem êxito escreva o que se tentou fazer para restabelecer a condição de trabalho e que não se obteve êxito				
Ações de Reparo com êxito escreva o que foi feito para restabelecer a condição de trabalho normal e que se obteve êxito				

(ISHIKAWA (Análise 4M))

Fonte: registro corporativo, elaborado e adaptado pelo autor.

Para atingir os resultados de maneira efetiva, é necessária a participação não somente da equipe de Engenharia e Manutenção, mas também os representantes da Operação, principalmente dos colaboradores que estiveram presentes durante o atendimento da ocorrência, além das demais áreas envolvidas, quando em casos de falhas e/ou quebras relacionadas com problemas de Segurança e Qualidade.

3.2.1 5W1H

A ferramenta 5W1H consiste em uma sequência de questionamentos que visam uma melhor organização dos fatos e definição do problema. Nessa estratégia para AQF, a análise é iniciada com o uso do 5W1H como base para introdução nas próximas ferramentas, adaptado para realidade da Manutenção Industrial, conforme Quadro 2, abaixo, que demonstra as perguntas propostas pela ferramenta, seus significados e interpretações.

Quadro 2 – Ferramenta 5W1H.

SIGLA	PALAVRA	TRADUÇÃO	INTERPRETAÇÃO PARA USO NA MANUTENÇÃO
5W	What?	O quê?	Associado ao modo de falha, o que aconteceu?
	When?	Quando?	Em que fase/etapa do processo e turno ocorreu?
	Where?	Onde?	Referente ao local/componente da máquina, onde aconteceu?
	Who?	Quem?	O problema pode estar relacionado à habilidade do Operador/Manutentor?
	Which?	Qual?	Qual tendência (aleatória ou padrão) de falha existe no local?
1H	How?	Como?	Como a ocorrência promoveu o desvio/alterou o estado original?

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.2 *Brainstorming* das ações com e sem êxito

Nesse passo da metodologia para uma AQF é utilizada a ferramenta *Brainstorming* para analisar as ações com e sem êxito executadas pela equipe de manutenção durante o reestabelecimento da condição original do equipamento ou máquina.

Em tradução do inglês, o termo *Brainstorm* significa “tempestade de ideias”, enquanto *Brainstorming* significa “debate”, embora o último termo tenha se tornado mais popularmente conhecido e utilizado para denominação dessa ferramenta, que organiza uma chuva de ideias ou possibilidades sobre determinado tema, sugeridas por um grupo de pessoas com conhecimento no assunto abordado, a fim de criar soluções/conceitos ou evidenciar falhas.

No contexto da Manutenção Industrial e para uso na metodologia da AQF, essa ferramenta é focada em analisar as ações com e sem êxito, buscando lembrar, entender e registrar as ações tomadas e materiais usados, refletindo sobre os motivos que levaram a essas escolhas no momento em que a equipe de manutenção foi acionada.

3.2.3 Diagrama de Ishikawa 4Ms

A ferramenta Espinha de Peixe, conhecida como Diagrama de Ishikawa 4Ms ou também como Diagrama de Causa e Efeito, é amplamente utilizada para encontrar as possíveis causas de um problema, relacionando-as com as categorias do Quadro 3, abaixo:

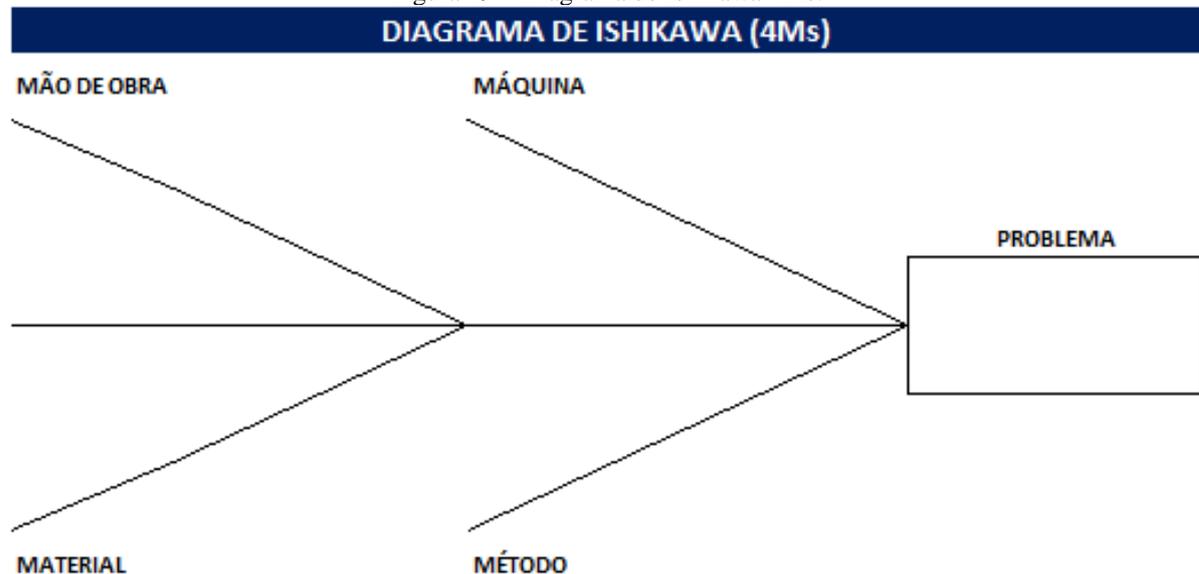
Quadro 3 – Categorias do Diagrama de Ishikawa 4Ms

SIGLA	PALAVRA	INTERPRETAÇÃO PARA USO NA MANUTENÇÃO	EXEMPLOS
4Ms	MÃO DE OBRA	Todo tipo de atitude do colaborador, seja Operador, Manutentor, ou outros, que possa ter favorecido a falha	Execução inadequada de procedimento, pressa, distração
	MÁQUINA	Causas relacionadas com a máquina ou equipamento que falhou	Problemas de projeto e desempenho
	MATERIAL	Todo tipo de material que possa ter falhado ou influenciado na falha	Rolamentos, engrenagens, correntes, lubrificantes, correias, elementos de máquinas em geral
	MÉTODO	Procedimentos, metodologias, planos que possam ter colaborado para falha	Atividades controladas, planos periódicos, procedimentos de <i>setup</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Para facilitar a organização das possíveis causas relacionadas com as categorias 4Ms, a ferramenta propõe um diagrama em forma de espinha de peixe, daí o nome anteriormente mencionado para essa ferramenta. A Figura 19, a seguir, mostra um exemplo:

Figura 19 – Diagrama de Ishikawa 4Ms.



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

3.2.4 Análise dos 5 Porquês

Essa ferramenta é a última etapa da metodologia proposta ao modelo de AQF deste trabalho para identificar a causa raiz de uma perda por manutenção, utilizada quando já existem algumas hipóteses formadas. A Figura 20 demonstra como a ferramenta aparece em uma FAQ:

Figura 20 – Ficha para análise dos 5 Porquês.

5 PORQUÊS						
HIPÓTESES	1- POR QUÊ?	2- POR QUÊ?	3- POR QUÊ?	4- POR QUÊ?	5- POR QUÊ?	CAUSA RAIZ

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

A análise dos 5 Porquês consiste em uma sequência de questionamentos sobre o porquê de a falha ter ocorrido, buscando chegar até a causa raiz da ocorrência, não necessariamente em 5 perguntas, podendo necessitar de mais ou de menos questões.

3.2.5 Ferramenta Plano de Ação

Após finalização da AQF, passando pela última ferramenta (Os 5 Porquês), é necessário gerar ações para sanar as causas detectadas na investigação. Para isso, utiliza-se um Plano de Ação (Figura 21), ferramenta simples, mas eficiente no acompanhamento de atividades, que deve conter a origem da tarefa (reunião, AQF, entre outros), descrição/instrução, responsáveis, datas e status de conclusão, completando o ciclo da análise e obtendo retorno após conclusão gradativa dessas ações.

Figura 21 – Ferramenta Plano de Ação.

PLANO DE AÇÃO							O Objetivo é 90% CO + DP!
			STATUS = CO - Concluído DP - Dentro Prazo AT - Atrasado				
Nº	ORIGEM	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA INÍCIO	PREVISÃO	CONCLUSÃO	STATUS
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

É de suma importância o cumprimento e gestão das ações do Plano de Ação, visto que essas tarefas são provenientes das decisões tomadas na AQF e os resultados, retornos e ganhos dependem da conclusão dessas etapas nos prazos estabelecidos. A empresa em questão utilizou como objetivo possuir 90% das ações concluídas ou dentro do prazo de conclusão.

3.3 REALIZAÇÃO DA AQF PARA CALIBRAÇÃO DE *DECKS*

Neste tópico será descrita a aplicação da metodologia, demonstrando a utilização das ferramentas anteriormente descritas e centralizadas nas Fichas de Análise de Quebra (FAQs) para encontrar a causa raiz dos problemas com calibração dos *Decks* de impressão.

Nas páginas finais deste trabalho, no Anexo B, encontra-se a digitalização da FAQ física que foi utilizada na data da análise.

3.3.1 Reunião multidisciplinar

Foi realizada uma reunião, previamente organizada, com a presença dos operadores especializados que acompanharam as últimas ocorrências de falha por calibração dos *Decks* de impressão, equipe de mecânicos especializados, supervisão de manutenção que atendeu a quebra, planejador de manutenção, equipe de engenharia e demais colaboradores interessados a participar da investigação.

3.3.1.1 Aplicação da ferramenta 5W1H

Seguindo o proposto pela metodologia deste trabalho, conforme descrição e detalhamento nos tópicos anteriores, foi aplicada a ferramenta 5W1H, organizando as respostas para os questionamentos da seguinte maneira (Figura 22).

Foram levantados os questionamentos, seguindo as perguntas propostas pela ferramenta 5W1H, sendo respondidas em grupo, por todos os participantes da equipe multidisciplinar, até o encontro da resposta ideal, partindo para as demais perguntas.

Figura 22 – Registros digitais do 5W1H.

5W1H	
1) O quê? (O que indica o problema?)	Os Decks afastavam
2) Quando? (Quando o evento ocorreu?)	Após intervenção no Deck 5
3) Onde? (Onde foi visto o problema?)	"Impressora Flexográfica", Decks 1, 2 e 3
4) Quem? (Há relação com habilidade?)	Depende do conhecimento e experiência das equipes de Manutenção e Operação
5) Qual? (Existe um padrão?)	Não há padrão, foi pontual
6) Como? (Como o estado original foi afetado?)	Redução na quantidade de cores disponíveis de 8 para 5
Problema: Junte as resposta na seguinte ordem: 6-1-2-3-5-4	Redução na quantidade de cores disponíveis de 8 para 5, porque os Decks não se afastavam da Impressora. Decks 1, 2 e 3 após a intervenção no Deck 5 pontualmente e depende da habilidade da equipe

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

A metodologia também foi relacionada com o contexto da indústria ao encontrar as respostas para as perguntas da ferramenta, sendo possível organizar o problema, após usar a ordem exposta na Figura 22, como: “redução na quantidade de cores disponíveis de 8 para 5, porque os *Decks* não se afastavam da Impressora. *Decks* 1, 2 e 3 após a intervenção no *Deck* 5 pontualmente e depende da habilidade da equipe”.

Essa estrutura de questões e repostas proporcionada pela ferramenta possibilitou o avanço com melhor direcionamento para as demais etapas da investigação.

3.3.1.2 Realização do Brainstorming

Ainda em fase inicial da análise, a equipe de engenharia conduziu um *Brainstorming* amplo e multidisciplinar, envolvendo todas as equipes, com o intuito de coletar informações sobre as ações que resultaram em êxito ou falta de sucesso durante o atendimento da ocorrência e registrá-las para utilização futura nas demais etapas da AQF (Figura 23).

Figura 23 – Registros digitais do *Brainstorming*.

BRAINSTORMING
<p><u>Ações de reparo SEM êxito:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> > Desmontado motores como hipótese; > Várias calibrações devido a um problema mecânico; > Lubrificado sistema manualmente. <p><u>Ações de reparo COM êxito:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> > Troca do Eixo Porta Clichê Lado Operação, Deck 01; > Troca do Eixo Porta Clichê Lado Acionamento do Deck 2 e no Lado Operação do Deck 3; > Calibração total de todos os Decks; > Limpeza e lubrificação manual.

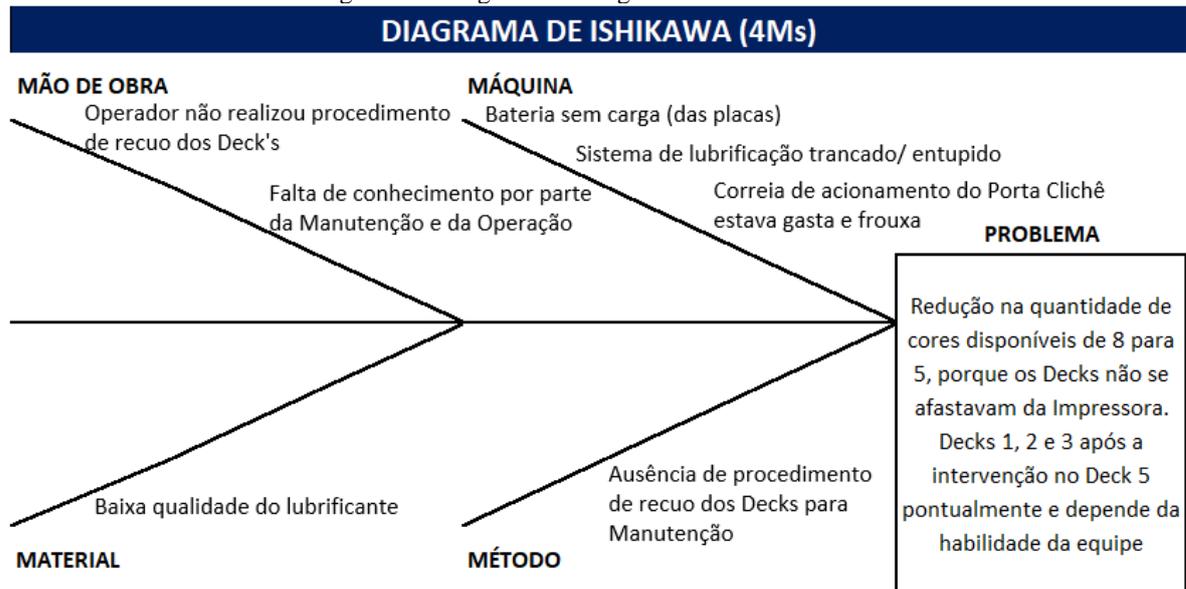
Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

O principal objetivo dessa dinâmica inicial foi agregar informações na ficha de análise, procurando focar o debate e registro nas ações com e sem êxito tomadas pela equipe de manutenção enquanto buscava recuperar o funcionamento normal do equipamento. Esse processo foi realizado junto do 5W1H, conforme registro da Figura 23, que é um recorte da mesma ficha.

3.3.1.3 Utilização do Diagrama de Ishikawa 4Ms

Com o problema exposto e melhor organizado após o uso das ferramentas 5W1H e *Brainstorming* das ações com e sem êxito no atendimento da ocorrência, o processo de análise seguiu a metodologia proposta, partindo então para o Diagrama de Ishikawa 4Ms, já com um olhar voltado para o encontro das possíveis causas do problema e suas relações (Figura 24).

Figura 24 – Registro do Diagrama de Ishikawa 4Ms.



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Após organização do Diagrama de Ishikawa 4Ms já foi possível detectar as possíveis causas do problema, antes não tão claras para a equipe, ao relacionar os fatos observados no atendimento da ocorrência com as origens Mão de Obra, Máquina, Material e Método, conforme exposto na figura anterior.

3.3.1.4 Finalização da AQF com uso dos 5 Porquês

Após avanço de todas as etapas e ferramentas descritas pela metodologia, a última ferramenta, Os 5 Porquês, serviu para encontrar a causa raiz do problema, utilizando as hipóteses geradas após análise do Diagrama de Ishikawa 4Ms e demais informações da AQF pela equipe multidisciplinar, levantando hipóteses sobre a falha ocorrida (Figura 25).

Figura 25 – Análise dos 5 Porquês.

5 PORQUÊS						
HIPÓTESES	1- POR QUÊ?	2- POR QUÊ?	3- POR QUÊ?	4- POR QUÊ?	5- POR QUÊ?	CAUSA RAIZ
<i>Rede de distribuição de graxa entupida</i>	<i>Mangueira de distribuição entupida</i>	<i>Graxa fora das propriedades normais</i>	<i>Sem circulação de graxa na rede</i>	<i>Bomba com defeito</i>	<i>Vida útil da bomba (muito antiga)</i>	
					<i>Falta de inspeção</i>	
<i>Recuo dos Decks não realizado</i>	<i>Deck encostado no Tambor Central</i>	<i>Desalinhamento dos Decks</i>	<i>Perda de referência de posição</i>	<i>Baterias sem carga</i>	<i>Vida útil (baterias velhas)</i>	<i>Já havia sido identificada a necessidade de substituição das baterias em inspeção</i>
					<i>Falha na aquisição das Baterias</i>	
				<i>Procedimento de recuo não realizado</i>	<i>Falta de conhecimento</i>	
				<i>Correias frouxas e com desgaste</i>	<i>Falta de inspeção</i>	
						<i>Causa Raiz:</i> <i>*Falha no procedimento de recuo;</i> <i>*Bateria sem carga.</i>

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

A finalização da análise é marcada com o uso dessa ferramenta, sendo possível detectar duas grandes falhas internas que colaboraram massivamente para a ocorrência da perda: a falta de um procedimento interno para realização do recuo dos *Decks* de impressão de maneira correta e falha no processo de compras/aquisição de novas baterias para o conjunto, além de problemas com a inspeção, pois não foram verificados esses pontos na rotina do Inspetor de Manutenção, falta que poderia ter previsto a falha antes de sua ocorrência.

“Dias prósperos não vêm por acaso, nascem de muito trabalho e persistência.”

(Henry Ford)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui serão apresentados os resultados obtidos durante o trabalho, bem como a discussão destes. Ressalta-se que, além de números e retornos significativos para companhia, boa parcela dos resultados oriundos dessa metodologia de investigação de falhas são qualitativos, como melhorias na organização de informações e visualização de problemas.

4.1 RESULTADOS POR FERRAMENTA UTILIZADA NA AQF

Cada uma das ferramentas propostas pela metodologia foi fundamental para o encontro da causa raiz do problema, uma vez que foram utilizadas de maneira sequencial, aprimorando e organizando cada vez mais as informações conforme a investigação avançava.

4.1.1 Resultados com uso do 5W1H

A ferramenta 5W1H possibilitou melhor organização e condução da reunião multidisciplinar, pois traçou um caminho lógico de perguntas, engajando a equipe com o objetivo de encontrar a definição do problema, exposto na Seção 3.3.1.1 e Figura 22.

Com o problema definido e informações organizadas, foi possível avançar para as demais ferramentas já com um maior foco no problema e suas possíveis causas.

4.1.2 Resultados com o *Brainstorming*

O *Brainstorming* das ações com e sem êxito possibilitou o registro dessas informações na Ficha de Análise de Quebra e nos arquivos digitais, servindo de histórico para evitar que falhas como essas ocorram novamente, mas em caso de recorrência, esse registro ajudará na orientação da equipe de Manutenção diretamente para as ações que geraram êxito.

4.1.3 Resultados com o uso do Diagrama de Ishikawa 4Ms

Diferentemente das demais ferramentas usadas anteriormente, que serviram essencialmente para registros, clareza e organização de ideias, o Diagrama de Ishikawa 4Ms, conhecido por Espinha de Peixe Simplificado, esteve relacionado diretamente com o encontro

das causas raízes, possibilitando ao grupo um debate sobre os modos de falha apresentados pelo equipamento e suas relações com Mão de Obra, Máquina, Material e Método, conforme demonstrado na Figura 24 da seção 3.3.1.3.

Dessa análise, já foi possível discriminar algumas das causas que posteriormente foram definidas como causa raiz na análise dos 5 Porquês, como as falhas oriundas de Máquina (problemas com a carga das baterias) e Método (falta do procedimento correto de recuo dos *Decks* de impressão para equipe de Manutenção).

4.1.4 Resultados com o uso dos 5 Porquês

Por fim, ao utilizar a ferramenta de análise dos 5 Porquês juntamente das informações obtidas pelas demais ferramentas, já tratadas e debatidas pela equipe multidisciplinar, foi possível chegar até as causas raízes que estavam gerando problemas na calibração dos *Decks* de impressão, conforme descrito na Figura 25, seção 3.3.1.4.

Todas as informações até então coletadas serviram de base para formular um Plano de Ação concreto, contendo atividades definidas pela equipe para sanar a recorrência da falha.

4.2 AÇÕES PREVENTIVAS RESULTANTES DA AQF

Aplicando-se as ferramentas da metodologia AQF para a perda por Calibração de *Decks*, foi possível identificar que a causa raiz estava em uma falha de procedimento, visto que não era realizado o recuo correto dos *Decks* de impressão devido à falta de conhecimento das equipes de Manutenção e Operação, além da inexistência de um procedimento padronizado, causando desalinhamento, perda de referência do tambor central e demais agravantes. Outro causador do problema, detectado na análise, foram as baterias do conjunto com pouca carga e falha na inspeção e na aquisição de novas unidades. Partindo dessas informações, foram geradas as ações expostas na Figura 26 para evitar a recorrência.

Figura 26 – Plano de Ação resultante da AQF.

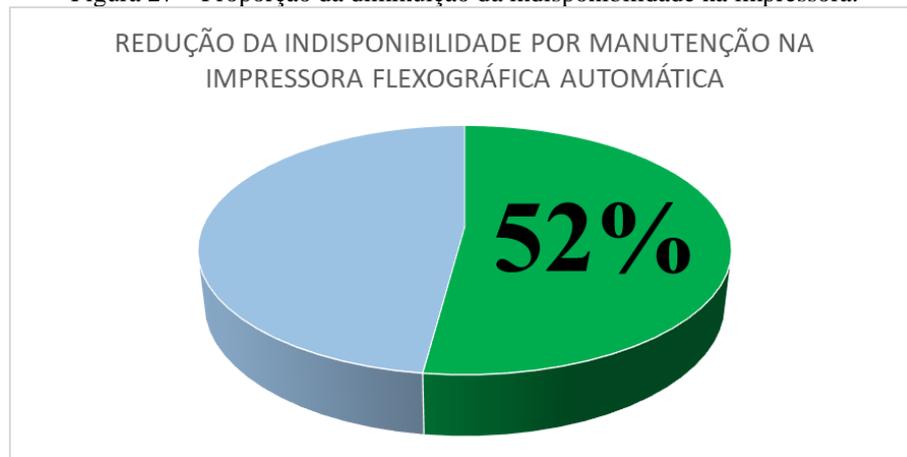
PLANO DE AÇÃO							
O Objetivo é 90% CO + DP!							
STATUS = CO - Concluído DP - Dentro Prazo AT - Atrasado							
Nº	ORIGEM	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA INÍCIO	PREVISÃO	CONCLUSÃO	STATUS
1	5 Porquês / AQF	Até que o sistema de lubrificação seja restabelecido, realizar lubrificação semanalmente conforme sinalizado pelo operador (fazer em oportunidades)	Analista de Confiabilidade	11/05/2021	30/07/2021	17/08/2021	CO
2	5 Porquês / AQF	Contratar técnico especialista para propor sistema de lubrificação	Analista de Confiabilidade	11/05/2021	10/06/2021	17/08/2021	CO
3	5 Porquês / AQF	Avaliar nível de complexidade de máquina x Mecânico Especializado	Estagiário de PCM	11/05/2021	05/06/2021	05/07/2021	CO
4	5 Porquês / AQF	Criar adesivo sobre recuo de Deck e fixar na máquina	Analista de Automação	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	CO
5	5 Porquês / AQF	Criar um check-list mecânico de inspeção dos Decks	Mecânico Especialista	11/05/2021	30/07/2021	17/08/2021	CO
6	5 Porquês / AQF	Melhorar retirada das sanfonas para inspeção dos fusos	Mecânico Especialista	11/05/2021	15/09/2021	15/10/2021	CO
7	5 Porquês / AQF	Trocar mangueira de lubrificação dos Decks	Planejador	11/05/2021	30/09/2021	05/10/2021	CO
8	5 Porquês / AQF	Criar nota sistêmica de inspeção do sistema de lubrificação por graxa	Mecânico Especialista	11/05/2021	10/06/2021	17/08/2021	CO
9	5 Porquês / AQF	Verificar com Planejador aquisição de novas baterias	Engenheiro de Manutenção	11/05/2021	30/05/2021	09/06/2021	CO
10	5 Porquês / AQF	Criar nota sistêmica de inspeção correias dos Decks	Analista de Confiabilidade	11/05/2021	10/06/2021	17/08/2021	CO

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Todas as ações foram cumpridas ao longo do acompanhamento do projeto, embora tenha ocorrido um atraso médio de 31 dias em relação ao prazo estabelecido, devido ao cronograma de paradas preventivas da fábrica e imprevistos internos. No mesmo período de execução das ações, foram divulgadas as causas raízes do problema para as equipes de Manutenção e Operação, que passaram a executar o procedimento de calibração dos *Decks* de forma mais cautelosa, seguindo os procedimentos recomendados pelo fabricante.

Com a conclusão das ações, foi possível obter um retorno financeiro superior a 90 mil reais no período entre julho a outubro de 2021 e colaborar para diminuição da indisponibilidade geral da máquina em 52,23% (ilustrado na Figura 27), passando de 8,59% para 4,49% ao comparar o valor médio do indicador no período após projeto, com a média dos meses críticos anteriores ao estudo (maio e junho de 2021), conforme dados validados pelo programa de melhoria contínua da empresa, junto do departamento de fiscal, preservados em respeito aos direitos de privacidade da companhia.

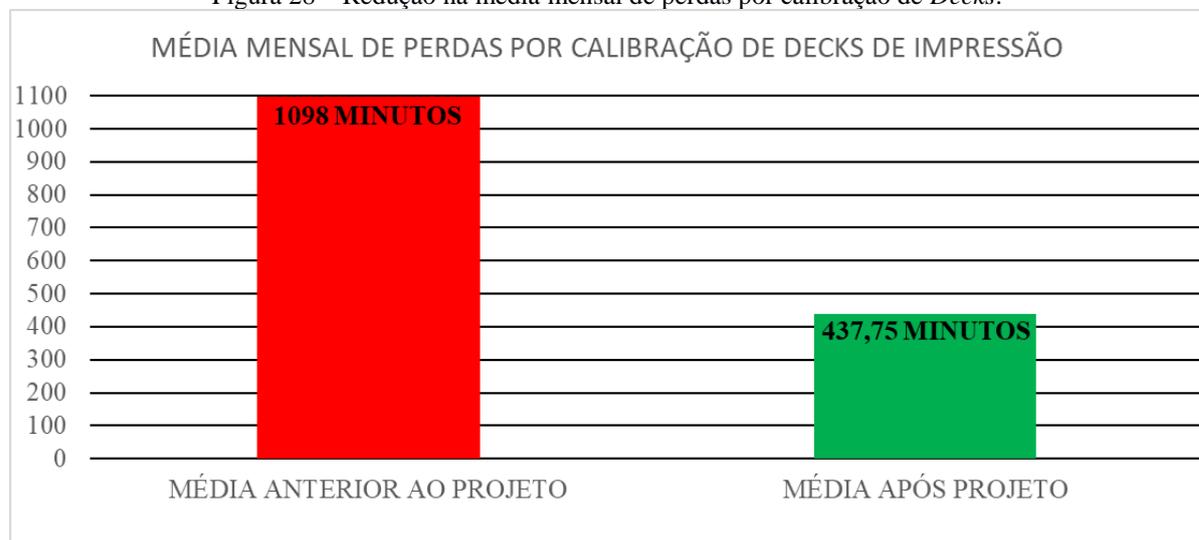
Figura 27 – Proporção da diminuição da indisponibilidade na impressora.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tratando-se exclusivamente de perdas por problemas na calibração dos *Decks* de impressão na Impressora Flexográfica Automática, houve uma redução significativa na média mensal dessa perda, passando de 1098,00 minutos para 437,75 (-60,13%) no período após aplicação das ações (ilustração na Figura 28, referente a média das perdas entre janeiro a junho comparada com a média entre julho a outubro de 2021).

Figura 28 – Redução na média mensal de perdas por calibração de *Decks*.



Fonte: elaborado pelo autor.

Como parte dos resultados obtidos com a realização deste estudo, considera-se também a elaboração de um acervo bibliográfico dos conceitos e metodologias na área de Manutenção Industrial e detalhamento do processo produtivo de impressão por flexografia, possibilitando o uso desse material para futuras pesquisas.

“Dias prósperos não vêm por acaso, nascem de muito trabalho e persistência.”

(Henry Ford)

5 CONCLUSÃO

A Gestão da Manutenção, bem como o investimento na área, nas pessoas, ferramentas e recursos, torna-se fundamental em uma grande indústria de produção contínua, influenciando diretamente no crescimento, lucro, segurança e prosperidade da companhia.

A utilização de ferramentas e sistemas modernos de gestão industrial, como softwares ERP e plataformas para armazenamento e apontamento de dados se mostrou bastante eficaz e necessária para coleta e tratamento dos dados utilizados nas análises de quebra e falha.

A metodologia TPM se mostrou bastante assertiva na organização e engajamento entre as diversas áreas estratégicas da companhia, colaborando para que a entrega dos resultados deste trabalho fosse possível, uma vez que a existência de um Pilar de Manutenção Planejada na fábrica em questão, proveniente da metodologia, facilitou todo o suporte metodológico.

Conforme exposto neste estudo, a elaboração deste trabalho teve como principal objetivo a utilização da ferramenta metodológica AQF, seguindo a metodologia proposta para investigar a causa raiz do principal motivo de perdas por manutenção na Impressora Flexográfica e gerar ações para evitar a recorrência. De acordo com o Capítulo 3 e os resultados do Capítulo 4, é possível afirmar que esse objetivo foi alcançado.

A pesquisa bibliográfica realizada para elaboração do Capítulo 2 gerou como resultado um forte acervo de referências na área da Manutenção, sendo possível abordar seus principais conceitos e metodologias relacionadas de maneira clara e objetiva.

Também no Capítulo 2, o estudo do livro de Scarpeta (2007) possibilitou a descrição detalhada sobre as funcionalidades da máquina Impressora Flexográfica Automática, bem como do processo produtivo de impressão por flexografia.

Na Metodologia (Capítulo 3) foi utilizada a ferramenta Diagrama de Pareto para identificar os principais motivos das perdas por manutenção, sendo a Calibração de *Decks* o maior motivo causador de indisponibilidade no ano de elaboração deste estudo (superior a 2200 minutos), seguido de problemas em motores (1165), mancais (797) e todas as demais perdas.

O Capítulo 4 demonstra que foi possível obter bons resultados com a aplicação da metodologia AQF para encontrar as causas raízes da falha, sendo possível atingir os objetivos inicialmente propostos na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARANHA JUNIOR, Carlos Cesar Correia; PENHA, Daniele Costa. **Implantação da Ferramenta TPM (Total Productive Maintenance) em uma Planta Industrial de Mineração**. São Luís: Pascal, 2019. 65 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CLARO, Patriki da Costa Amorim. **Análise das ocorrências de paradas de máquina para manutenção e confiabilidade de processo de um virador de vagões**. 2020. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001, 372 p.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction do TPM**: total productive maintenance. Portland, Oregon: Productivity Press, Inc., 1988. ISBN: 0-915299-23-2.

QUATRO RODAS (Brasil) (org.). **A evolução das linhas de montagem de automóveis ao longo do século**: a produção em série de veículos foi a inovação mais importante do setor e continua a ser aperfeiçoada continuamente. 2016. Elaborado por Ulisses Cavalcante. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/a-evolucao-das-linhas-de-montagem-de-automoveis/>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SCARPETA, Eudes. **FLEXOGRAFIA**: manual prático. São Paulo: Bloco Comunicação LTDA, 2007. 244 p.

SILVA, Elaine Cristina Xavier da. **A Gestão Da Manutenção e a TPM**: uma abordagem visando as melhores práticas de manutenção. 2012. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia da Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção VIII Curso de Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações e Assessoria LTDA, 1999. 208 p.

TAVARES, Lourival Augusto; GONZAGA, Marco Antonio Calixto; POYDO, Paulo Roberto dos Santos. **Manutenção Centrada no Negócio**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 2005. 104 p.

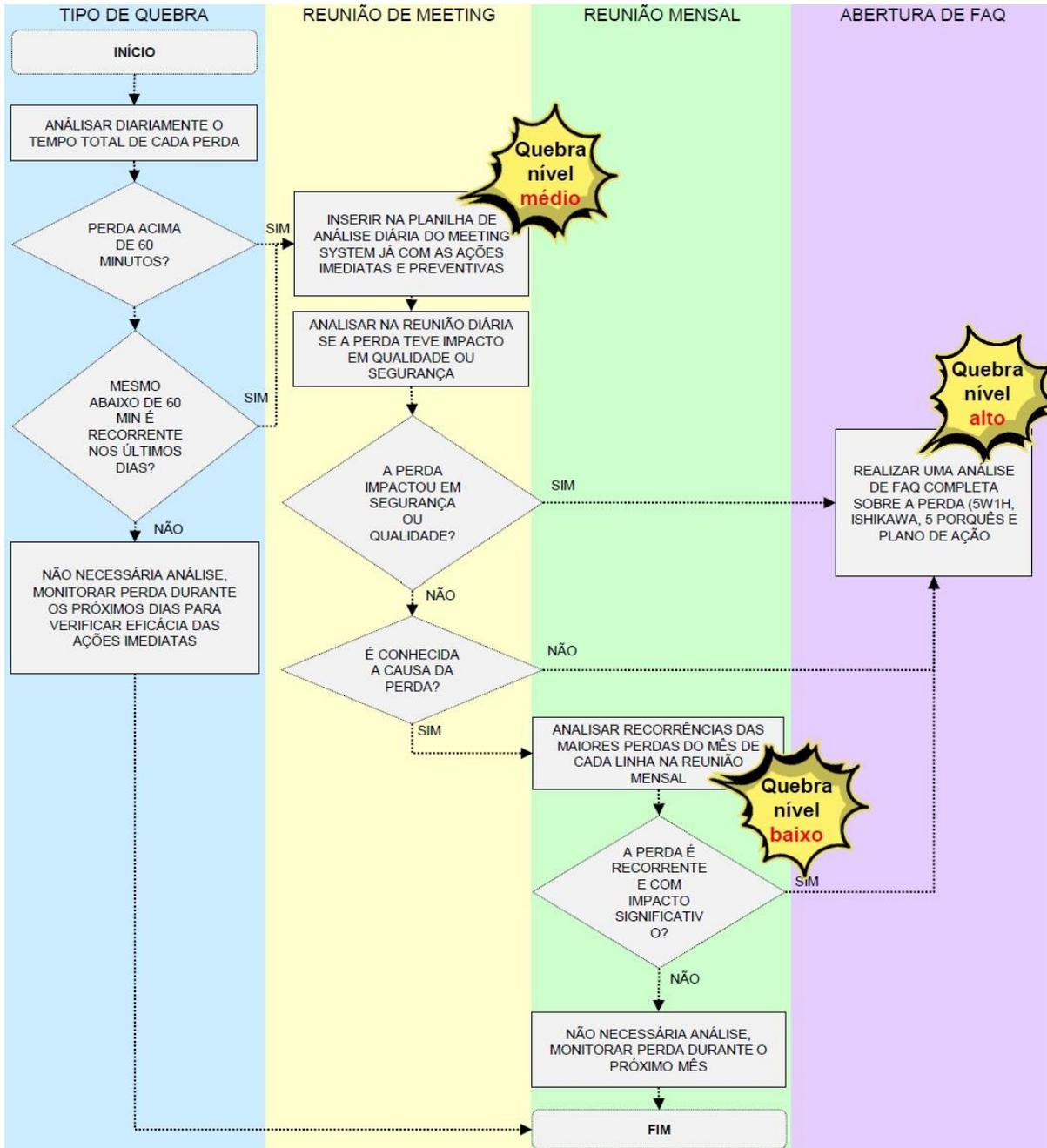
VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualimark Editora LTDA, 2002. 192 p.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: EDG – Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ANEXO A – Fluxograma para iniciar uma AQF



Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

ANEXO B – FAQ física utilizada na data da investigação

[folhas digitalizadas no tamanho A3, abaixo]

Fonte: material corporativo, adaptado pelo autor.

Ficha de Análise de Quebra - FAQ

Pilar Manutenção Planejada

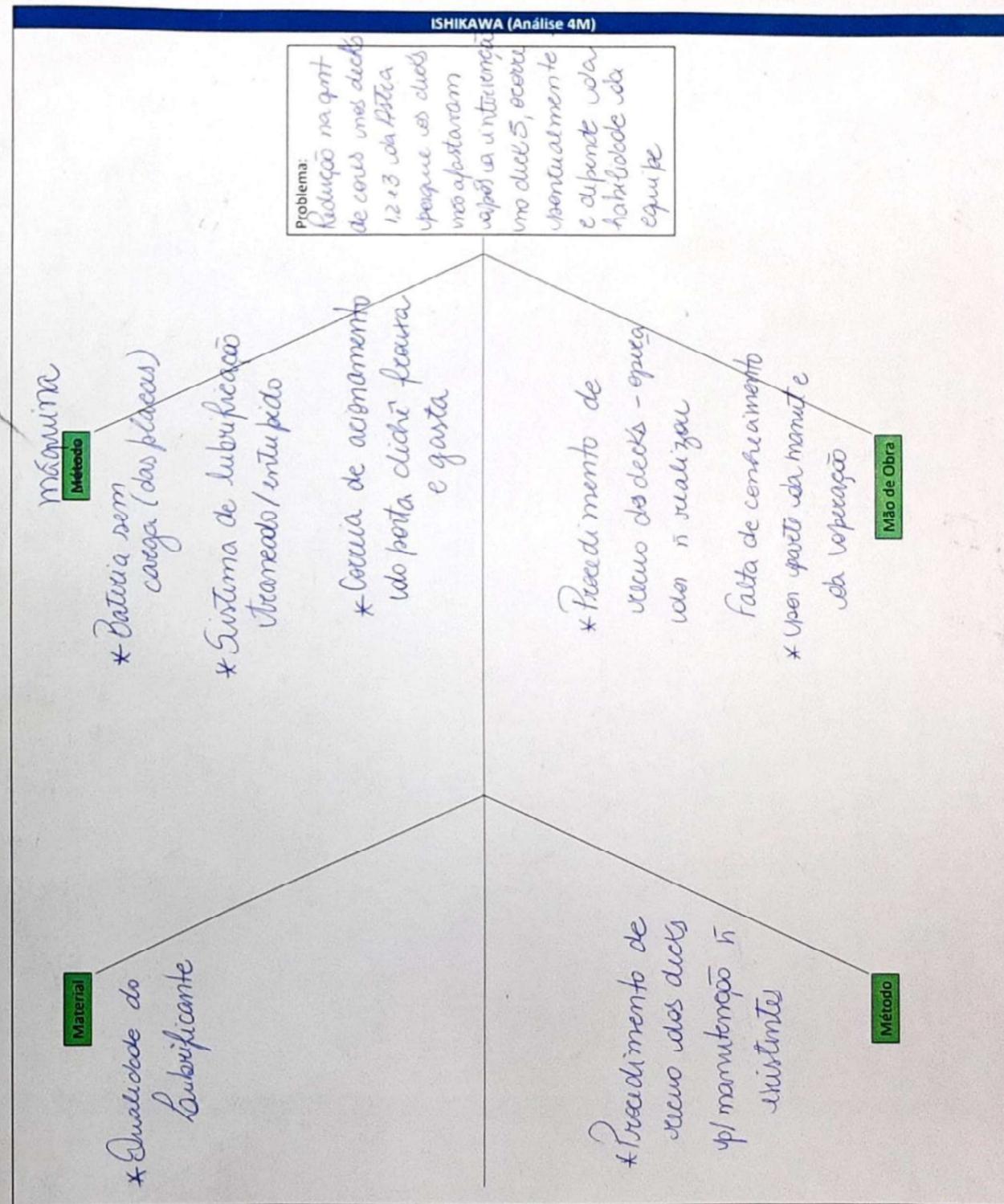
Data: 11/05/21

Participantes da Análise: *ha, deu, [redacted]*

Máquina: *flise* Tempo Total da Perda: *1715 min* Quem Atendeu a ocorrência: *Vários (parcial)*

SW1H

1 - O que aconteceu? (associar ao modo de falha)	O que: <i>Os decks não afastavam</i>
2 - Onde aconteceu? (associar ao local ou ao componente da máquina ou até ao produto)	Onde: <i>flise, decks 1, 2 e 3</i>
3 - Em que fase, etapa do processo de produção, ocorreu o problema?	Quando: <i>Após intervenção no deck 5</i>
4 - O problema pode ser relacionado à habilidade? (Depende ou não de habilidade do operador e/ou do especialista)	Quem: <i>Depende do conhecimento e experiência da equipe de manutenção e operação</i>
5 - Existe tendência, origem e propagação, no local da ocorrência onde se observa o que ocorreu? A tendência é aleatória ou há um padrão?	Qual: <i>não há propagação, foi pontual</i>
6 - Como a ocorrência alterou o estado, promoveu o desvio, comparado à condição ideal, o estado normal?	Como: <i>Redução na qnt de cores disponíveis de 8 p/5 cores</i>
Descrição do Fenômeno Associar as respostas na sequência abaixo 6+1+2+3+5+4	<i>Redução na qnt de cores disponíveis de 8 p/5 cores porque os decks não afastavam da Asteca, decks 1, 2 e 3 após a intervenção no deck 5 pontualmente e depende da habilidade da equipe</i>
Ações de Reparo sem êxito escreva o que se tentou fazer para restabelecer a condição de trabalho e que não se obteve êxito	* Desmontado motores como tipo * várias calibrações devido a problema mecânico * falha sistema lubrificação
Ações de Reparo com êxito escreva o que foi feito para restabelecer a condição de trabalho normal e que se obteve êxito	* trocaixo porta clichê 10 deck 1 * troca LA deck 2 e 10 deck 3 * Calibração total * limpeza e lubrificação manual
Relação de Peças e partes que foram substituídas na intervenção <i>* corruias dos decks</i>	



Ficha de Análise de Quebra - FAQ

Pilar Manutenção Planejada

ANÁLISE 5 PORQUÊS					CAUZA RAÍZ
HIPÓTESE	1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ
Rede de distribuição de graxa interrompida	manguiteira de distribuição de graxa entupida	graxa fora do prazo de validade	Sem check de graxa na rede	bomba com defeito	Vida útil da bomba
Revisão dos decks não realizada	desalinhamento dos rollers	desalinhamento do motor central	perda de referência de posição	Bateria sem carga	falta de inspeção
				procedimento de recuo não realizado	Vida útil da bateria na aquisição das baterias
				Cerco não realizado	falta de treinamento
				Cerco com divergência	falta de inspeção
					CAUSA RAÍZ
					* falta no procedimento de recuo
					* bateria sem carga

PLANO DE AÇÃO			RESPONSÁVEL
AÇÃO	PRAZO	RESPONSÁVEL	
lubrificação em uma parada maior, lubrificantes checar a lubrificação dos decks. 1x semana no comercial	26/05	marcão	Edemilson
Técnico vai verificar sistema de lubrificação	02/06	marcão	Edemilson
Restabelecer proteção suspensa e proteção da corrente do motor naspear e restabelecer		Fernando	Edemilson
Avaliar nível de complexidade de máquina x procedimento		Michael	Edemilson
Quar procedimento sobre calibração e deixar uma máquina		Edemilson	Edemilson
CRIAR UM CHECK-LIST MECANICO DE INSPEÇÃO DOS DECKS - (FUSSO SANFONA)		Edemilson	Edemilson
MELHORAR RETIRADA DAS SANFONAS PARA INSPEÇÃO DOS FUSOS		Edemilson	Edemilson
TROCAR MANGUEIRAS DE LUBRIFICAÇÃO NOS DECKS		Edemilson	Edemilson
CRIAR NOTA SISTEMICA INSPEÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DA GRAXA		Edemilson	Edemilson
VERIFICAR COM RICK A AQUISIÇÃO DE COMPLETO DE BATERIA		Edemilson	Edemilson
CRIAR NOTA SISTEMICA DE INSPEÇÃO COLÉGIAS REC		Edemilson	Edemilson

Use permissão de usar o Edemilson acompanhando Cleo - Edemilson em treinamento

Caela