



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



VINÍCIUS JOSÉ TEIXEIRA SILVA

**PESQUISA AÇÃO: APLICAÇÃO DO MODELO PDCA DE MELHORIA
NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA DE UMA FROTA
DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS**

OURO PRETO - MG
2023

VINÍCIUS JOSÉ TEIXEIRA SILVA
Vinicius.jose@aluno.ufop.edu.br

**PESQUISA AÇÃO: APLICAÇÃO DO MODELO PDCA DE MELHORIA
NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA DE UMA FROTA
DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Professora orientadora: Zirlene Alves Da Silva Santos, PhD.

OURO PRETO – MG
2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586p Silva, Vinicius Jose Teixeira.

Pesquisa ação [manuscrito]: aplicação do modelo pdca de melhoria no processo de manutenção corretiva de uma frota de equipamentos móveis. / Vinicius Jose Teixeira Silva. - 2024.

71 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Zirlene Alves Da Silva Santos.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Administração de empresas - Modelo Gerencial PDCA. 2. Máquinas - Manutenção e reparos - Manutenção Corretiva. 3. Administração de empresas - Melhoria contínua. 4. Controle da qualidade total - Ferramentas da qualidade. I. Santos, Zirlene Alves Da Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Vinícius José Teixeira Silva

PESQUISA AÇÃO: APLICAÇÃO DO MODELO PDCA DE MELHORIA NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA DE UMA FROTA DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica, da Escola de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 01 de Fevereiro de 2024

Membros da banca

PhD - Zirlene Alves da Silva Santos - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr^a - Maria Aparecida Pinto - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Agnaldo José da Rocha Reis - Universidade Federal de Ouro Preto

Zirlene Alves da Silva Santos, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/02/2024



Documento assinado eletronicamente por **Zirlene Alves da Silva Santos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/02/2024, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0664841** e o código CRC **118AD679**.

AGRADECIMENTO

A minha família por todo apoio durante essa caminhada por um futuro próspero e por me ensinar o valor de cada gota de suor e de cada lágrima derramada.

A minha orientadora Zirlene, pelo incentivo, profissionalismo e paciência para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Mecânica e da República Partenon, que sempre me incentivaram a fazer o melhor com o que se tinha enquanto não possuía recurso para que fosse feito melhor ainda.

Grato à empresa que prestei estágio, Projeto Hexágono Engenharia, por todo conhecimento adquirido.

*“Nunca foi fácil, junta os seus pedaços e desce pra arena,
mas lembre-se, aconteça o que aconteça, nada como um
dia após o outro”.*

Racionais MC's

RESUMO

Dada a importância da manutenção corretiva dos equipamentos móveis para o cenário de construção civil, no qual as máquinas e veículos são submetidos a grandes esforços, planejamentos são desenvolvidos para que essas atividades sejam aprimoradas. Nas atividades do setor de manutenção de uma empresa de engenharia civil e logística, foi identificada uma grande necessidade de otimização dos processos e recursos. Nesse contexto, este estudo tem por objetivo apresentar uma aplicação do modelo gerencial de melhoria contínua PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir) no processo de manutenção corretiva de uma frota de equipamentos e veículos, por meio do modelo PDCA de melhoria utilizando os métodos, técnicas e ferramentas para controle da qualidade. Com relação à metodologia utilizada, realizou-se fundamentação teórica acerca dos tipos de manutenção, do modelo gerencial PDCA e dos métodos, técnicas e ferramentas da qualidade aplicáveis a pesquisa ação. A metodologia é de natureza qualitativa e quantitativa; pode ser classificada como: exploratória, descritiva e utiliza a técnica de pesquisa-ação. Para que os objetivos fossem alcançados, foi necessário confeccionar na etapa de planejamento, um fluxograma da manutenção corretiva para encontrar as falhas do processo, utilizar o método FMEA para estabelecer as prioridades e elaborar o plano de ação com os responsáveis por cada etapa por meio da técnica 5W2H. Portanto, é possível afirmar que, as melhorias desenvolvidas pelo modelo gerencial PDCA utilizando os métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, aumentam a eficiência da manutenção corretiva. Foi possível, também, desenvolver um aplicativo de controle de estoque mínimo para registrar as ordens de serviço; evitar retrabalho utilizando o *checklist* e aperfeiçoar o processo por meio da adequação do mapa de processos.

Palavras-chave: Melhoria contínua. Modelo Gerencial PDCA. Manutenção Corretiva. Métodos. Técnicas. Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

Given the importance of corrective maintenance of mobile equipment in the civil construction scenario, in which machines and vehicles are subjected to great effort, plans are developed to improve these activities. In the activities of the maintenance sector of a civil engineering and logistics company, a great need to optimize processes and resources was identified. In this context, this study aims to present an application of the PDCA continuous improvement management model (Plan, Execute, Check and Act) in the corrective maintenance process of a fleet of equipment and vehicles, through the PDCA improvement model using the methods, techniques and tools for quality control. Regarding the methodology used, theoretical foundations were made regarding the types of maintenance, the PDCA management model and the methods, techniques and quality tools applicable to action research. The methodology is qualitative and quantitative in nature; can be classified as: exploratory, descriptive and uses the action research technique. In order for the objectives to be achieved, it was necessary to prepare, in the planning stage, a corrective maintenance flowchart to find process failures, use the FMEA method to establish priorities and prepare the action plan with those responsible for each stage through the 5W2H technique. Therefore, it is possible to state that the improvements developed by the PDCA management model using quality methods, techniques and tools increase the efficiency of corrective maintenance. It was also possible to develop a minimum stock control application to record service orders; avoid rework using the checklist and improve the process by adapting the process map.

Key-words: *Continuous improvement. PDCA Management Model. Corrective Maintenance. Process Optimization.*

LISTA DE SIGLAS

5W2H - Quem, o que, quando, onde, como e quanto

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANSI – *American National Standards Institute*

FMEA – *Failure Mode And Effect Analysis*

FTA – *Fault Tree Analysis*

GQT – Gestão pela qualidade total

MTBF – Tempo Médio entre Falhas

MTTR – Tempo médio para reparo

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

OS – Ordem de Serviço

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PDCA – Planejar, executar, verificar e atuar

PF – Intervalo entre falha potencial e falha funcional

RPN – Número de prioridade de risco

TPM – Manutenção produtiva total

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Manutenção Corretiva Planejada	7
Figura 2– Curva PF.....	10
Figura 3 – Curva PF <i>versus</i> custo para reparo.....	11
Figura 4 – Oito pilares da TPM.....	12
Figura 5 – Visão Geral da Manutenção de Equipamentos.....	13
Figura 6 – Simbologia de padrão ANSI	16
Figura 7 – Fluxograma do processo de manutenção corretiva	17
Figura 8 – Exemplo de gráfico de Pareto	18
Figura 9 – Exemplo de diagrama de causa e efeito.....	19
Figura 10 – Trecho de uma árvore de falha.....	21
Figura 11 – Principais eventos utilizados em uma árvore de falhas.....	22
Figura 12 – Exemplo de aplicação do Histograma.....	23
Figura 13 – Exemplo de um Gráfico de Controle.....	25
Figura 14 – Ciclo PDCA.....	28
Figura 15 - Tela sistema <i>Keepfy</i>	35
Figura 16 - Organograma da empresa	36
Figura 17 – Organograma do Setor de Manutenção.....	37
Figura 18– Mapa do processo de manutenção corretiva e identificação das falhas.....	39
Figura 19 – Gráfico de trocas corretivas de componentes críticos.....	43
Figura 20 – Formulário de inserção de dados do sistema de estoque da manutenção.....	44
Figura 21– Aba de acompanhamento de estoque da manutenção.....	44
Figura 22 - Aplicativo de celular para apontamento de ordens de serviço.....	45
Figura 23 – Aplicativo de celular para apontamento de ordens de serviço.....	46
Figura 24 - Detalhamento de ordens de serviço no aplicativo.....	47

Figura 25 - <i>Checklist</i> para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de máquinas.....	48
Figura 26 - <i>Checklist</i> para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de caminhonetes.	48
Figura 27 - <i>Checklist</i> para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de caminhões.	49
Figura 28 - Fluxograma do processo de manutenção corretivas após aplicação do PDCA.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis e indicadores do FMEA	15
Tabela 2 – Método 5W2H	27
Tabela 3 – Materiais e métodos	33
Tabela 4 – Variáveis e indicadores.	34
Tabela 5 – FMEA do processo de manutenção corretiva	40
Tabela 6 – 5W2H do processo de manutenção corretiva.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema	1
1.2	Justificativa.....	3
2	Objetivos.....	3
2.1.1	Objetivo Geral	3
2.1.2	Objetivos Específicos	3
2.2	Estrutura do Trabalho	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1	Manutenção	5
3.2	Tipos de Manutenção.....	6
3.2.1	Manutenção Corretiva	6
3.2.2	Manutenção Preventiva	7
3.2.3	Manutenção Preditiva	8
3.3	Gestão da Manutenção.....	11
3.3.1	Métodos, técnicas e ferramentas aplicadas à qualidade da manutenção	13
3.3.1.1	Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)	14
3.3.1.2	Fluxograma.....	15
3.3.1.3	Folha de Verificação	17
3.3.1.4	Gráfico de Pareto	18
3.3.1.5	Diagrama de causa e efeito	18

3.3.1.6	Árvore de Falhas (FTA).....	20
3.3.1.7	Histograma.....	23
3.3.1.8	Gráfico de Controle	24
3.3.1.9	<i>Brainstorming</i>	25
3.3.1.10	5W2H	26
3.4	Ciclo PDCA.....	27
3.4.1	<i>Plan</i> - Planejamento.....	29
3.4.2	<i>Do</i> - Execução.....	29
3.4.3	<i>Check</i> – Verificação.....	30
3.4.4	<i>Action</i> – Atuação.....	30
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	Tipo de Pesquisa.....	31
4.2	Materiais e Métodos.....	33
4.3	Variáveis e Indicadores	34
4.4	Instrumento de Coleta de Dados.....	34
4.5	Tabulação e Análise dos Dados.....	35
4.6	Considerações Finais	35
5	PESQUISA AÇÃO	36
5.1	Resultados e Discussão.....	38
6	CONCLUSÃO.....	51
6.1	RECOMENDAÇÃO	51
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Há muito tempo a manutenção atua como função estratégica nas organizações e é diretamente responsável pela disponibilidade física dos ativos, isso mostra a importância capital nos resultados da empresa. Os resultados obtidos são diretamente proporcionais à eficiência da gestão da manutenção (OTONI e MACHADO., 2008).

A Norma Brasileira NBR5462/1994 destaca a importância da manutenção corretiva como um dos processos essenciais para garantir o bom funcionamento e a disponibilidade física dos equipamentos que são utilizados em sistemas produtivos contínuos. Esse tipo de manutenção se concentra na correção de defeitos, falhas ou danos que surgem durante o processo de produção, tendo como objetivo restaurar a funcionalidade e operacionalidade dos equipamentos.

Segundo Santos (2009), a manutenção é o conjunto de ações técnicas e administrativas que visam manter os equipamentos em condições aceitáveis de operação, assegurando a regularidade, a segurança e a qualidade na produção com o mínimo de custos totais.

Bastos (2013) ressalta a necessidade de análise das causas raiz de eventos motivados por falhas em equipamentos identificadas durante a manutenção corretiva, tornando possível a implementação de medidas preventivas para evitar recorrências no futuro e fazendo dessa prática uma estratégia voltada à confiabilidade.

No entanto, para Kardec e Nascif (2009), as atividades de manutenção devem ter um escopo que englobe não só manter as condições originais dos equipamentos, visto que a introdução de melhorias, que tem como objetivo aumentar a produtividade, também deve fazer parte do trabalho da equipe de manutenção.

Sendo assim, Xenos (2014) destaca que as atividades de manutenção dos equipamentos em qualquer empresa podem ser classificadas em dois tipos:

- Atividades de manutenção;
- Atividades de melhoria.

Para que seja atingida uma gestão de manutenção eficiente, Xenos (2014) destaca a necessidade de estruturar um sistema de manutenção de equipamentos e utilizar o modelo gerencial PDCA para que as metas relacionadas aos equipamentos sejam atingidas.

Nesse enquadramento, aplicar o modelo gerencial PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) é adequar ao ambiente da manutenção os modelos mais utilizados no meio empresarial com a finalidade de se obter a melhoria contínua, por meio da organização de dados e da padronização dos processos, gerando uma manutenção mais eficiente e econômica.

Conforme Andrade (2003), o PDCA é projetado para ser um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo de um próximo ciclo.

Sendo assim, este modelo gerencial é dividido em quatro fases que são bem definidas e distintas, podendo ser descrito da seguinte maneira segundo Xenos (2014):

Plan (Planejar): estabelecer claramente as metas e os métodos que serão utilizados para alcançá-las;

Do (Execução): consiste em educar e treinar as pessoas que serão envolvidas nos métodos a serem utilizados e colocar o plano em prática;

Check (Verificação): observar e verificar se os objetivos do trabalho que está sendo feito estão progredindo em direção à meta;

Action (Atuação): Atuar nos processos visando corrigir resultados que estão divergindo da meta.

No cenário do estudo as máquinas são alugadas para atividades de construção civil, os equipamentos são submetidos a condições severas de trabalho e conseqüentemente falham por desgaste, sendo esses os principais agentes de falhas inesperadas e interrupções na produção.

Dessa maneira, a manutenção corretiva desempenha um papel crucial, especialmente quando se trata de equipamentos como: retroescavadeiras, escavadeiras, motoniveladoras e tratores, os quais necessitam do máximo de disponibilidade física devido a sua grande influência nos processos de extração de material do solo.

Com base no contexto apresentado, que demonstra a importância dos processos da manutenção para reduzir os custos e aumentar a produtividade das empresas, a questão-problema do estudo é:

Como a aplicação do modelo PDCA de melhoria pode contribuir para o processo de manutenção corretiva de equipamentos móveis?

1.2 Justificativa

Xenos (2014) afirma que a manutenção corretiva de equipamentos móveis é fundamental para que seja garantida a continuidade das operações e a segurança dos trabalhadores. Entretanto, os processos de manutenção corretiva enfrentam desafios e apresentam pontos de melhoria que podem impactar a eficiência e confiabilidade desses equipamentos.

Paladini (2014) indica que o modelo PDCA traz muitas vantagens com relação à produtividade, qualidade e os custos de manutenção. A abordagem cíclica e estruturada permite a identificação de problemas, a implementação de soluções, o monitoramento dos resultados e a padronização dos processos.

Sendo assim, por meio do modelo gerencial PDCA, ferramentas, métodos e técnicas da qualidade é possível identificar, de forma sistemática, os problemas enfrentados no processo de manutenção corretiva, planejar e implementar ações de melhoria, realizando a verificação dos resultados obtidos e analisar as lições aprendidas.

2 Objetivos

2.1.1 Objetivo Geral

Analisar como a aplicação do modelo PDCA pode contribuir para o desempenho da manutenção corretiva de equipamentos móveis.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar fundamentação teórica sobre: manutenção, tipos de manutenção, gestão da manutenção e modelo PDCA;
- Elaborar procedimento metodológico para aplicação do PDCA e dos métodos, técnicas e ferramentas da qualidade no processo de manutenção;
- Utilizar os métodos, técnicas e ferramentas da qualidade por meio do modelo PDCA de melhoria para coletar e analisar os dados e informações dos processos de manutenção corretiva dos equipamentos considerados críticos;

- Mensurar os resultados obtidos por meio das ferramentas de qualidade e analisar a eficácia.

2.2 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos e escrito conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

O primeiro capítulo contempla introdução, justificativa para realização do trabalho, objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre conceito e definição de Manutenção, métodos de manutenção, metodologia PDCA e gestão da manutenção.

O terceiro capítulo apresenta as metodologias utilizadas para a pesquisa, bem como as propostas para realizá-las.

No quarto são abordados os resultados obtidos a partir dos processos metodológicos seguidos.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Manutenção

A manutenção passou por uma notável evolução ao longo dos anos, sendo impulsionada pelos avanços tecnológicos e pelas necessidades crescentes de atividades de melhoria de processo nas indústrias modernas. Nesse sentido, Kardec e Nascif (2009) afirmam que a manutenção pode ser dividida da seguinte maneira:

A primeira geração da manutenção é relatada como um processo no qual a produtividade não era prioritária, tendo ocorrido no período anterior à Segunda Guerra Mundial. Desse modo, ocorriam apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparos após a quebra, sendo assim, a manutenção ocorria principalmente corretiva não planejada.

Na segunda geração, que ocorreu entre os anos 1950 e 1970 após a segunda guerra mundial, é evidenciada a necessidade de maior disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos, uma vez que as pressões desse período aumentaram a demanda por todas as vertentes de produtos e a mão de obra industrial passou por uma grande redução, levando a um forte aumento da mecanização.

A terceira geração se inicia a partir da década de 1970, na qual estavam sendo implementadas as práticas *just in time* que faziam com que houvesse pequenas pausas para manutenção que paralisavam as fábricas. Essa necessidade de monitoramento de condições deu origem às manutenções preditivas.

A quarta geração é caracterizada pela redução das manutenções corretivas e preventivas e pela maior utilização dos métodos de análises de falhas, gestão de ativos e a preocupação com segurança e meio ambiente.

Nesse mesmo sentido, a Norma Brasileira NBR5462/1994 conceitua a manutenção como sendo a combinação de 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. Essa definição destaca a manutenção como um processo imprescindível que ocorre de maneira dinâmica e contínua, com o objetivo de assegurar que um equipamento esteja em condições adequadas de operação ao longo de sua vida útil.

Conforme Kardec e Nascif (2009), a missão da manutenção é garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo produtivo, assegurando a preservação do meio ambiente e os custos adequados.

Para Xenos (2014), as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, que são causadas pelo seu uso e desgaste natural. Esta degradação pode ocorrer de diversas maneiras, desde o aspecto externo ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas na produção.

3.2 Tipos de Manutenção

3.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo Viana (2002), a manutenção corretiva é a intervenção necessária que ocorre de imediato para que graves consequências aos equipamentos sejam evitadas e se configura como uma intervenção aleatória, sem definições prévias.

Essa manutenção tem por objetivo readequar um equipamento nas condições de executar suas funções requeridas e é subdividida em manutenção corretiva não programada, que trata - se da correção de uma falha quando ela ocorre, causando interrupção nas atividades produtivas do equipamento, e manutenção corretiva programada, que é quando acontece a correção dos fatores que provocam o desempenho inferior ao esperado (GREGÓRIO, 2018).

Na visão de Xenos (2014), esse tipo de manutenção sempre é realizada após o momento de ocorrência da falha. A opção pela manutenção corretiva deve levar em conta os custos, sendo necessária uma análise de falhas posteriormente para determinar se é mais vantajoso economicamente corrigir a falha ou utilizar de ações preventivas para que ela não ocorra.

Sendo assim, Kardec e Nascif (2009) afirmam a necessidade de avaliação da criticidade dos componentes nas máquinas, já que alguns equipamentos possuem partes que não provocam perdas de produção, porém evitam o desgaste prematuro e garantem a segurança do operador, possibilitando a realização de uma parada corretiva “planejada”.

Nesse mesmo contexto, Kardec e Nascif (2009) classificam a manutenção corretiva planejada como sendo a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão da gerência.

Pinto (2016) afirma que a manutenção corretiva planejada pode ser aplicada para equipamentos em que opta-se por levá-los ao fim de sua vida útil. É obtido sucesso desse método quando algum planejamento é realizado, por meio da aquisição de conjuntos para substituição como kit de reparos ou um posto de trabalho para agilizar a manutenção. Esse tipo de manutenção pode ser exemplificado pela Figura 1, na qual tem-se o tempo de manutenção corretiva planejada que indica a necessidade de atuação no equipamento e é iniciado o planejamento da corretiva.

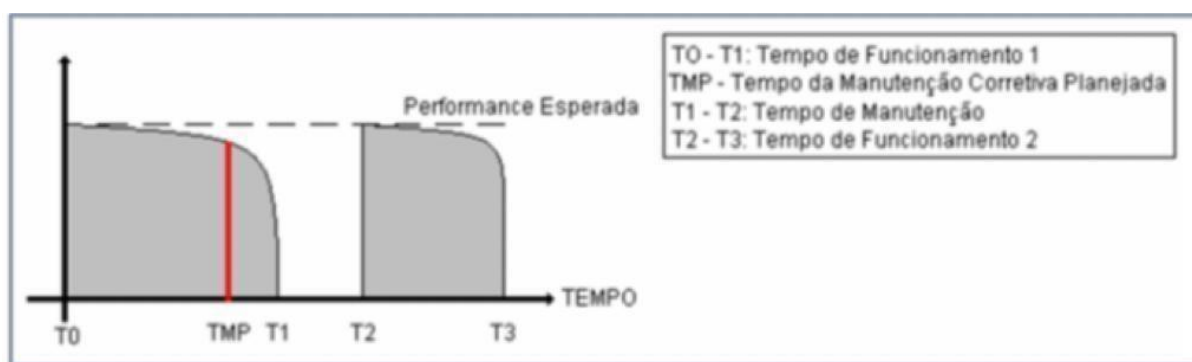


Figura 1 – Manutenção Corretiva Planejada
Fonte: Pinto, 2016.

Em contrapartida, Kardec e Nascif (2009) caracterizam a manutenção corretiva não planejada como a correção das falhas de maneira aleatória, marcada pela imprevisibilidade e pela falta de retorno e previsão do equipamento à suas atividades normais, a depender da complexidade da falha. Por esse motivo, essa manutenção acarreta elevados custos, devido à parada não programada do equipamento.

3.2.2 Manutenção Preventiva

Conforme Viana (2006), pode-se classificar a manutenção preventiva como toda manutenção que é realizada em equipamentos que não apresentam falha, podendo esse estado ser em condições operacionais ou estado de zero defeito.

Xenos (2014) afirma que a manutenção preventiva deve ser o método principal de manutenção em qualquer empresa, uma vez que envolve tarefas sistemáticas como: reformas, inspeções e trocas de peças.

Na visão de Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva é a atuação que se realiza de modo a reduzir ou evitar a falha ou diminuição de desempenho de um equipamento, com base em um plano de ação previamente elaborado baseado em intervalos de tempo definidos.

Em complemento, de acordo com a norma NBR 5462/1994 “a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Segundo Almeida 2014 *apud* Rabelo 2021, ao implementar a manutenção preventiva no sistema produtivo, será possível realizar o controle de lubrificação e da substituição de peças realizadas nas máquinas da empresa permitindo a previsão das demandas de compra, melhor gestão de tempo da mão de obra da equipe técnica de manutenção e evitar as paradas não programadas na produção.

Nesse contexto, Pinto (2016) descreve que nesse método a parada do equipamento é planejada juntamente com o setor de produção, de modo a reduzir as perdas de fabricação ou rendimento. Sendo assim, a manutenção preventiva irá realizar a substituição de determinados componentes de acordo com a base de dados dos equipamentos, fazendo com que as máquinas produzam com menor ocorrência de parada não programada, porém elevem o custo de manutenção, uma vez que os componentes substituídos não atingiram o final da vida útil.

Entretanto, Xenos (2014) ressalta que apesar de promover uma boa gestão das atividades de manutenção e possibilitar a ação previamente à falha, a manutenção preventiva possui fatores negativos como a possibilidade de falha no plano de manutenção, causando uma avaria na prevenção de falhas, que é sua principal função.

3.2.3 Manutenção Preditiva

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção preditiva é a atuação executada com base na modificação de parâmetros de desempenho ou condição. Por meio das técnicas é realizado o monitoramento das condições de um equipamento e determinadas as ações de correção, se forem necessárias, por meio de uma manutenção corretiva planejada.

Na visão de Viana (2006), a manutenção preditiva é definida por apresentar tarefas de manutenção preventiva que têm por objetivo acompanhar as máquinas e equipamentos por

controle estatístico ou por meio de medições, com a finalidade de prever a ocorrência de falhas. O escopo desse método é determinar o tempo certo no qual se faz necessária a intervenção mantenedora, desse modo evitando desmontagens de inspeção e possibilitando utilizar os componentes até o máximo de sua vida útil.

A norma NBR 5462/1994 classifica a manutenção preventiva como sendo um método que permite assegurar a qualidade do serviço almejada por meio da aplicação sistemática de técnicas de análise. Isso é realizado por meio de supervisão centralizada ou amostragem, a fim de minimizar a necessidade de manutenção preventiva e reduzir a ocorrência de corretivas.

Viana (2006) define as quatro técnicas mais comuns de manutenção preditiva utilizadas em empresas como sendo:

Ensaio por Ultrassom;

- Análise de vibrações mecânicas;
- Análise de óleos lubrificantes;
- Termografia.

Ademais, Gregório (2018) afirma que para a realização da manutenção preditiva os seguintes passos devem ser seguidos:

- Planejamento inicial para definição de ferramentas necessárias e equipamentos inspecionados;
- Coleta de dados para avaliação do desempenho padrão dos equipamentos;
- Contínua verificação dos equipamentos;
- Os dados devem ser constantemente comparados com o desempenho padrão;
- Realizar o armazenamento dos dados coletados;
- Acompanhamento periódico de todas as etapas para melhoria contínua.

Segundo Gregório (2018), a manutenção preditiva possibilita gerar uma curva PF, que plota o intervalo de tempo entre a falha potencial e a falha funcional. Essa curva possibilita que se acompanhe a evolução da falha para realização da manutenção corretiva programada em um momento prévio à falha funcional.

Desse modo, o gráfico da Figura 2 apresenta um exemplo da curva de falha potencial, no qual, por meio da manutenção preditiva, é detectada a falha potencial (ponto P), que passa por acompanhamento durante todo o tempo de operação, sendo notória a queda de performance do equipamento até a ocorrência da falha funcional (ponto F).



Figura 2– Curva PF
Fonte: Gregório, 2018.

Conforme Xenos (2014) quanto maior o tempo para identificar a falha maior é o custo com manutenção, o que indica que a curva de custo para reparo do equipamento é inversamente proporcional à curva de falha potencial, o custo máximo ocorre no momento em que a falha funcional acontece, conforme ilustra a Figura 3.

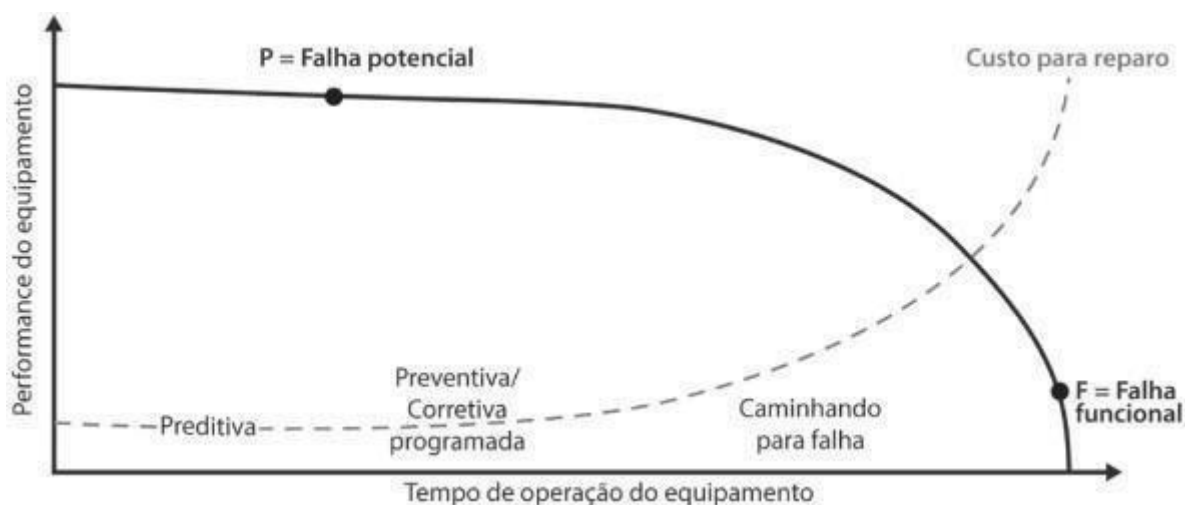


Figura 3 – Curva PF *versus* custo para reparo.
 Fonte: Gregório, 2018.

3.3 Gestão da Manutenção

Kardec e Nascif (2009) afirmam que para uma gestão da manutenção eficiente, faz-se necessário um planejamento e controle da manutenção apropriado, de modo que a estratégia empregada promova melhorias como:

- Aumento da disponibilidade;
- Aumento do faturamento e do lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- Redução da demanda de serviços;
- Redução de custos;
- Redução de lucros cessantes;
- Preservação ambiental.

Conforme Oliveira (2016), gestão da manutenção é “o ato de gerir um conjunto de ações com a finalidade de manter os equipamentos e instalações em condições aceitáveis para o funcionamento adequado.”

Nesse mesmo contexto, para Takahashi e Osada (1993) o gerenciamento da manutenção deve ser direcionado para os seguintes pontos:

- Limitar os investimentos em equipamentos desnecessários;
- Utilizar ao máximo os equipamentos existentes;
- Melhorar a taxa de utilização do equipamento para a produção;
- Garantir a qualidade dos produtos, por meio do uso dos equipamentos;
- Reduzir a mão de obra de baixo custo, por meio do aprimoramento dosequipamentos;
- Reduzir os custos de energia e materiais adquiridos, por meio das inovações nas máquinas e melhorias dos métodos de utilização.

Ademais, aliado à gestão da manutenção, tem-se a manutenção produtiva total (TPM), a qual Almeida (2014), classifica como sendo uma modalidade de manutenção que tomava como modelo as manutenções preventivas e preditivas, contando com a capacitação dos operadores de máquina, para participarem de maneira ativas nos processos de manutenção, visando o aproveitamento máximo da mão de obra.

Por fim, Seleme (2015) define que a TPM possui oito pilares, apresentados na Figura 4, que possuem sua base como sendo as ferramentas de aplicação.



Figura 4 – Oito pilares da TPM.
Fonte: Seleme (2015).

3.3.1 Métodos, técnicas e ferramentas aplicadas à qualidade da manutenção

Segundo Xenos (2014), as atividades de manutenção dos equipamentos têm como intuito garantir o bom funcionamento do principal meio para atingir os objetivos de uma empresa e necessitam de interrelações com as demais áreas organizacionais, principalmente o departamento de produção, para obtenção não só da gestão eficiente da manutenção como da gestão pela qualidade total (GQT) dos processos, conforme apresentado na Figura 5.

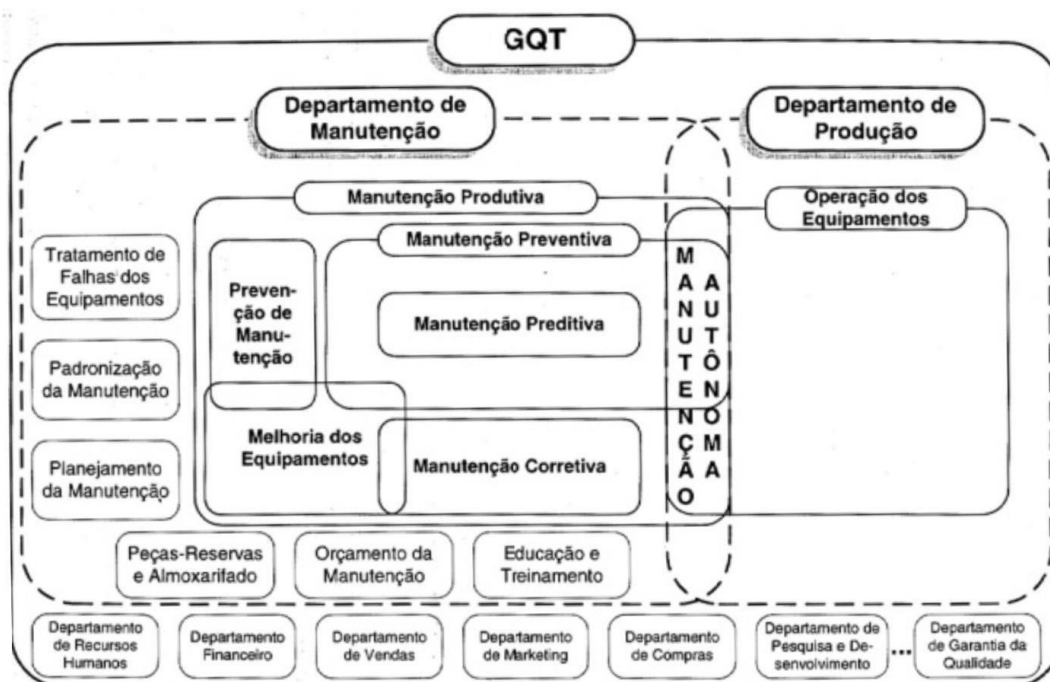


Figura 5 – Visão Geral da Manutenção de Equipamentos.
Fonte: Xenos, 2014.

Para Paladini (2014), o gerenciamento operacional consiste na utilização de estratégias, que, por sua vez, definem modos ordenados de proceder determinadas alterações no processo. Uma estratégia pode incluir a utilização de diversas ferramentas e tende a produzir resultados mais abrangentes, que trazem impacto sobre várias fases e setores de um determinado conjunto de atividades.

Conforme Vicente (2021), para uma boa gestão da manutenção, devem ser utilizadas ferramentas da qualidade que forneçam informações para investigação dos pontos críticos de controle, identificando inconformidades e, para que isso seja possível, é imprescindível compreender a funcionalidade de cada método, técnica e ferramenta de forma que elas se tornem eficientes.

3.3.1.1 Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)

Fogliatto e Ribeiro (2009) conceituam o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) como sendo uma técnica de confiabilidade que tem como objetivos:

- Reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um processo ou produto;
- Identificar as ações que possam reduzir ou eliminar a possibilidade de ocorrência dessas falhas;
- Documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

Para Gregório (2018), a utilização da Análise de Modo e Efeito de Falha auxilia no processo de priorização dos riscos. O método FMEA verifica o risco de uma falha por meio de três aspectos: severidade, ocorrência e detecção. Além disso, dentre as vantagens do uso do FMEA, destacam-se os seguintes pontos (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009):

- Ajuda na identificação dos parâmetros do processo que devem ser controlados para redução ou detecção da condição de falha no processo;
- Auxilia a priorizar os modos potenciais de falha, estabelecendo uma ordem para as ações de melhoria do processo;
- Ajuda na avaliação objetiva de alternativa para a manufatura ou montagem;
- Documenta os resultados do estudo, possibilitando análises futuras do processo de manufatura ou montagem;
- Aumenta o conhecimento de todos os envolvidos em relação aos aspectos essenciais do processo, alinhados com a qualidade/confiabilidade do produto;
- Estabelece um referencial que auxilia na análise e melhoria de processos similares.

Conforme Brand (2013), o FMEA pode ser aplicado seguindo sete passos expostos na Tabela 1:

Tabela 1 – Variáveis e indicadores do FMEA

1	Identificar todos os sistemas, subsistemas e componentes do processo/equipamento em análise.
2	Listar todas as formas possíveis segundo as quais os componentes poderiam falhar (os modos de falhas).
3	Identificar os efeitos possíveis das falhas (tempo parado, insegurança, necessidade de ajustes e/ou reparos, efeitos para os clientes).
4	Identificar as causas possíveis das falhas para cada modo de falha
5	Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos da falha e a probabilidade de detecção.
6	Identificar o número de prioridade de risco (NPR).
7	Desenvolver e implementar ações para minimizar as falhas identificadas.

Fonte: Adaptado de Brand *et al.*,2013.



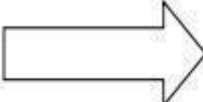



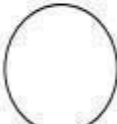



De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), o desenvolvimento do FMEA auxilia na identificação de forma qualitativa, pontos em um sistema que têm maior possibilidade de falhare necessidade de ações preventivas, para evitar que a falha ocorra. Fornece referência rápida para resolução de problemas, reduz eventos não previstos durante o planejamento dos processos e identifica as preocupações de segurança a serem abordadas.

Ademais, para o funcionamento e aplicação do FMEA faz-se imprescindível o planejamento prévio e definição da composição do grupo/time de trabalho para sua aplicação. Sendo recomendado para essa composição, um número pequeno de pessoas que tenham domínio sobre o processo e a definição de um responsável (Brand *et al.*,2013).

3.3.1.2 Fluxograma

De acordo com Santos (2018), os fluxogramas tem como função determinar uma sequência lógica das etapas de um processo, determinando entradas e saídas com a possibilidade de ramificá-las. Representam atividades, pontos de decisão, caminhos paralelos

e a ordem geral de processamentos, utilizando um mapeamento com detalhes de operação com detalhes de procedimentos que existem dentro de uma cadeia, podendo ser útil na compreensão de um projeto, simbolizando com gravuras as etapas do mesmo, conforme mostrado na Figura 6.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	OPERAÇÃO		ESPERA
	MOVIMENTO/TRANSPORTE		ARMAZENAGEM
	PONTO DE DECISÃO		SENTIDO DE FLUXO
	INSPEÇÃO		CONEXÃO*
	DOCUMENTO IMPRESSO		LIMITES (INÍCIO, PARE, FIM)

* Utilizado quando o fluxograma não cabe em uma única página

Figura 6 – Simbologia de padrão ANSI
Fonte: Santos, 2018.

Nesse sentido, a Figura 6 mostra a simbologia padrão ANSI – *American National Standards Institute*, no qual os símbolos utilizados são de uso comum em diversas áreas da ciência e a Figura 7 traz um exemplo de fluxograma aplicado a um processo de manutenção.

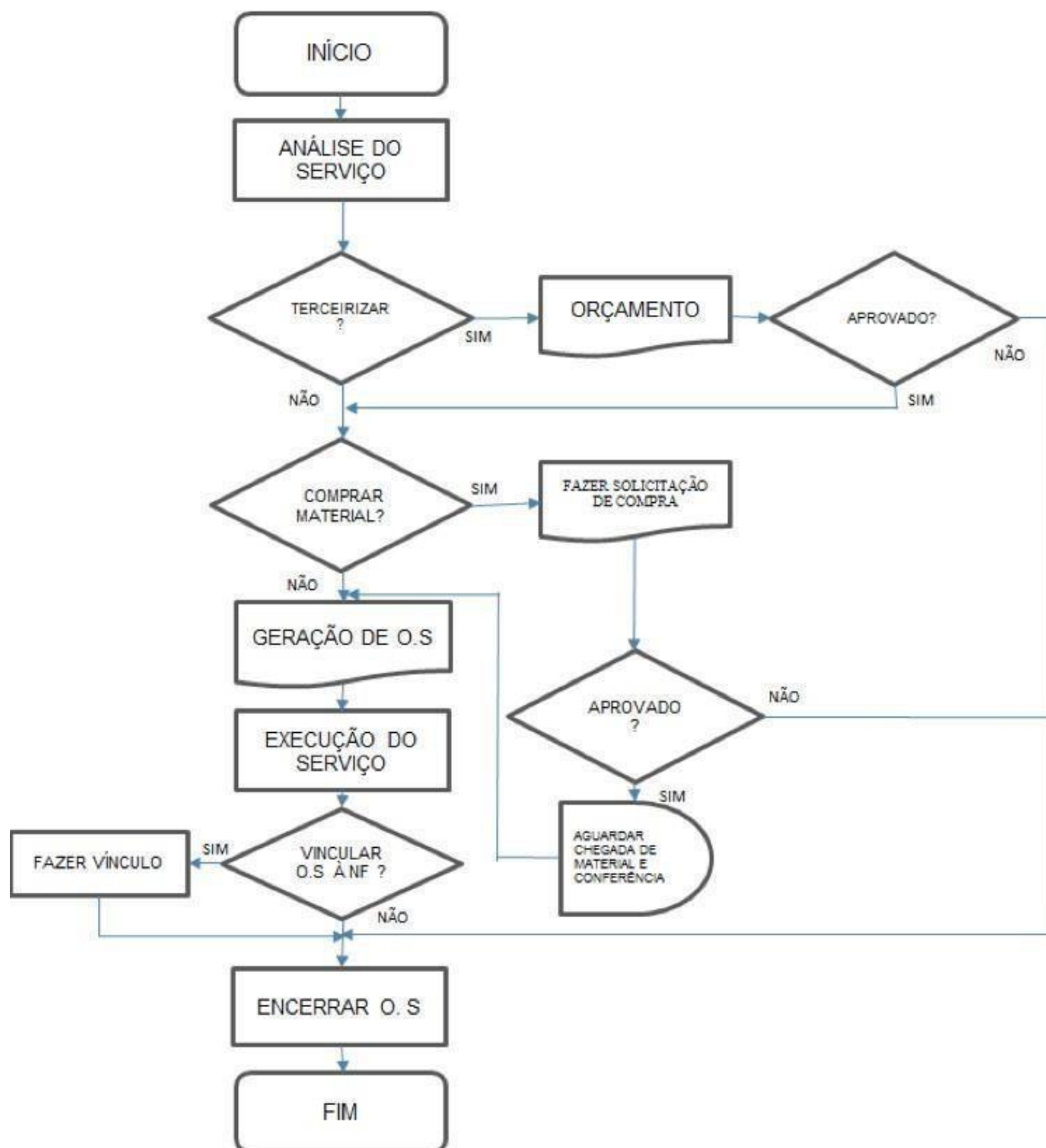


Figura 7 – Fluxograma do processo de manutenção corretiva.
Fonte: Pereira *et al.*, 2016.

3.3.1.3 Folha de Verificação

Lins (1993) classifica a folha de verificação como sendo um quadro para o lançamento do número de ocorrências de um certo evento. Sua aplicação está relacionada com a observação de fenômenos. Desse modo, observa-se o número de ocorrências de um evento ou de uma falha e registra-se numa folha, de maneira simples, a sua frequência.

Já na visão de Alonso (2021), a folha de verificação é uma listagem de itens previamente estabelecida para certificar as condições de um serviço, processo ou produto. A

lista de verificação ou *checklist*, auxilia no momento de atestar que todos os itens ou etapas foram devidamente cumpridas de acordo com o programado.

3.3.1.4 Gráfico de Pareto

Alonso (2021) caracteriza o gráfico de Pareto como sendo uma ferramenta gráfica que auxilia na identificação da relação causa e efeito. Sua análise ajuda na identificação dos principais problemas que afetam os processos de uma organização.

Ademais, Alonso (2021) explica que a ferramenta foi baseada no princípio de Pareto, no qual foi demonstrado que 80% dos efeitos são decorrentes de 20% das causas como é exemplificado na Figura 8.



Figura 8 – Exemplo de gráfico de Pareto
Fonte: Alonso, 2021.

3.3.1.5 Diagrama de causa e efeito

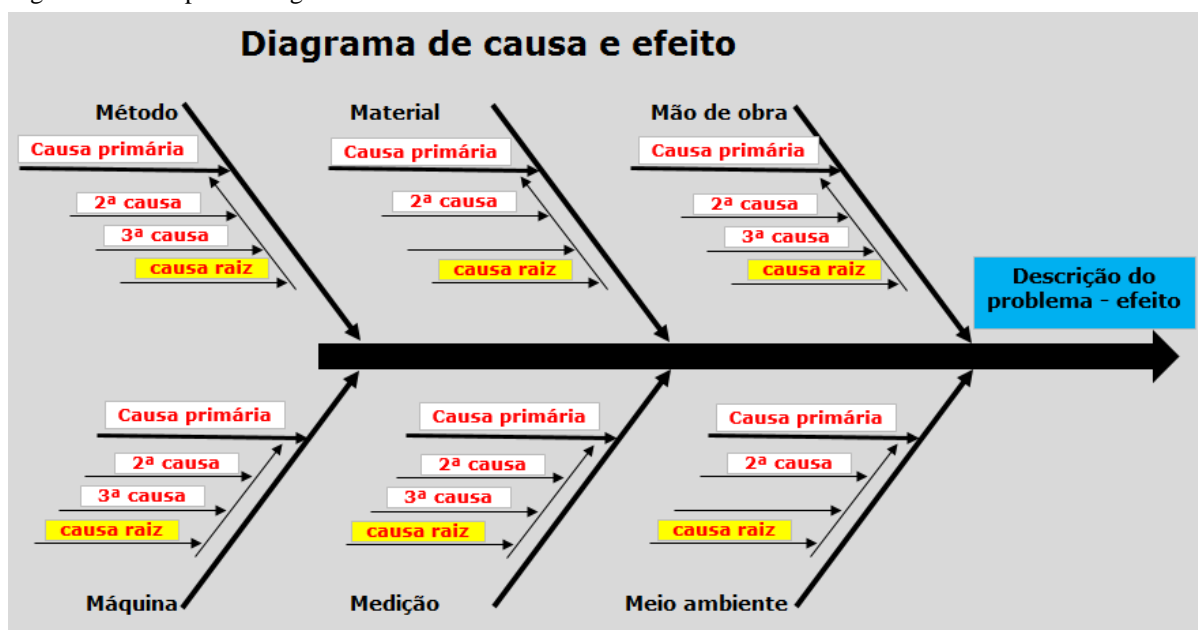
Conforme Almeida (2015) *apud* Rabelo (2021), o Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito) é uma ferramenta da qualidade usada para identificação e análise de problemas.

Segundo Xenos (2014), as falhas nos equipamentos raramente terão uma única causa fundamental e geralmente são decorrentes da interação de várias causas fundamentais menores. Devido a esse motivo, a investigação das causas fundamentais deve ser abrangente e levar em consideração diversos aspectos diferentes.

Nesse sentido, Bastiani (2018) classifica o Diagrama de Ishikawa como uma ferramenta da qualidade que auxilia o levantamento das causas raízes de um problema analisando os fatores que envolvem a realização de um processo.

Para Souza *et al.*, 2019, as palavras que aparecem nas pontas das ramificações do diagrama da Figura 9 são as famílias de causas, podendo ser classificadas como meio ambiente, matéria-prima, mão de obra, máquina, medida e método, também denominados 6M's.

Figura 9 – Exemplo de diagrama de causa e efeito.



Fonte: Blog Manutenção em Foco (2016).

Com base na Figura 9, Cyrino (2016) classifica as prováveis causas dos efeitos presentes na estrutura do diagrama de causa e efeito como sendo:

- Método: todas as causas envolvendo os métodos que estavam sendo utilizados na realização do trabalho;
- Material: causas que envolvem o material que estava sendo utilizado;
- Mão de obra: causas que envolvem os colaboradores (ex.: Ação insegura, procedimento inadequado, imprudência, imperícia);
- Máquina: causas envolvendo a máquina que estava em operação;
- Medida: causas que envolvem os instrumentos de medição, sua calibração e a eficiência dos indicadores em mostrar as variações dos resultados;

- Meio ambiente: causas que envolvem o meio ambiente (poeira, calor, poluição) ou ambiente de trabalho (*layout*, dimensionamento incorreto dos equipamentos, falta de espaço)

Além disso, Cyrino (2016) afirma que a partir de uma lista definida das possíveis causas, as que possuem maior probabilidade são selecionadas para uma melhor análise, sendo essa listagem realizada por meio de uma ferramenta denominada *Brainstorming*.

Desse modo, Bastiani (2018) ressalta as aplicações do Diagrama de Ishikawa, que são apresentadas a seguir:

- Amplia a visão das causas de um problema, enxergando-os de modo mais sistêmico e abrangente;
- Auxilia na visualização das causas principais e secundárias de um problema (efeito);
- Gera melhoria nos processos;
- Possibilita a identificação de soluções, levantando os recursos disponíveis pela empresa.

3.3.1.6 Árvore de Falhas (FTA)

Fogliatto e Ribeiro (2009) apontam que a FTA (*Failure Tree Analysis* ou Análise de Árvores de Falha) é uma técnica de confiabilidade que tem como finalidade:

- Partindo de um evento de topo, indesejado, identificar todas as combinações de causas que podem originá-lo;
 - Identificar a probabilidade de ocorrência dessas causas;
 - Priorizar ações que visam o bloqueio dessas causas.

Conforme Rocha (2019), o método inicia-se com uma falha particular do sistema a ser analisada, denominada por alguns autores como “evento todo” ou “evento resultante” e para a construção da árvore de falhas é utilizada a sequência de um sistema *top-down*, como mostrado na Figura 10, utilizando os símbolos representados na Figura 11.

Em complemento, segundo Vicente (2012), para a confecção da árvore é utilizada a lógica booleana (lógica E ou OU) para representar as combinações de falhas que levam ao

efeito. As ramificações do fluxograma são divididas até o momento em que o evento falha não pode ser mais desdobrado ou quando é decidido limitar a avaliação de um subsistema, chegando em um Evento Básico.

Desse modo, Scarpin *apud* Rocha (2019) afirmam que o uso da FTA juntamente com o FMEA é complementar, no qual a FTA traz informações necessárias para o FMEA facilitando a confecção do mesmo. Sendo assim, o FTA é uma ferramenta de otimização para o FMEA, uma vez que apresenta maior certeza no seu modo de falha.

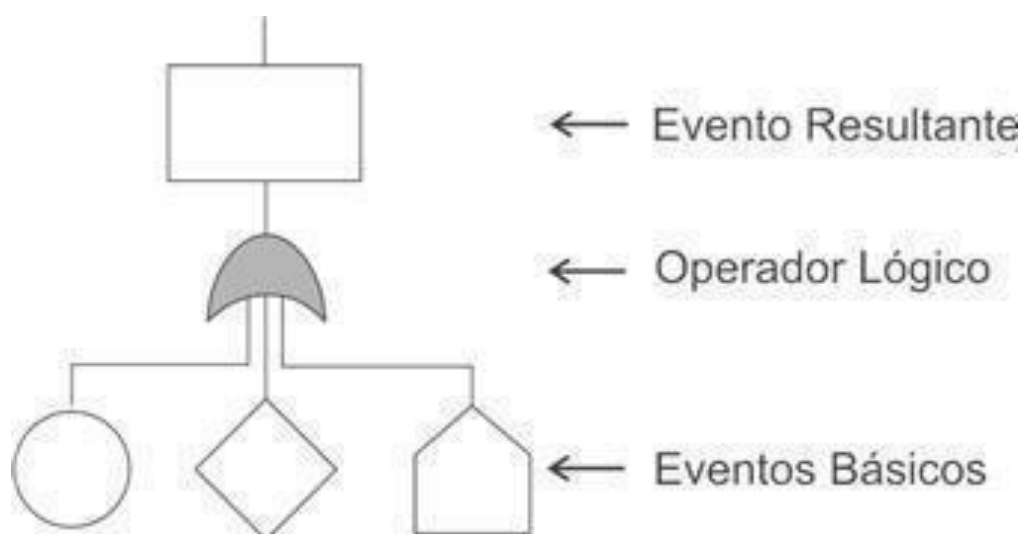


Figura 10 – Trecho de uma árvore de falha.
Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009).






	Retângulo	Evento que resulta da combinação de vários eventos básicos. Pode ser mais desenvolvido
	Círculo	Evento/Falta básica, que não requer maiores desenvolvimentos
	Casa	Um evento básico esperado de ocorrer em condições normais de operação
	Diamante	Como o retângulo, mas não há interesse ou não é possível desenvolvê-lo mais
	Triângulo	Símbolo de transferência

Figura 11 – Principais eventos utilizados em uma árvore de falhas.
Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009).

Ribeiro (2021) divide as etapas de confecção de uma FTA em:

- Definir o evento de topo: o evento de topo trata-se de um funcionamento anormal do sistema avaliado. Para sua definição, são necessários relatórios de falhas que ocorreram no campo e potenciais falhas;
- Entender o sistema: realizar a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do processo e seu sistema de funcionamento, desse modo é necessário um diagnóstico do objeto de estudo;
- Confeccionar a árvore de falhas: nessa etapa, utiliza-se todo o conhecimento adquirido sobre o sistema. Todas as informações serão reunidas de maneira a representar a inter-relação entre as partes que possam ocasionar o evento de topo;
- Avaliação da árvore de falhas: etapa que almeja o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo, ou seja, realização de análise qualitativa;
- Implementar ações corretivas: na etapa anterior, são identificados os itens do sistema que são de baixa confiabilidade que, por sua vez, aumentam a probabilidade de ocorrência do evento de topo. Este último passo tem como finalidade programar ações corretivas para aumentar a confiabilidade dos itens;

- Com relação aos símbolos necessários na construção da FTA, os mais utilizados são o círculo e retângulo. O círculo representa um evento de falha básica ou a falha de um componente elementar. O retângulo, por sua vez, representa um evento de falha que é resultado de uma combinação lógica de eventos de falhas.

Desse modo, Rocha (2019) afirma que o uso da FTA juntamente com o FMEA é complementar, no qual a FTA traz informações necessárias para o FMEA facilitando a confecção do mesmo. Sendo assim, a árvore de falhas é uma ferramenta de otimização para a Análise dos Modos e Efeitos de Falha, uma vez que apresenta maior certeza sobre seu modo de falha.

3.3.1.7 Histograma

Segundo Alonso (2021), o Histograma se apresenta como uma ferramenta visual que ajuda a analisar a frequência dos dados, possibilitando a identificação da distribuição em uma amostra. Essa ferramenta é representada por um gráfico de barras de fácil compreensão. Podendo ser usado, por exemplo, para verificação de produtos não conformes, para avaliar as divergências de medidas de um produto específico e também analisar a variável do tempo.

Nesse sentido, a Figura 12 apresenta um exemplo prático de utilização de um histograma em uma pesquisa de satisfação dos clientes em relação ao atendimento de uma empresa.



Figura 12 – Exemplo de aplicação do Histograma.
Fonte: Alonso, 2021.

3.3.1.8 Gráfico de Controle

Para Carpinetti (2012), o objetivo da utilização dos gráficos de controle ou cartas de controle é garantir que o processo opere na melhor condição. A partir das amostras coletadas são feitas as comparações entre as médias e amplitudes (diferença entre máximo e mínimo), que, por sua vez, indicam como o processo está variando.

Alonso (2021) afirma que a principal forma de elaborar um gráfico de controle é usando como base o desvio padrão de um determinado processo, no qual a variação de uma amostra pode ser até três vezes maior ou menor que o desvio padrão encontrado. Visualmente o Gráfico de Controle possui:

- Linha superior de controle: linha constante no gráfico que indica os limites máximos de controle em determinado processo;
- Linha inferior de controle: linha constante no gráfico que indica os limites mínimos de controle em determinado processo;
- Linha central: representa a variação ao longo de um período de tempo, podendo ser localizada abaixo da linha inferior de controle, acima da linha superior ou entre ambas. Quando é encontrada entre o limite superior e inferior demonstra que ocorreu um desvio padrão menor que as variações permitidas.

De acordo com Carpinetti (2012), quando são registradas a média e amplitude das amostras em gráficos nos quais os limites e a linha central correspondem ao modelo estatístico de variabilidade média, os pontos no gráfico distribuem-se aleatoriamente em torno da linha central e dentro dos limites definidos. Em contrapartida, quando o processo não encontra-se em controle estatístico, a distribuição dos pontos no gráfico apresentará pontos fora dos limites do gráfico com distribuição não aleatória.

Dessa maneira, Figura 13 apresenta um exemplo de um gráfico de controle:

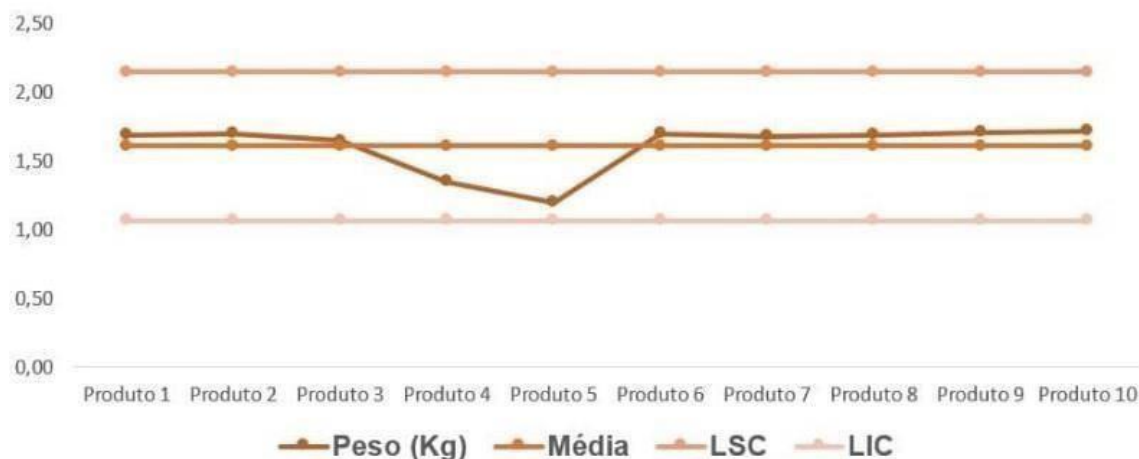


Figura 13 – Exemplo de um Gráfico de Controle.
Fonte: Alonso, 2021.

3.3.1.9 Brainstorming

Conforme Silva *et al.*, 2021, atualmente o conhecimento é considerado a matéria-prima para que as organizações permaneçam inseridas no mercado, e neste sentido, o *Brainstorming* assume uma posição estratégica ainda maior, por ser uma técnica de geração de ideias.

Ademais, Godinho (2012) afirma que a técnica de *Brainstorming* é muito utilizada para promover interação entre os membros do grupo de trabalho, uma vez que é desconsiderada a importância das ideias, de forma a incentivar todos os participantes a divulgarem suas ideias de forma descontraída e criativa, possibilitando a obtenção do maior número de soluções para um problema específico.

Para Farinazzo (2022), a dinâmica da utilização da técnica de *Brainstorming* pode ser apresentada da seguinte maneira:

- Explicação do problema;
- Anotação das ideias por parte de cada participante;
- Apresentação de ideias para o grupo;
- Agrupamento das ideias;
- Encerramento.

3.3.1.10 5W2H

De acordo com Grosbelli (2014), o 5W2H é uma ferramenta para elaboração de planos de ação que, por sua orientação a ação e objetividade, tem sido muito utilizada em análise de negócios, gestão de projetos, planejamento estratégico, elaboração de planos de negócio e outras disciplinas de gestão.

Na visão de Coutinho (2020), o 5W2H é uma ferramenta utilizada pra compreender uma oportunidade de melhoria ou elaborar uma estratégia para resolução de um problema sob diferentes pontos de vista por meio de sete perguntas. Com origem no Japão, foi designada inicialmente para projetos de gestão por profissionais que realizavam estudos de qualidade e, atualmente, é empregada nos mais variados projetos empresariais.

Segundo Silva (2019), essa metodologia consiste em um *checklist* que será executado para levantar atividades, prazos, responsabilidades e recursos quanto ao que será necessário fazer para solucionar determinado problema. Em complemento, Rabelo (2021) descreve que a simbologia dessa metodologia, representada na Tabela 2, pode ser descrita da seguinte maneira:

- *What* (O quê?): aqui, deverá ser registrada a descrição do que se trata o problema, qual o objetivo do projeto e/ou mesmo a meta de melhoria que está sendo proposta para alcançar;
- *Where* (Onde?): neste campo, deve ser apontada a informação do local envolvido pelo problema, ou seja, onde ele está inserido, seja um setor específico ou até mesmo em qual operação ou máquina de produção ele atua;
- *When* (Quando?): a informação é ligada ao tempo, ou seja, desde quando o problema ocorre e qual o prazo para resolução, assim como também as datas de entrega e o cronograma para cumprir o objetivo do projeto;
- *Why* (Por quê?): nessa etapa, é necessário que seja inserido o motivo pelo qual resolver este problema ou atingir a meta proposta é importante, isto é, sob quais aspectos financeiros e qualitativos vale a pena seguir com a resolução deste problema e/ou com o alcance desta meta;
- *Who* (Quem?): quem é ou são os responsáveis por solucionar o problema ou oportunidade de melhoria, qual a equipe destinada a resolvê-lo e quem são os clientes internos ou externos são algumas das formas de responder este campo;

- *How* (Como?): como funciona o processo no qual o problema é relatado é a pergunta a ser respondida, ou seja, quais as atividades, etapas e variáveis pertinentes que podem afetá-lo;
- *How much* (Quanto?): aqui, a informação pode ser ligada a quantidade e acusto, ou seja, quanto este problema já gerou de gastos para a área envolvida e/ou para toda a empresa, de quanto é o investimento necessário para resolvê-lo, assim como também qual a quantidade de processos e produtos que ele já afetou.

Tabela 2 – Método 5W2H

Método 5W2H			
5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por quê?	Por quê a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How Much	Quanto Custa?	Quanto custará para executar a ação?

Fonte: Grosbelli, 2014.

3.4 Ciclo PDCA

Para Alves (2015) o Ciclo PDCA é um modelo gerencial que tem como objetivo aprimorar e controlar de forma contínua os processos e produtos. Ele também é conhecido como ciclo de Shewhart ou ciclo Deming, pois foi apresentado em 1930 por Walter Shewhart como um ciclo aplicável à gestão da qualidade.

O ciclo PDCA é definido por Xenos (2014) como o método universal para atingir metas, o qual é dividido em quatro etapas distintas ilustradas pela Figura 14: Planejamento (*Plan*), Execução (*Do*), Verificação (*Check*) e Atuação (*Action*).

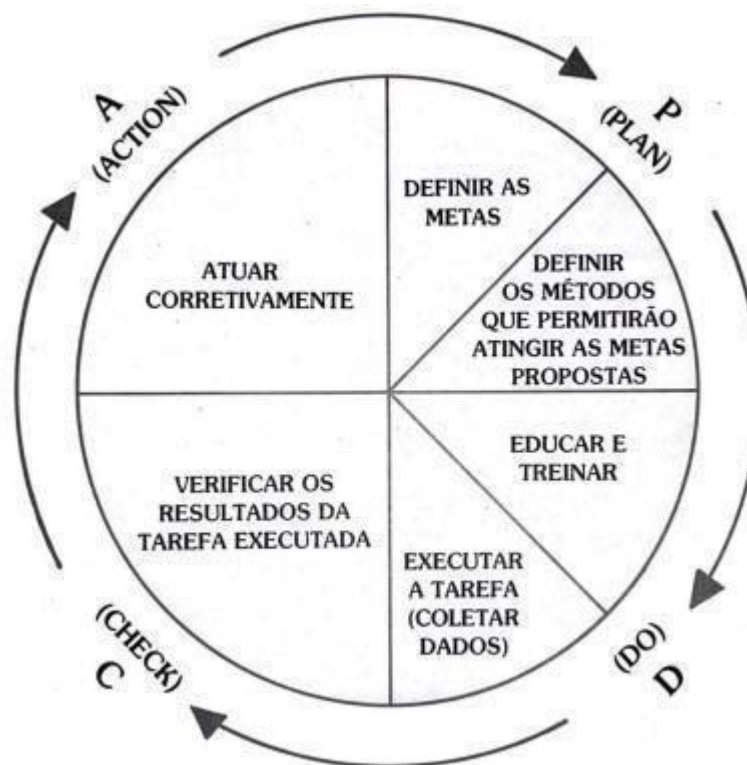


Figura 14 – Ciclo PDCA.
 Fonte: Falconi (1989) *apud* Chaves (2023).

Ribeiro (2021) afirma que cada etapa representa um conjunto de procedimentos diferentes. Entretanto, todos possuem o objetivo principal de obter a melhoria contínua. Esse modelo gerencial deve ser aplicado ininterruptamente, uma vez que só assim acontecerá a garantia de melhores resultados. Esse modelo é iterativo e possibilita aprimorar os resultados obtidos no ciclo anterior.

Conforme Xenos (2014), as etapas consistem em:

- Planejamento (*PLAN*) - estabelecer metas e métodos para alcançá-las;
- Execução (*DO*) - orientar as pessoas envolvidas nos métodos que serão utilizados;
- Verificação (*CHECK*) - verificar o progresso dos resultados do trabalho executado;
- Atuação (*ACTION*) - atuar no processo visando corrigir resultados que não estão evoluindo em direção à meta.

3.4.1 *Plan* - Planejamento

De acordo com Vicente (2021), na etapa de planejamento são realizados procedimentos para identificar o problema, reconhecer as características do mesmo e descobrir suas principais causas (Diagrama de *Ishikawa*) e criação de um plano de ação com as contramedidas às causas principais.

Segundo Alves (2015) a etapa *Plan* pode ser subdividida em cinco etapas, sendo elas:

- Identificação do problema: é realizada todas as vezes que a empresa se depara com um resultado (efeito) indesejado, gerado por um processo (conjunto de causas);
- Estabelecer meta: o problema será sempre a meta a se alcançar, sendo o conceito de meta definido a partir da diferença entre o resultado atual e o valor desejado. Toda meta a ser definida deverá ser constituída de três partes – objetivo gerencial, prazo e valor;
- Análise do fenômeno: análise detalhada do problema detectado e suas características, por meio de fatos e dados coletados;
- Análise do processo (causas): buscar as causas mais importantes que provocam a ocorrência do problema, por meio da análise das características importantes;
- Plano de ação: é o produto de todo processo referente à etapa *PLAN* na qual estão contidas todas as ações que serão tomadas para atingir a meta proposta inicialmente.

3.4.2 *Do* - Execução

Andrade (2003) afirma que para garantir uma execução adequada dessa etapa, é essencial ter um plano de ação bem elaborado na etapa *Plan*. Nessa etapa, o foco está direcionado para a implementação e seguimento do plano de ação de maneira organizada, progressiva e ordenada, buscando alcançar a máxima eficiência possível.

Além disso, segundo Vicente (2021), é essencial que o plano de ação seja compartilhado com toda a equipe, de maneira que todos compreendam suas responsabilidades e os resultados esperados. Em grande parte dos casos, torna-se necessário realizar o

treinamento dos funcionários para que possam executar as ações de maneira mais correta.

3.4.3 *Check* – Verificação

De acordo com Machado (2007), na etapa de verificação, os dados coletados na fase de execução são utilizados para comparar o resultado alcançado com a meta estabelecida. Caso a meta não tenha sido alcançada, é necessário retornar à fase de observação do planejamento, analisar novamente o problema e elaborar um novo plano de ação.

3.4.4 *Action* – Atuação

Segundo Andrade (2003), as ações nessa fase devem ser baseadas nos resultados obtidos na fase anterior, *Check*, na expectativa de padronizar essas ações para serem usadas em situações semelhantes.

Nessa etapa, é imprescindível estabelecer um novo padrão de processo ou modificar o padrão já existente. Essa alteração geralmente requer um novo treinamento da equipe e verificação constante da implementação desses padrões. Sendo assim, é importante realizar o acompanhamento do processo até que novos padrões sejam consolidados. Os funcionários devem compreender que a mudança é necessária e se adequar a essa nova rotina (VICENTE, 2021).

4 METODOLOGIA

No presente capítulo serão descritas as características do desenvolvimento da pesquisa, com o objetivo de determinar sua natureza e classificação, a área da pesquisa, método e instrumentos de coleta de dados utilizados, assim como as variáveis e indicadores adotados, para que possam ser utilizadas como ferramentas de tabulação e análise dos dados.

4.1 Tipo de Pesquisa

Gil (2008) classifica os tipos de pesquisas com base em seus objetivos gerais, sendo possível defini-las da seguinte maneira:

- Pesquisa descritiva: O objetivo principal é descrever as características de uma determinada população ou fenômeno, estabelecendo relação entre as variáveis;
- Pesquisa exploratória: Tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, tornando-o mais claro e evidente, ou desenvolver hipóteses a respeito dele;
- Pesquisa explicativa: O objetivo dessa abordagem é justificar motivos e proporcionar compreensão a respeito de algo, buscando estabelecer os fatores determinantes relacionados à ocorrência de um fenômeno específico.

Já quanto a forma de abordagem, Lakatos e Markoni (2001) afirmam que uma pesquisa pode ser classificada como:

- Quantitativa: Consiste em investigações de pesquisa empírica cujo principal propósito é o delineamento ou análise das características de fatos ou fenômenos, avaliar programas ou isolar variáveis principais;
- Qualitativa: Essa abordagem dá prioridade à relação entre o contexto e ação, adotando um método indutivo que busca conectar a teoria aos fatos com base na ocorrência de episódios e sua subsequente interpretação e descrição. (Nakanoe Berto, 2000)

Por fim, em relação aos procedimentos técnicos, entre as várias classificações possíveis, pode-se categorizar uma pesquisa como:

- Pesquisa bibliográfica: De acordo com Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já elaborados, principalmente constituídos por livros e artigos científicos. Conforme Lakatos e Marconi (2001), a pesquisa bibliográfica visa colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre um determinado assunto;
- Pesquisa Documental: Para Gil (2008), a pesquisa documental apresenta semelhanças com a pesquisa bibliográfica, porém difere na natureza das fontes utilizadas. Enquanto a pesquisa bibliográfica utiliza materiais já tratados e analisados, como livros e artigos científicos, a pesquisa documental utiliza materiais que não receberam tratamento analítico, como documentos e relatórios de empresas;
- Pesquisa experimental: Segundo Gil (2008), nesse tipo de pesquisa, ao utilizar variáveis capazes de promover mudanças no objeto de estudo, são estabelecidas formas de controle e observação dos efeitos gerados sobre o objeto;
- Pesquisa Ação: Conforme Gil (2008), a pesquisa ação é um tipo de um método fundamentado em evidências empíricas, concebido e executado em estreita colaboração com uma ação específica ou a resolução de um problema coletivo. Nesse tipo de pesquisa, os pesquisadores e os participantes, que são representativos da situação ou do problema em questão, envolvem-se de maneira cooperativa e participativa.
- Levantamento: É um método de pesquisa obtido por meio de entrevistas diretas com pessoas, sendo muito útil para o estudo de comportamentos. Geralmente, utiliza-se análise quantitativa para tirar conclusões sobre os dados coletados, sendo exemplo desse tipo de pesquisa o censo demográfico (Gil, 2008);
- Estudo de campo: Para Lakatos e Marconi (2001), o estudo de campo consiste na observação de fatos de fenômenos exatamente como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados relacionados a eles e no registro das variáveis consideradas relevantes para posterior análise.
- Estudo de caso: Gil (2008) classifica o estudo de caso como sendo um estudo profundo e abrangente de um ou poucos objetos, visando adquirir um amplo e detalhado conhecimento sobre eles.

Dessa maneira, classifica-se esse trabalho como sendo de natureza qualitativa e quantitativa. Pode ser caracterizado como qualitativa por utilizar a pesquisa, bibliografia exploratória e descritiva. É definida como quantitativa por usar as ferramentas estatísticas para análise. Como técnica, na abordagem apresentada, esta pesquisa pode ser definida como pesquisa ação.

4.2 Materiais e Métodos

A Tabela 3 apresenta as etapas do desenvolvimento da pesquisa, na qual os passos são mostrados nas sequências a serem seguidas, conforme realizado neste trabalho até que se chegasse à conclusão final.

Tabela 3 – Materiais e métodos.

ETAPAS DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA AÇÃO	
1º	Definição do processo operacional
2º	Definição da estrutura conceitual teórica
3º	Coleta de Dados
4º	Análise de Dados
5º	Aplicação das ferramentas, métodos e técnicas do modelo gerencial PDCA

Fonte: Próprio Autor (2023).

A primeira etapa foi identificar e definir o processo operacional, de forma que fosse possível entender sua dinâmica.

Na segunda etapa, fez-se necessário realizar uma revisão bibliográfica sobre manutenção e métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, utilizados no modelo gerencial PDCA.

Feito isso, para a coleta de dados foram utilizados os métodos de pesquisa documental, bibliográfica e entrevistas não estruturadas. Os dados foram coletados durante o período de realização da pesquisa via sistema de planejamento e controle da manutenção da empresa intitulado *Keepfy*.

Após a coleta de dados, os mesmos foram analisados pelos responsáveis do setor de manutenção e, a partir das análises realizadas, foi possível avaliar os pontos de oportunidade de melhoria no processo de manutenção corretiva.

Por fim, foram aplicados os métodos, técnicas e ferramentas da qualidade utilizando o modelo PDCA de melhoria no processo de manutenção corretiva.

4.3 Variáveis e Indicadores

Conforme Gil (2008), o termo variável é amplamente empregado entre os pesquisadores e refere-se a qualquer elemento que assume diferentes valores em determinadas circunstâncias.

Ao abordar o conceito de variável, Gil (2008) destaca a importância de identificar e definir as variáveis relacionadas a um objeto especificado, de forma que seja possível determinar as maneiras de controle e observação desse objeto de estudo. Isso implica em compreender quais fatores podem influenciar os resultados da pesquisa e como eles se comportam sob diferentes condições.

Na Tabela 4 é possível observar os indicadores das variáveis: FMEA, Gráfico de Pareto e Manutenção Corretiva, que são os principais pontos nesta pesquisa. Os indicadores mencionados foram fundamentais para orientar o desenvolvimento dos estudos.

Tabela 4 – Variáveis e indicadores.

Variáveis	Indicadores
FMEA (RPN)	Ocorrência
	Detecção
	Severidade
Manutenção Corretiva	Ordens de Serviço
	<i>Mean Time to Repair – MTTR</i>
	<i>Mean Time Between Failure - MTBF</i>
Controle de Estoque	Número de componentes mais substituídos

Fonte: Próprio Autor (2023).

4.4 Instrumento de Coleta de Dados

Esta etapa consistiu em determinar os instrumentos utilizados para a pesquisa executada.

Neste trabalho os dados foram coletados por meio do *software* de manutenção utilizado na empresa em questão, denominado *Keepfy*, cuja interface é apresentada na Figura 15.

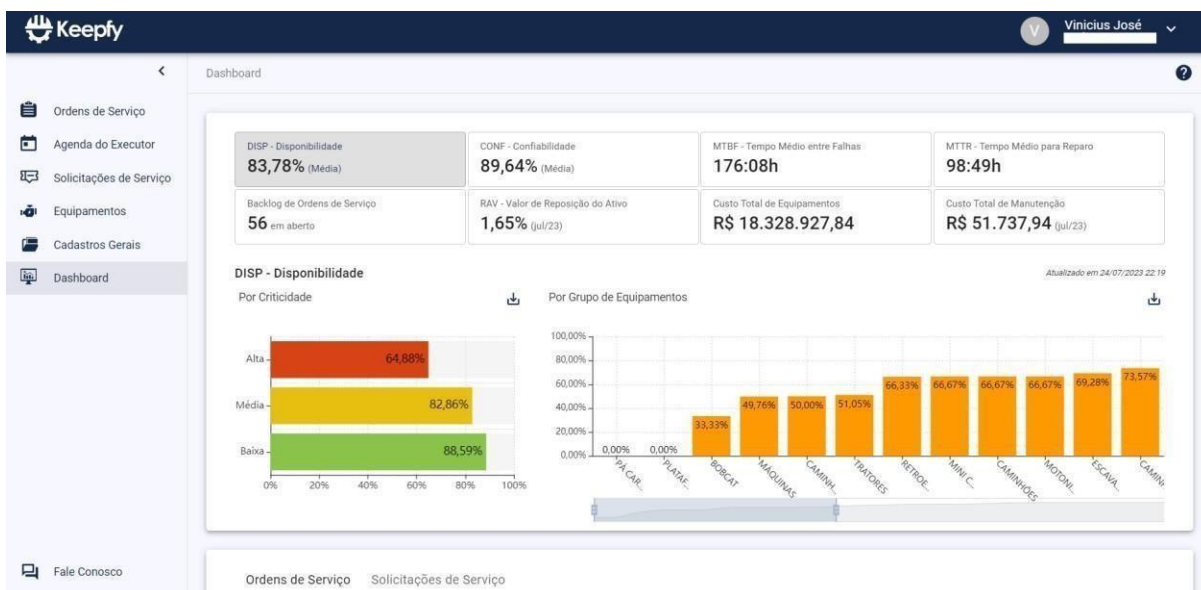


Figura 15 - Tela sistema *Keepfy*.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Por meio do sistema demonstrado pela Figura 15, foi possível extrair os dados de manutenção de todos os equipamentos móveis de alta criticidade da frota, além de possibilitar a visualização de outros indicadores como: tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo, percentual de disponibilidade física, histórico de manutenções corretivas e recursos utilizados em cada ordem de serviço.

4.5 Tabulação e Análise dos Dados

A tabulação dos dados foi realizada por meio do *software Microsoft Excel*, no qual foram confeccionadas tabelas e gráficos, a fim de permitir uma melhor visualização das informações a serem analisadas. O registro dos dados foi feito no *Microsoft Word*. Ademais, para desenvolver os sistemas aplicados a pesquisa ação foi utilizado o aplicativo *Appsheets* da empresa *Google*.

4.6 Considerações Finais

O presente capítulo apresentou uma descrição completa da metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho. Foram apresentados o tipo de pesquisa e a metodologia aplicada, bem como as variáveis e indicadores a serem analisados. Ademais, foram detalhados os instrumentos utilizados para a coleta de dados e a análise e, por fim, descreveu-se a coleta e tabulação de dados.

5 PESQUISA AÇÃO

A empresa utilizada como área do estudo, para análise real dos dados, atua no mercado nos setores de Engenharia Civil e Logística, localizada no interior de Minas Gerais. A empresa tem como principais atividades: construção civil, logística, locação de equipamentos, restauração e terraplenagem. Na região de atuação, existem diversas empresas da área da mineração e da siderurgia que, por sua vez, têm como demanda projetos estruturais internos, nos quais surge a necessidade da contratação de terceirizadas.

Nesse contexto, torna-se imprescindível a disponibilidade física dos equipamentos utilizados nas atividades dos processos no sistema produtivo, que é interdependente do setor de manutenção, uma vez que o mesmo atua executando as corretivas e preventivas conforme a demanda. Esse processo ocorre na central de logística da empresa cujo organograma é mostrado na Figura 16.

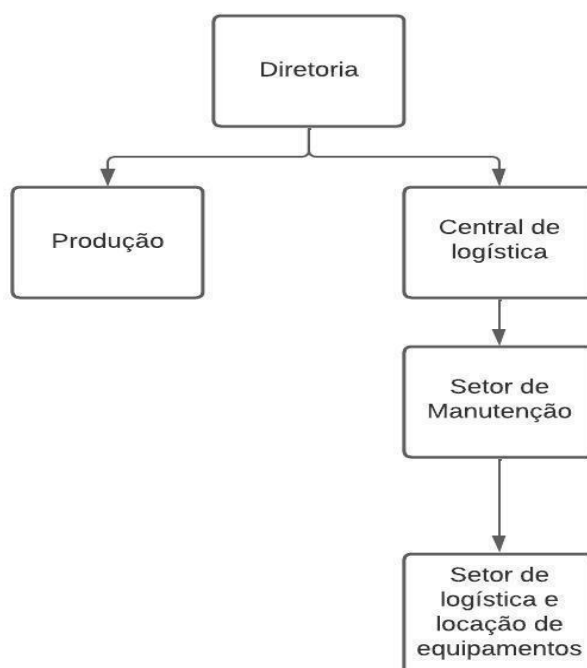


Figura 16 - Organograma da empresa.
Fonte: Próprio Autor (2023).

A diretoria é responsável por assinar os contratos e repassar ao supervisor da central de logística os equipamentos que serão mobilizados para as obras. Esse, por sua vez, delega as funções para todas as frentes ligadas ao serviço. A Figura 17, por sua vez, ilustra o organograma do setor de manutenção.

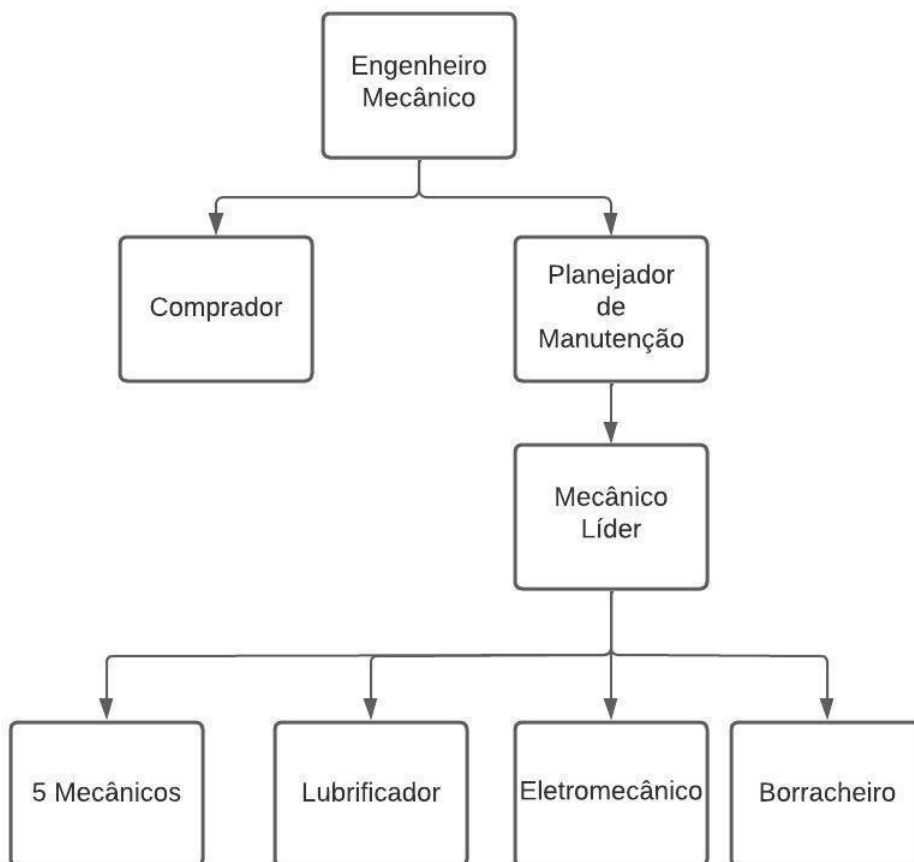


Figura 17 – Organograma do Setor de Manutenção.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Conforme a Figura 17 apresenta, as demandas do setor chegam primeiramente ao Engenheiro Mecânico, que as repassa ao planejador de manutenção e ao comprador, para que sejam distribuídos os serviços aos mecânicos e sejam alinhados aos pedidos de peças. Dentro da oficina existem um mecânico líder, cinco mecânicos técnicos, um eletromecânico, um borracheiro e um lubrificador. Juntamente com os membros citados anteriormente, esses colaboradores formam a equipe responsável por manter a organização do setor de manutenção da empresa.

A partir do organograma da Figura 17, um problema identificado foi a falta de aplicação de um modelo gerencial que provocasse a melhoria contínua do processo de

manutenção, justificada pela demanda de alto desempenho e disponibilidade de máquinas e dos veículos.

Dessa maneira, o item 4.1 apresenta os resultados e discussões da contribuição da aplicação do PDCA para o processo de manutenção corretiva dos equipamentos móveis.

5.1 Resultados e Discussão

Para que fossem alcançados os objetivos geral e específicos propostos, foi iniciada a aplicação do modelo gerencial PDCA. A primeira ferramenta utilizada na etapa PLAN foi a ferramenta da qualidade fluxograma, para mapear o processo e identificar as oportunidades de melhoria na execução da manutenção corretiva a partir da identificação das falhas, conforme apresentado pela Figura 18.

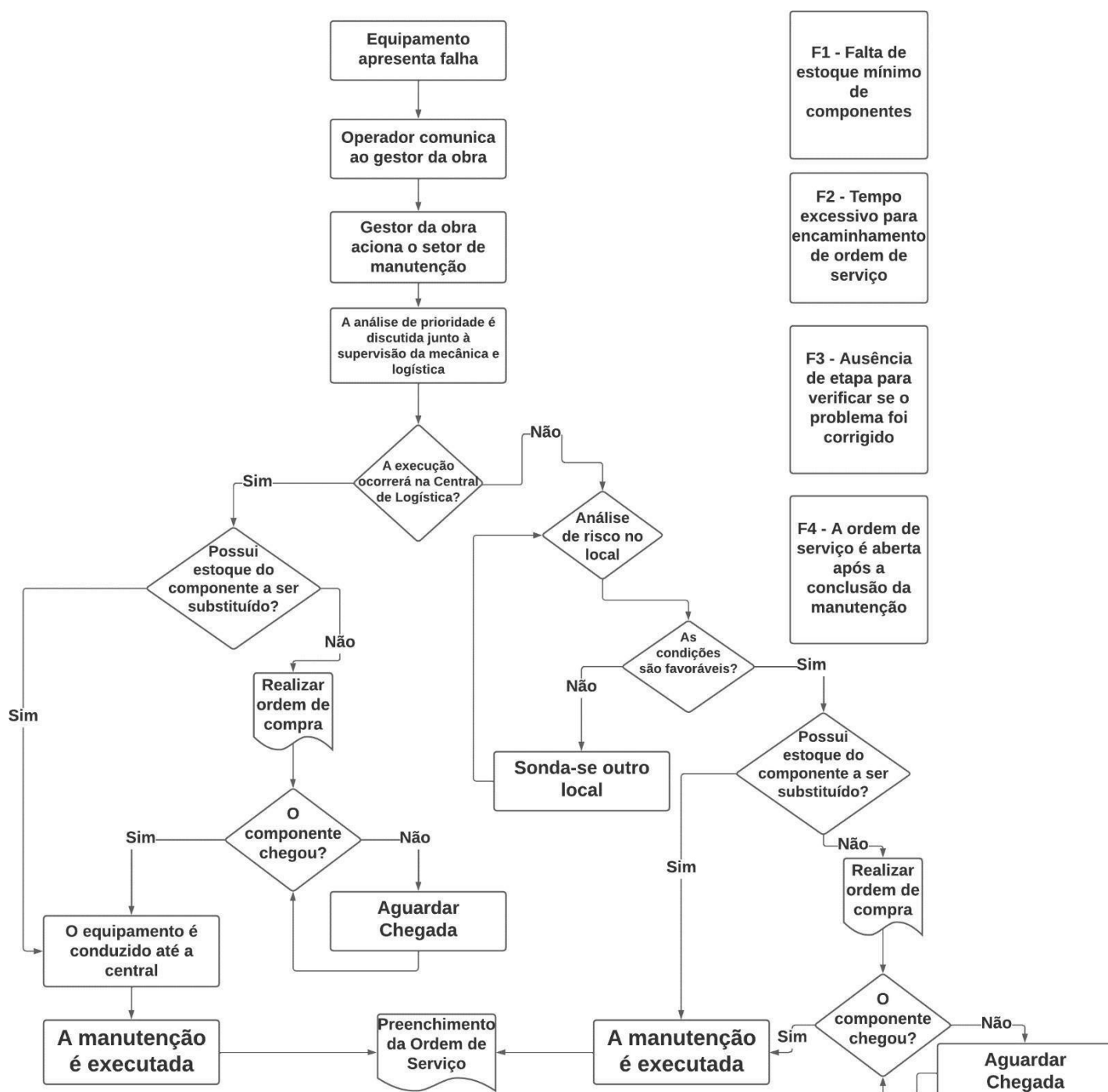


Figura 18– Mapa do processo de manutenção corretiva e identificação das falhas.Fonte: Próprio Autor (2023).

Após a identificação das falhas no fluxograma apresentado na Figura 18, foi aplicado o método FMEA – Análise dos modos e efeitos de falha, para análise do risco de cada falha e a priorização da falha por meio do cálculo do RPN- *Risk Priority Number*. A Tabela 5 mostra a análise dos modos de falha, a avaliação, classificação dos riscos e aperfeiçoamentos no processo de manutenção corretiva, previstos na técnica 5W2H, denominada Plano de Ação.

Tabela 5 – FMEA do processo de manutenção corretiva.

Análise de falhas				Análise de Risco					Otimização						
Modo de falha (MF)	Efeito da Falha (EF)	Severidade da Falha	Causa da Falha (CF)	Ocorrência do (CF)	Controle de prevenção	Controle de Detecção (MF) / (CF)	Detecção (MF) / (CF)	RPN	PFMEAAP	Responsável	Ação tomada	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN
Ausência de estoque mínimo de componentes críticos	Aumento de MTTR por falta de componente em estoque	9	Falta de controle de estoque	10	N/C	N/C	7	630	Setor de Manutenções	Planejador de Manutenção	Inserção do controle de estoque mínimo de componentes	2	2	1	4
Tempo excessivo para encaminhamento da ordem de serviço	Aumento do <i>backlog</i> das ordens de serviço	7	Atraso na entrega de ordens de serviço devido ao preenchimento manual e em área de operação	8	N/C	N/C	7	392	Setor de Manutenções	Planejador de Manutenção	Implementação de um sistema que permite que as ordens de serviço sejam preenchidas em tempo real via celular	2	2	1	4
Ausência de checklist após manutenção corretiva	Retrabalho após manutenção corretiva	8	Falta de inspeção após execução da corretiva	7	N/C	N/C	6	336	Setor de Manutenções	Planejador de Manutenção	Implementação de uma etapa de inspeção após a realização da manutenção corretiva	5	5	3	75
A ordem de serviço é aberta após a conclusão da manutenção	Falta de controle das ordens de serviço	7	Problema no procedimento operacional padrão	8	N/C	N/C	4	224	Setor de Manutenções	Planejador de Manutenção	Alteração do fluxograma, colocando implementando a abertura da ordem de serviço na quinta etapa	2	2	1	4

Fonte: Próprio Autor (2023)

É possível observar na Tabela 5 as principais falhas identificadas no processo. O RPN, por sua vez, indica o número de risco para o processo e a necessidade de priorizar a falha com maior RPN. Nesse sentido, o maior valor dessa variável era a ausência de estoque mínimo dos componentes a serem substituídos nos equipamentos, já que a falta de uma peça a ser trocada aumentava o tempo médio de reparo do equipamento (MTTR) e diminuía sua disponibilidade física.

A segunda prioridade foi dada pelo tempo excessivo em que as ordens de serviços eram encaminhadas, uma vez que ocorriam atrasos na entrega das mesmas, que eram geradas pelo preenchimento manual em área de operação, ocasionando, assim, o aumento do *backlog* das ordens, o que implicava em uma maior dificuldade na obtenção e tratamento dos dados de manutenção.

A ausência do *checklist* após a manutenção corretiva, apontada pelo terceiro maior valor de RPN, foi avaliada como uma das principais causas de retrabalho do processo, dado que, após poucas horas de operação, algumas máquinas falhavam e esse fator impactava negativamente na produção e nos indicadores.

Por fim, a abertura da ordem de serviço após a execução do mesmo gerava a falta de controle do processo, uma vez que a ausência de um procedimento operacional padrão fazia com que o fluxo de informações sobre a rotina de manutenção fosse prejudicado.

Neste contexto, a segunda etapa da fase de planejamento para resolução das falhas apontadas no FMEA foi a utilização da técnica 5W2H para que fosse possível traçar um plano de ação sólido, no qual se fizeram explícitos quem executaria cada uma das etapas, o que seria realizado, o motivo, quando, onde, como e quanto custaria. Sendo assim, a Tabela 6 apresenta a aplicação desta técnica.

Tabela 6 – 5W2H do processo de manutenção corretiva.

Plano de Ação						
5W					2H	
O que?	Porque?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto Custa?
Inserção do controle de estoque mínimo dos componentes	O estoque mínimo de componentes críticos faz com que o MTTR reduza e a disponibilidade física aumente	Setor de Compras da Manutenção	Planejador de manutenção / Comprador do setor de Manutenção	02/01/2024	Inserção do controle de estoque mínimo de componentes	Não envolve gastos
Implementação de um sistema que permite que as ordens de serviço sejam preenchidas em tempo real via celular	Reduz o <i>backlog</i> das ordens de serviço facilitando seu recebimento e a gestão dos dados	Setor de Manutenção	Planejador de Manutenção / Mecânico	05/07/2023	Implementação de um aplicativo que permite que as ordens de serviço sejam enviadas diretamente do celular	Não envolve gastos
Implementação de uma etapa de inspeção após a realização da manutenção corretiva	Reduz as chances de retrabalho de manutenção após a execução da mesma	Setor de Manutenção	Planejador de Manutenção / Mecânico	10/08/2023	Preenchimento de <i>Checklist</i> após execução do serviço	Não envolve gastos
Alteração do fluxograma, implementando a abertura da ordem de serviço na quinta etapa	Aumenta o controle e facilita o acompanhamento dos processos de manutenção corretiva	Setor de Manutenção	Planejador de manutenção / Supervisor de Qualidade	15/01/2024	Abertura de registro de não conformidade para alteração do procedimento padrão	Não envolve gastos

Fonte: Próprio Autor (2023)

É possível observar que, a partir dos dados da Tabela 6 pode-se planejar de forma adequada as ações que serão executadas para melhoria do processo, elaborando um plano de ação para mapeamento das atividades, no qual as ações não tiveram gastos envolvidos.

O primeiro passo foi a criação de um formulário de estoque mínimo, no qual foi utilizado o programa de manutenção *Keepfy* para identificar, por meio dos dados fornecidos tratados no *Microsoft Excel*, quais as manutenções corretivas eram mais recorrentes e conseqüentemente quais eram os componentes mais substituídos nos equipamentos móveis. Sendo assim, a Figura 19 demonstra o gráfico de peças que foram mais substituídas.

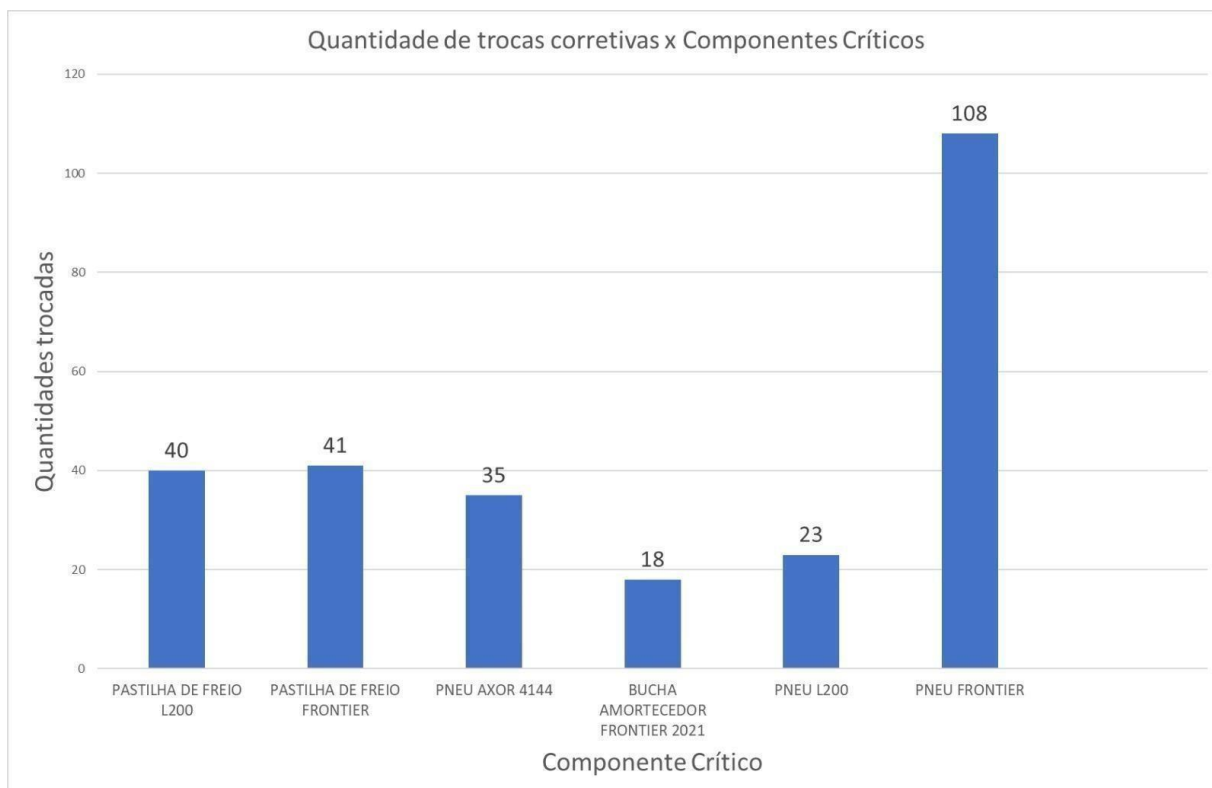


Figura 19 – Gráfico de trocas corretivas de componentes críticos.
Fonte: Próprio Autor (2023).

É possível observar na Figura 19 a relação dos componentes mais substituídos e suas respectivas aplicações. Com base no gráfico e a partir de uma entrevista técnica com o Comprador do setor de manutenção, foi possível estabelecer, utilizando como base o número de corretivas e na experiência dos envolvidos, as quantidades mínimas de estoque para cada um desses componentes os quais passam a ser controlados por meio de um programa criado via *Appsheet*, que possibilitou a criação de uma ferramenta visual e de simples utilização.

Desse modo, as Figuras 20 e 21 mostram as quantidades de estoque mínimo estabelecidas e o programa desenvolvido pelo Planejador de manutenção.

Figura 20 – Formulário de inserção de dados do sistema de estoque da manutenção.
Fonte: Próprio Autor (2023).

A Figura 20 apresenta o formulário de entrada do aplicativo de controle de estoque do setor de manutenção, no qual constam as informações de data, ação, descrição do item adicionado, aplicação dos itens, sessão do estoque e a quantidade.

Itens	Entradas	Saídas	Total em estoque	Histórico
PASTILHA DE FREIO L200	10	0	10	Histórico (1)
PASTILHA DE FREIO FRONTIER	10	0	10	Histórico (1)
PNEU AXOR 4144	8	0	8	Histórico (1)
BUCHA AMORTECEDOR FRONT...	6	0	6	Histórico (1)
PNEU L200	4	0	4	Histórico (1)
PNEU FRONTIER	8	0	8	Histórico (1)

Figura 21– Aba de acompanhamento de estoque da manutenção.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Na Figura 21 é possível visualizar os componentes mínimos de estoque inseridos no programa. As quantidades são justificadas pelo número de caminhões do modelo Axor4144

da Mercedes Benz e as caminhonetes L200 da Mitsubishi e Frontier da Nissan que, por sua vez, representam a maioria dos veículos da frota da empresa.

A segunda falha com maior RPN apontada pelo FMEA, foi o tempo excessivo para encaminhamento das ordens de serviço, o que impactava diretamente na análise das informações sobre as manutenções executadas, as quais alimentam o sistema de planejamento e controle da manutenção que também calculava os seus respectivos indicadores.

O tempo excessivo para recebimento de uma ordem de serviço preenchida era justificado pelo fato dos equipamentos serem locados para obras nas empresas nas quais eram prestados os serviços, o que acarretava a necessidade de deslocamento dos mecânicos, fazendo com que, em grande parte das vezes, o *backlog* (tempo entre abertura e fechamento) mínimo fosse de vinte e quatro horas.

Nesse sentido, para sanar essa falha, foi desenvolvido um aplicativo de celular por meio do *AppSheet*, que permite que os mecânicos enviem a conclusão da ordem de serviço e todos os dados envolvidos de maneira remota, possibilitando a redução do tempo excessivo para que as informações chegassem até o planejador de manutenção e aumentando a versatilidade do processo, uma vez que o programa é de fácil utilização e intuitivo. Desse modo, as Figuras 22 a 24 ilustram o aplicativo no celular.

Colaborador*

Equipamento*

Tipo de manutenção*

Motivo*

Ações Tomadas*

Recursos utilizados*

Figura 22 - Aplicativo de celular para apontamento de ordens de serviço.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Tipo de Contador*

Horímetro (Horas)

Hodômetro (Quilometragem)

Contador*

0 - +

Data*

12 Dec 2023

Horário de início*

Horário de Término*

12 Dec 2023 12:14

Foto do equipamento*



Figura 23 – Aplicativo de celular para apontamento de ordens de serviço.
Fonte: Próprio Autor (2023).

As Figuras 23 e 24 apresentam o formulário de entrada do aplicativo de apontamento de ordens de serviço, no qual constam as informações: colaborador que executou o serviço, o equipamento que necessitou de manutenção corretiva, o motivo que gerou a corretiva, as ações tomadas, os recursos utilizados e o início e término do processo.



Figura 24 - Detalhamento de ordens de serviço no aplicativo.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Como mostrado na Figura 24, o aplicativo permitiu que todas as informações referentes a um serviço executado fossem fornecidas em tempo real, facilitando o tratamento desses dados e inserção dos mesmos no programa de planejamento e controle da manutenção.

Com base no plano de ação elaborado utilizando a técnica 5W2H, a terceira ação a ser executada foi a inserção de uma etapa de inspeção após a execução da manutenção corretiva, a fim de evitar que ocorressem retrabalhos.

Nesse sentido, para realizar esse procedimento, foram realizadas entrevistas técnicas não estruturadas com os mecânicos e consultados os manuais dos principais ativos da frota sendo eles: caminhonetes 4x4, caminhões e equipamentos móveis de linha amarela, fazendo com que fosse possível desenvolver um *checklist* padrão para os mesmos. Desse modo, as Figuras 25 a 27 apresentam os itens padrão de inspeção para as máquinas e veículos.

- VERIFICAR E CORRIGIR TENSÃO/ESTADO DA CORREIA DA VENTONHA (MOTOR)
- VERIFICAR ESTADO DAS MANGUEIRAS (MOTOR)
- NÍVEL DE ÓLEO DA TRANSMISSÃO (TRANSMISSÃO)
- VERIFICAR CILINDROS HIDRÁULICOS (ESTADO DA CRONAGEM) (SISTEMA HIDRÁULICO)
- VERIFICAR NÍVEL DE FLUIDO DO SISTEMA DE FREIOS (FREIOS)
- VERIFICAR FREIO DO ESTACIONAMENTO (FREIOS)
- LUBRIFICAR PINOS E BUCHAS
- VERIFICAR MATERIAL RODANTE
- VERIFICAR ENGATE DA TRAVA DA CONCHA OU LÂMINA
- VERIFICAR ESTADO DA CONCHA
- VERIFICAR ESTADO DA LÂMINA
- VERIFICAR ESTADO DOS PNEUS
- VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Figura 25 - *Checklist* para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de máquinas.
Fonte: Próprio Autor (2023).

- VERIFICAR CORREIAS DE ACIONAMENTO
- VERIFICAR VAZAMENTOS E NÍVEL DE ÓLEO EMBREAGEM
- VERIFICAR VAZAMENTOS E NÍVEL DO FLUIDO DO FREIO
- VERIFICAR SISTEMA DE FREIO
- VERIFICAÇÃO E AJUSTE DO FREIO (FREIOS)
- VERIFICAR SISTEMA DE TRANSMISSÃO DA CAIXA DE MARCHA (EMBLEAGEM)
- VERIFICAR TRINCAS NAS MOLAS E ESTADO DOS PARAFUSOS (SUSPENSÃO)
- VERIFICAR ESTADO DOS PNEUS
- CONFERIR PARTE ELÉTRICA
- VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Figura 26 - *Checklist* para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de caminhonetes.
Fonte: Próprio Autor (2023).

▶ VERIFICAR DESGASTE DA CORREIA DO MOTOR	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR PONTEIRAS DA DIREÇÃO (DIREÇÃO/TRANSMISSÃO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR CARDAN (CRUZETAS) (DIREÇÃO/TRANSMISSÃO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR NÍVEL DE FLUIDO DA DIREÇÃO HIDRÁULICA (DIREÇÃO/TRANSMISSÃO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR DESGASTE DE PNEUS E CALIBRAR	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR ALINHAMENTO DO VOLANTE (DIREÇÃO/TRANSMISSÃO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR VAZAMENTOS DAS MANGUEIRAS (ARREFECIMENTO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR VAZAMENTO DO RADIADOR/HÉLICE (ARREFECIMENTO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR VAZAMENTO CARREGAMENTO BALÃO (SISTEMA PNEUMÁTICO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR TRINCAS NAS MOLAS E ESTADO DOS PARAFUSOS (SUSPENSÃO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR VAZAMENTO DA CUICA DE FREIO (FREIOS)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAÇÃO E AJUSTE DO FREIO (FREIOS)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXTERNA (SISTEMA ELÉTRICO)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR EMBREAGEM (EMBREAGEM)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR NÍVEL DE ÓLEO E VAZAMENTOS (10,6L) (80W90) ÓLEO DO DIFERENCIAL	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR ÓLEO HIDRÁULICO DA BÁSCULA	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR FOLGA DO CILINDRO DAS HASTES (MUNCK)	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR FOLGA DA BUCHA DO CILINDRO DE ELEVAÇÃO	<input type="checkbox"/>
▶ VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO	<input type="checkbox"/>

Figura 27 - *Checklist* para acompanhar a ordem de serviço de manutenção corretiva de caminhões.
Fonte: Próprio Autor (2023).

A inspeção preventiva após as manutenções corretivas, apresentadas nas Figuras 26a 28 contribui positivamente para o processo, uma vez que, aumentam o indicador de tempo médio entre falhas (MTBF), porque impedem que um veículo ou equipamento falhe por falta de verificação do estado de algum componente pouco tempo após a ocorrência da corretiva, garantindo, assim, o aumento da disponibilidade física da frota.

A quarta falha, embora com o menor RPN, foi a falta de controle das ordens de serviço, já que a demanda chegava no engenheiro e já era repassada ao setor operacional. Nesse sentido, para que houvesse um procedimento padrão otimizado e que garantisse a melhor utilização do sistema de planejamento e controle da manutenção, o fluxograma de etapas da manutenção corretiva foi remodelado, colocando a criação e preenchimento da ordem de serviço como quinta etapa do processo. Dessa forma, a Figura 29 apresenta o fluxograma de aperfeiçoamento do processo.

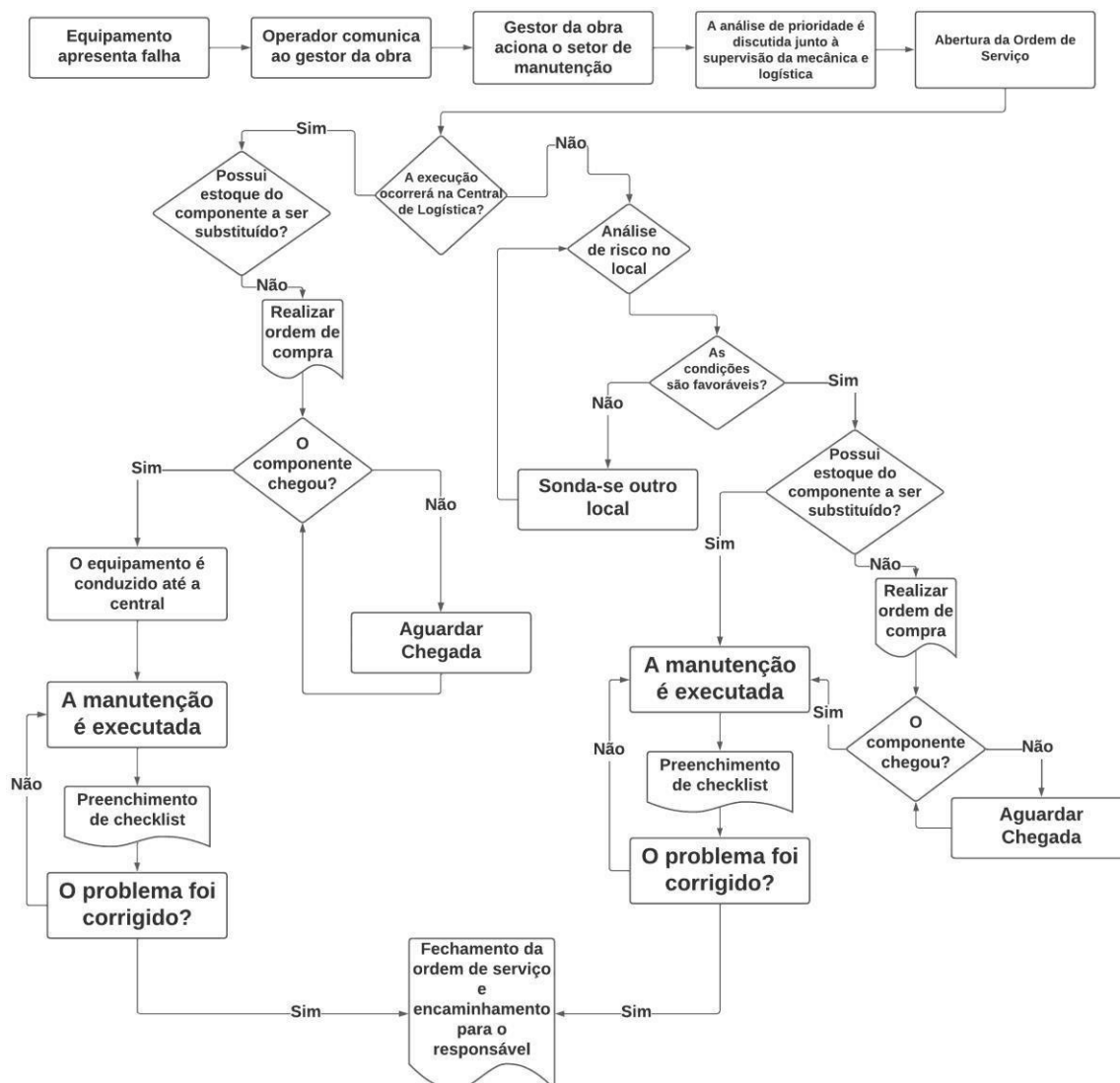


Figura 28 - Fluxograma do processo de manutenção corretivas após aplicação do PDCA.
Fonte: Próprio Autor (2023).

Conforme apresentado na Figura 28, foi possível desenvolver melhorias no processo após a aplicação do PDCA por meio dos métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, no qual foram implementadas a verificação do estoque mínimo e a criação da ordem de serviço antes da realização da manutenção corretiva, possibilitando, assim, um maior controle e acompanhamento das manutenções por parte do Planejador de Manutenção.

6 CONCLUSÃO

É possível concluir, após este estudo, que a questão proposta foi respondida por que a aplicação do modelo PDCA de melhoria utilizando os métodos, técnicas e ferramentas da qualidade contribuiu positivamente para o processo de manutenção corretiva da empresa, trazendo um sequenciamento de processo que, a partir dos resultados, pode ser aperfeiçoado.

Pode-se afirmar que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que, no primeiro momento, foi realizada a fundamentação teórica sobre os temas de manutenção, gestão da manutenção e do modelo gerencial PDCA, para que fosse possível aplicar os métodos, técnicas e ferramentas e posteriormente analisar os resultado, desenvolver e implementar um plano de ação para o processo de manutenção corretiva da empresa.

Os resultados foram obtidos com êxito, uma vez que foi possível elaborar um plano de ação que, quando implementado, contribuiu em diversos pontos do processo de manutenção corretiva da empresa, reduzindo o *backlog* das ordens de serviço e criando um sistema de controle de estoque mínimo por meio dos aplicativos desenvolvidos. Dessa forma, gerou aumento no MTBF, por meio da detecção prévia no momento da corretiva e, utilizando *checklist*, foi possível aperfeiçoar o processo de manutenção mediante as alterações do fluxograma. Desse modo, torna-se possível que, ao executar o plano de ação, a disponibilidade física dos equipamentos aumente e as paradas não programadas sejam reduzidas.

6.1 RECOMENDAÇÃO

Dada a criação do plano de ação do processo de manutenção corretiva, da empresa de engenharia e logística, deixa-se para trabalhos futuros as seguintes sugestões de temas para dar continuidade:

- Aplicar o modelo SDCA(STANDART, DO, CHECK e ACT) para verificar se os padrões estão sendo mantidos;
- Realizar estudo para verificar o impacto financeiro após a aplicação do PDCA de melhoria;

- Verificação do impacto da aplicação do estoque mínimo nos indicadores de disponibilidade física dos equipamentos e tempo médio para reparo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações** / Paulo Samuel de Almeida. — São Paulo: Erica, 2015. 152 p.: il. (Serie Eixos).

ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada** / Paulo Samuel de Almeida - São Paulo: Érica, 2014.

ALONSO, G. **As sete ferramentas da qualidade**. Data não publicada. Disponível em < <https://certificacaoiso.com.br/as-sete-ferramentas-da-qualidade> >. Acesso em 22 de junho de 2023.

ALVES, E. A. C. **O PDCA como Ferramenta de Gestão da Rotina**, Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015.

ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA**, Dissertação (Mestrado: Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

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

BASTIANI, J. A.; **Diagrama de Ishikawa: O que É e Como usar?**. Publicado em 13/07/2018. Disponível em < <https://blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa-2/> > Acesso em 19 de Junho de 2023.

BASTOS, R. B.; **Uso de Análise de Causa Raiz para Bloqueio de Perdas de Produção em Plantas Industriais**, Dissertação (Mestrado: Gestão da Manutenção) SENAI Cimatec, Salvador, 2013.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. **A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65131999000200005>.

BORBA PRÁ, E. A.; **Manutenção Industrial sob a Perspectiva da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma Empresa da Área de Compressores Herméticos**. Dissertação (Mestrado: Engenharia de Produção e Sistemas) Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville - SC, 2010.

BRAND.F.A. DALMOLIN. C. JÚNIOR. X. L. T. PACHEKOSKI. W.M. **Avaliação da Metodologia FMEA como Ferramenta para Reduzir Impactos Ambientais no Processo de Manutenção Industrial.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia, v.10, n.10, p.2081-2090, 2013.

CAMPOS, V.F.; **Gerência da Qualidade Total: Estratégia para Aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira.** Belo Horizonte. Bloch Editores S.A, 1989.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas.** EditoraAtlas S.A. 248p. 2012.

CHAVES, H.D.; **Aplicação Da Metodologia PDCA Na Gestão Da Manutenção De Equipamentos Móveis De Uma Empresa De Mineração,** Monografia (Graduação em Engenharia de Minas), Universidade Federal de Ouro Preto, 2023.

COUTINHO, T. **O que é 5W2H e como ajuda a tirar seus planos do papel.** Publicado em 25/05/2020. Disponível em < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-5w2h>>. Acesso em 19 de Junho de 2023.

CYRINO, L. **Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa.** Publicado em 10/11/2016. Disponível em < <https://www.manutencaoemfoco.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa/>> Acesso em 22 de Junho de 2023.

FARINAZZO, R. **Brainstorming: o que é e como preparar uma reunião com resultados reais.** Publicado em 20/10/2022. Disponível em < <https://resultadosdigitais.com.br/agencias/o-que-e-brainstorming/>>. Acesso em 21 de Junho de 2023.

FOGLIATTO, F. S; RIBEIRO, J. L D. **Confiabilidade e Manutenção industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2009.

GIL, A C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas,2008.

GODINHO, J. P.; **Uso de Ferramentas da Qualidade para Implementação e Manutenção do Sistema de Coleta Seletiva Solidária da UTFPR – CAMPUS CAMPO MOURÃO.** Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/309726404_USO_DE_FERRAMENTAS_DA_QUALIDADE_PARA_IMPLEMENTACAO_E_MANUTENCAO_DO_SISTEMA_DE_COLETA_SELETIVA_SOLIDARIA_DA_UTFPR_-_CAMPUS_CAMPO_MOURAO/references#fullTextFileContent> Acesso em 22 de Junho de 2023.

GREGÓRIO, G. F. P. **Manutenção industrial** [recurso eletrônico] / Gabriela Fonseca Parreira Gregório, Aline Moraes da Silveira, [revisão técnica: Henrique Martins Rocha] – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GROSBELLI, A. C. **Proposta de Melhoria Contínua em um Almoarifado Utilizando a Ferramenta 5W2H**, Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto, relatório, publicações e trabalhos científicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

LINS, B. F. E.; **Ferramentas Básicas de Qualidade**, Ciência da Informação, v.22, n.2, 1993. Disponível em: < <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/502> > Acesso em 22 de Junho de 2023.

MACHADO, L. G.; **Aplicação da Metodologia PDCA: Etapa P (Plan) com Suporte das Ferramentas da Qualidade**, Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Juíz de Fora, Juíz de Fora, 2007.

MARCONI, Maria de Andrade. Lakatos, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Altas1990

OLIVEIRA, T. A. B. **Gestão da manutenção, implementando uma simulação no setor de manutenção da pedra um Valemix**, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016

OTONI, M.; MACHADO, W.; **A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v.04, n.02: p. 01-16, 2008.

PALADINI, E. CARVALHO, M. **Gestão da Qualidade**. Elsevier Editora Ltda. Rio de Janeiro, 2012.

PEREIRA R.Q. FILHO. L. P. G. BRISTOT, V.M. **Implantação da Manutenção Produtiva Total em uma Indústria Química do Sul de Santa Catarina**, Revista Espacios, v.37, n.10. p.6, 2016. Disponível em: < <https://www.revistaespacios.com/a16v37n10/16371006.html> > Acesso em 22 de Junho de 2023.

PINTO, E. S. **Aplicação do PDCA na Redução de Paradas por Manutenção Corretiva não Planejada em uma Indústria Papeleira**, Monografia (Pós-Graduação em Gerenciamento da manutenção) Centro Universitário FEI, São Paulo, 2016.

RABELO, D. G. **Estudo Sobre Métodos e Ferramentas da Qualidade que Possuem Melhor Aplicabilidade para Garantir a Confiabilidade dos Equipamentos na Indústria da Mineração**, Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

ROCHA, R. A. **Aplicação das Ferramentas FTA e FMEA como Suporte para a Gestão da Manutenção em Betoneiras: Um Estudo de Caso**, Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2019.

SANTOS, M. J. M. **Gestão de Manutenção do Equipamento**, Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, 2009.

SANTOS, T.; **Desenvolvimento de Fluxograma Modelo para a Gestão de Projetos de Engenharia Cooperativa**, Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2018.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: Intersaberes, 2015.

SILVA, B. R. S.; SILVA, F. P.; **Gestão da Manutenção Industrial: Utilização de Ferramentas de Gestão Visual para Solucionar Altos Índices de Downtime em uma Fábrica de Embalagens Metálicas**. Episteme Transversalis, v.12, n.1, 2021. Disponível em: < <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/2384> > Acesso em 23 de Junho de 2023.

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN, 1993. 322p.

VIANA, H.R.G; **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro:Qualitymark,2006.

VICENTE, P. G.; **Análise da Aplicabilidade da Ferramenta FTA no Estudo de Falhas de Manutenção em uma Indústria**, Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

VICENTE, P. T.; **Aplicação da Metodologia PDCA na Gestão da Manutenção de Equipamentos Móveis de uma Empresa de Mineração**, Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal De Ouro Preto, 2021.

XENOS, H.G. **Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. Falconi Editora. 2014. 312p