



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**

**ESCOLA DE MINAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**DAVI ALMEIDA VASCONCELOS**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA  
CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS DE FABRICAÇÃO DE  
EMBALAGENS PLÁSTICAS EM UMA EMPRESA DE COSMÉTICOS**

**OURO PRETO - MG  
2021**

**DAVI ALMEIDA VASCONCELOS**  
**davi.vasconcelos@aluno.ufop.edu.br**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA  
CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS DE FABRICAÇÃO DE  
EMBALAGENS PLÁSTICAS EM UMA EMPRESA DE COSMÉTICOS**

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

**Professor orientador:** DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG**  
**2021**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V331p Vasconcelos, Davi Almeida .

Proposta de aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos. [manuscrito] / Davi Almeida Vasconcelos. - 2021.

50 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira Silva.

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

1. Manutenção. 2. Manutenção - Confiabilidade. 3. Máquinas - Sopradoras. I. Silva, Washington Luís Vieira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Davi Almeida Vasconcelos**

### **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Equipamentos de Fabricação de Embalagens Plásticas em uma Empresa de Cosméticos**

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

Aprovada em 09 de dezembro de 2021

#### Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)  
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)  
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 14/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/01/2022, às 07:45, 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](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0263639** e o código CRC **022E8A80**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000072/2022-68

SEI nº 0263639

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: (31)3559-1533 - www.ufop.br

A Deus dedico mais esta etapa vencida.

A minha família que sempre me deu todo o apoio necessário.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que eu chegasse aqui.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por me sustentar nos momentos bons e principalmente nos momentos difíceis.

A minha mãe Elisângela que sempre acreditou e me incentivou a ser a melhor versão de mim mesmo.

Ao meu pai Jonatas por ter acreditado e dado todo o suporte necessário para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Raquel por ter estado sempre do meu lado e feito de tudo para garantir que eu estivesse bem.

Aos meus avós, tios e primos por toda a torcida e palavras de incentivos durante estes anos de graduação.

Ao meu orientador Washington, pelas contribuições neste trabalho, com todas as sugestões e críticas necessárias para a plena execução.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica e de toda a Escola de Minas por suas contribuições para meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal.

A todos amigos que fiz em Ouro Preto e de diversas formas foram essenciais durante estes anos nesta incrível cidade.

Aos meus mais próximos amigos de curso, Bernardo, Dayane, Nayane e Renata, por tanto auxílio e ombro amigo nos momentos difíceis, se tornando pessoas que quero levar para a vida.

A Diferencial E.J. por ter ajudado a expandir minha mente sobre o mercado e que caminhos seguir no âmbito profissional.

A Aliança Bíblica Universitária de Ouro Preto por ter se tornado minha família e contribuído muito com o meu processo de amadurecimento.

*“Como é que a gente se agride a partir daquilo em que há controvérsias e não se confraterniza com base naquilo em que somos unânimes?”*

Ed René Kivitz

## RESUMO

VASCONCELOS, Davi Almeida. **Proposta de aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos.** 2021. Monografia. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

O trabalho tem como objetivo elaborar uma proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos. A manutenção está presente em diversos setores da economia e tem se mostrado cada vez mais importante quando utilizada de maneira estratégica, de acordo com o tipo mais adequado, melhorando a eficiência dos equipamentos nos mais diversos processos de fabricação. Os princípios de Manutenção Centrada na Confiabilidade trazem uma maior garantia de que o equipamento vai estar em condições adequadas de funcionamento, através de indicadores como MTTR, MTBF e ferramentas como a FMEA. A pesquisa tem caráter bibliográfico, qualitativo, exploratório e de estudo de caso. Através da consulta de dados de históricos dos equipamentos foi desenvolvido um diagnóstico que indica que defeitos no Molde e no Manipulador das Sopradoras são as falhas de maior relevância para a proposta de aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade. A proposta de identificação da fase de vida útil e análise de falhas é feita tendo como base o setor de fabricação de embalagens plásticas de uma fábrica de cosméticos, onde são produzidos a maioria dos frascos da empresa, através de sopradoras com sistema de extrusão. Apresenta-se uma proposta que traz a possibilidade de aumento da confiabilidade e da disponibilidade.

**Palavras-chave:** Manutenção, Manutenção Centrada na Confiabilidade, Sopradoras

## ABSTRACT

VASCONCELOS, Davi Almeida. *Proposal of an Application of Reliability Centered Maintenance in Plastic Packaging Manufacturing Equipment in a Cosmetics Company.* 2021. Monograph. (Bachelor Degree in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.

*The work aims to develop a proposal for Reliability Centered Maintenance in plastic packaging manufacturing equipment in a cosmetics company. Maintenance is present in several sectors of the economy and has proved to be increasingly important when used strategically, according to the most appropriate type, improving the efficiency of equipment in the most diverse manufacturing processes. The principles of Reliability Centered Maintenance provide a greater guarantee that the equipment will be in adequate operating conditions, through indicators such as MTTR, MTBF and tools such as FMEA. The research is bibliographical, qualitative, exploratory, and case study. By consulting the equipment's historical data, a diagnosis was developed that indicates that defects in the Mold and Manipulator in the Blowing Machines are the most relevant failures for the proposal for the application of Reliability Centered Maintenance. The proposal for identification of the lifespan phase and failure analysis is based on the plastic packaging manufacturing sector of a cosmetics factory, where most of the company's bottles are produced, using blowing machines with an extrusion system. A proposal is presented that brings the possibility of increasing reliability and availability.*

*Key-words: Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Blowing Machines*

**LISTA DE SIGLAS**

**FMEA**– *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)

**MCC**– Manutenção Centrada na Confiabilidade

**MTBF** – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)

**MTTR** – *Mean Time to Repair* (Tempo Médio para Reparo)

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

**LISTA DE SÍMBOLOS**

**$R(t)$**  – Confiabilidade em função do tempo

**$e$**  – Base de logaritmos neperianos

**$\lambda$**  – Taxa de falhas

**$t$**  – Tempo

**$M(t)$**  – Manutenibilidade

**$\mu$**  – Taxa de reparos

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Curva da banheira .....	9
Figura 2: Curva PF versus custo para reparo.....	11
Figura 3: Diagrama de causa e efeito .....	12
Figura 4: Tipos de FMEA e suas relações .....	13
Figura 5: Diagrama de decisão referente ao tipo de manutenção recomendada .....	14
Figura 6: Fluxograma das Etapas .....	17
Figura 7: Sopradora BMT 10.0D/H.....	21
Figura 8: Fluxograma de processo na fábrica.....	22
Figura 9: Organograma hierárquico do setor de Embalagens Plástica.....	23
Figura 10: Gráfico de Pareto com Paradas Eletromecânicas de Sopradora 03 .....	28
Figura 11: Gráfico de Pareto com Paradas Eletromecânicas de Sopradora 24 .....	30
Figura 12: Fluxo de trabalho com métodos para redução de falhas .....	31

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Variáveis e Indicadores .....	18
Tabela 2: Histórico e Indicadores do Ano Fiscal 2021 para Sopradoras ordenadas por Confiabilidade .....	24
Tabela 3: Histórico e Indicadores do Ano Fiscal 2021 para Sopradoras ordenadas por Jornada .....	25
Tabela 4: Paradas Eletromecânicas em Sopradora 03 .....	27
Tabela 5: Paradas Eletromecânicas em Sopradora 24 .....	29

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Geral .....	2
1.3.2	Específicos.....	2
1.4	Estrutura do Trabalho .....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1	Manutenção .....	4
2.2	Manutenção Centrada na Confiabilidade .....	7
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	15
3.2	Materiais e métodos.....	16
3.3	Variáveis e indicadores.....	18
3.4	Instrumento de coleta de dados .....	19
3.5	Tabulação dos dados.....	19
3.6	Considerações finais do capítulo .....	19
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>20</b>
4.1	Características da empresa e do setor .....	20
4.2	Diagnóstico dos equipamentos com baixos índices .....	23
4.3	Proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade.....	26
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>33</b>
5.1	Conclusão .....	33
5.2	Recomendações .....	34
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>35</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

A necessidade cada vez mais elevada por produtividade exige que as empresas otimizem seus recursos, utilizando suas máquinas da maneira mais estratégica possível. Parte importante desta estratégia é a utilização da manutenção com o objetivo de que componentes funcionem corretamente, evitando desperdício de recursos como matéria-prima, tempo e mão-de-obra.

Segundo Almeida (2014, p. 16), entende-se manutenção como “o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”.

Para garantir que a manutenção seja eficaz é possível utilizar métodos que a sistematizem, como é o caso da Manutenção Centrada na Confiabilidade. A MCC tem como objetivo identificar as tarefas que devem ser realizadas para garantir a confiabilidade e a segurança dos equipamentos reduzindo o custo (FOGLIATTO, 2009).

Sobre Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), também chamada de *Reliability Centred Maintenance* (RCM), Fogliatto (2009, p. 260) define:

A MCC pode ser definida como um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Devido a sua abordagem racional e sistemática, os programas de MCC têm sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

Para fins de aplicação do estudo, foi considerada uma empresa responsável pela fabricação de cosméticos de diversas linhas, suas embalagens plásticas e envase destes produtos, com máquinas que funcionam ininterruptamente seis dias por semana.

O objetivo desse estudo é propor uma metodologia para a aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade no setor onde se fabricam embalagens plásticas, focando no equipamento que apresenta o desempenho mais baixo, levando em consideração o número de falhas e impacto direto na eficiência do setor.

Diante dos fatores apresentados, vê-se a necessidade de responder a seguinte questão problema:

## **Como elaborar uma proposta de aplicação de Manutenção Centrada na Confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos?**

### **1.2 Justificativa**

Segundo Xenos (1998), o Brasil tem passado por mudanças econômicas, políticas e sociais significativas, simultaneamente a um crescente desenvolvimento tecnológico obrigando as empresas a revolucionar seus sistemas de produção. Nem todas as empresas, porém, tem conseguido acompanhar este desenvolvimento, devido a problemas por baixa confiabilidade ou mau funcionamento de seus equipamentos. Um dos motivos dessa situação é a baixa preocupação dada ao gerenciamento da manutenção (XENOS, 1998).

Tendo em vista a necessidade de obter uma maior confiabilidade em equipamentos do setor produtivo, o estudo tem como objetivo elaborar uma proposta relacionada a Manutenção Centrada na Confiabilidade.

O estudo se mostra relevante devido a conhecida necessidade de melhoria de indicadores relacionados não apenas a produção, mas também a manutenção, que impactam diretamente na eficiência de toda a linha produtiva. Além disso, uma sistematização eficaz dos processos de manutenção poderá trazer melhorias significativas nos resultados de disponibilidade física, produtividade e confiabilidade dos equipamentos. A Manutenção Centrada na Confiabilidade pode auxiliar em uma manutenção mais assertiva e com a aplicação da proposta do estudo existe a possibilidade de uma melhora geral no processo.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Elaborar uma proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos.

#### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção e Manutenção Centrada na Confiabilidade;

- Elaborar um procedimento metodológico para propor a aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos;
- Utilizar a base teórica para auxiliar na proposta de aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para os equipamentos estudados.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica dos conceitos e sobre a manutenção e os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as utilizações de cada um, com foco na Manutenção Centrada na Confiabilidade e alguns dos métodos para a aplicação deste tipo de manutenção.

O terceiro capítulo trata da metodologia científica aplicada para elaboração de uma proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade, dentro das características do local escolhido como objeto de estudo.

O quarto capítulo discute os resultados obtidos no estudo de caso a respeito do diagnóstico dentro da realidade da empresa estudada, incluindo os equipamentos que foram estudados e suas principais falhas.

O quinto capítulo trata das conclusões do estudo, a partir dos resultados do capítulo anterior, com a interpretação do autor e sugestões de trabalhos que podem ser realizados relacionados a este.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo abordará os diferentes tipos de Manutenção, incluindo a Manutenção Centrada na Confiabilidade e os conceitos relacionados.

### 2.1 Manutenção

De acordo com Paschoal *et al* (2009), a manutenção pode ser entendida como reparo de elementos avariados. Sendo assim as ações de manutenção se restringem a atividades de reparo. Já para Almeida (2014, p. 16), a manutenção tem um conceito mais abrangente e é o “conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”.

Outra definição a ser considerada é a da NBR 5462 *apud* Xenos (1998, p. 18), que diz que a manutenção é “a combinação de ações térmicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou realocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

A manutenção atua em máquinas e equipamentos em operação, mas não deve ser limitada a isto. A manutenção também deve estar presente na concepção de projetos, levando em consideração a disposição das peças, a acessibilidade dos conjuntos e até mesmo o dimensionamento das peças e dos componentes, de forma a facilitar as operações futuras relacionadas a manutenção (ALMEIDA, 2014).

Para Kardec e Nascif (2009), existe uma grande variedade de denominações para classificar a forma de atuação da Manutenção, provocando confusão na caracterização dos tipos. Para caracterizar de forma mais objetiva, Kardec e Nascif (2009) diz que as denominações devem se encaixar em seis tipos: Manutenção Corretiva Não Planejada, Manutenção Corretiva Planejada, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Detectiva e Engenharia de Manutenção.

No entanto, Almeida (2014), classifica os tipos de manutenção em cinco: Corretiva, Preventiva, Preditiva, Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*) e Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

A mais fácil de ser aplicada é a Manutenção Corretiva. Xenos (1998) diz que a manutenção corretiva sempre é feita após a falha e este método deve ser escolhida levando em

consideração fatores econômicos, comparando os custos para um conserto contra o custo de ações preventivas.

A Manutenção Corretiva é definida por Almeida (2014, p. 17) como “um conjunto de procedimentos executados para atender demandas imediatas da produção, máquina ou o equipamento”. Xenos (1998) ressalta que também deve ser levado em consideração as perdas por paradas de produção. A equipe de manutenção atua para reestabelecer o funcionamento o mais rápido possível, porém muitas vezes a parada imprevista para a manutenção provoca prejuízos que não podem ser evitados (ALMEIDA, 2014).

Também conhecida como Emergencial, a Manutenção Corretiva, de acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 39), caracteriza-se pela “atuação da manutenção e, fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Kardec e Nascif (2009) afirmam ainda que geralmente este tipo de manutenção implica altos custos, devido as perdas de produção, da qualidade do produto e dos custos elevados indiretos de manutenção.

O segundo tipo de manutenção a ser abordado é a Manutenção Preventiva. Para Xenos (1998), esta deve ser feita periodicamente e a atividade principal de manutenção de qualquer empresa. Ela envolve tarefas sistemáticas como inspeções, reformas e troca de peças.

Kardec e Nascif (2009, p. 42) definem a Manutenção Preventiva como “a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”.

A Manutenção Preventiva é definida também por Almeida (2014, p. 18):

Manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, realizada em datas predeterminadas, de modo a manter a máquina ou o equipamento em corretas condições de funcionamento e conservação, evitando paradas imprevistas. O planejamento é possível utilizando-se a documentação das operações de manutenção corretiva realizadas (Ficha de Execução de Operações de Manutenção Corretiva) e informações sobre a vida útil das peças, fornecidas pelo fabricante.

A Manutenção Preditiva, também chamada de Manutenção sob Condição ou Manutenção com Base no Estado do Equipamento é definida por Kardec e Nascif (2009, p. 44):

Atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

Do ponto de vista do custo, Xenos (1998) diz que a manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e permite que a manutenção preventiva seja feita com intervalos maiores, já que é possível prever quando a peça está perto do limite de vida.

Almeida (2014, p. 24) aborda a Manutenção Preditiva da seguinte maneira:

Este tipo de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, em que fenômenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos etc. são observados por meio de instrumentos específicos. Esta análise permite a observação das reais condições do equipamento e o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planejamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção para troca de peças e a eliminação do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado.

De acordo com Nakajima *apud* Junior e Silva (2010), a *Total Productive Maintenance* é uma abordagem focada em realizar a manutenção produtiva por todos os empregados através de pequenos grupos e o conceito desse tipo de manutenção consiste em reconhecer a importância da confiabilidade, manutenção e eficiência econômica das operações de manufatura.

Almeida (2014) descreve a *Total Productive Maintenance* como sendo uma modalidade de Manutenção que tem como modelo manutenções preventiva e preditiva, além de contar com a capacitação dos operadores de máquina para participarem de maneira ativa em procedimentos de manutenção para aproveitar a mão de obra ao máximo.

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é definida por Fogliatto e Ribeiro (2009):

A MCC pode ser definida como um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Devido a sua abordagem racional e sistemática, os programas de MCC têm sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

Segundo Gregório e Silveira (2018, p. 162) a Manutenção Centrada na Confiabilidade, também conhecida como RCM, pode ser descrita da seguinte maneira:

A RCM é um processo utilizado para determinar requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional, estudando as diversas formas pelas quais um componente pode falhar e realizando ações para evitar essas falhas. A RCM pode ser considerada uma ferramenta para tomada de decisão sobre quais políticas de manutenção devem ser adotadas.

Para Almeida (2014), A MCC é uma metodologia que se baseia em sistemáticas de administração com o objetivo de eliminar e prevenir possíveis defeitos, focando na eliminação de suas causas e é indicada para casos em que falhas podem provocar tragédias ou grandes prejuízos.

Sendo o foco do presente estudo a Manutenção Centrada na Confiabilidade, este tipo de manutenção será tratado com mais detalhes a seguir.

## 2.2 Manutenção Centrada na Confiabilidade

Para entender a Manutenção Centrada na Confiabilidade é necessário entender alguns conceitos relacionados a este tipo de manutenção, dentre eles o próprio conceito de confiabilidade inserido neste contexto.

Leemis *apud* Fogliatto e Ribeiro (2009, p. X) propõem a definição de que “a confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas”.

Para determinar a confiabilidade de um item ou, mais especificamente, um equipamento, é necessário levar em consideração três variáveis: o propósito ou uso pretendido, o intervalo de tempo e as condições ambientais. (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), o propósito ou uso pretendido deve ser especificado para que equipamentos com funções idênticas possam apresentar diferentes confiabilidades, pois estão inseridos em contextos diferentes de utilização, como por exemplo uma furadeira de uso doméstico quando comparada com uma de uso industrial.

Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 2) explicitam também o intervalo de tempo, implicando nas seguintes consequências:

- (i) o analista deve definir uma unidade de tempo (por exemplo, minutos, horas ou anos) para a realização das análises;
- (ii) os modelos que descrevem os tempos até falha utilizam a variável aleatória  $T$  (em vez de  $X$ , como é comum na estatística clássica) para descrever o tempo até falha de um item;
- (iii) o termo tempo não deve ser interpretado literalmente, já que em muitos contextos o número de milhas ou o número de ciclos pode representar o tempo até falha de um item;
- (iv) o conceito de confiabilidade deve ser associado a um período de tempo ou duração de missão (não faz sentido afirmar que um item apresenta confiabilidade de 0,7, por exemplo, sem especificar durante qual período de tempo a análise do item foi realizada), e
- (v) a determinação do que deveria ser usado para medir a vida de um item nem sempre é óbvia; por exemplo, o tempo até falha de uma lâmpada elétrica pode ser definido

como o número contínuo de horas até a falha ou como o número somado de horas até a falha, considerando o número típico de acionamentos a que a lâmpada é submetida.

Kardec e Nascif (2009) afirmam que a má operação do equipamento é um fator a ser analisado, trazendo impactos negativos para a confiabilidade deste. Sendo este um fator ligado a condições ambientais, Fogliatto e Ribeiro (2009) evidenciam que produtos iguais, em diferentes condições ambientais, apresentam desempenhos distintos.

A probabilidade, de acordo com Kardec e Nascif (2009), é um conceito estatístico que relaciona o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis em um intervalo de tempo e numericamente deve estar entre 0 e 1 e na confiabilidade pode ser expresso pela equação 1:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (01)$$

Onde:

$R(t)$  = confiabilidade

$e$  = base dos logaritmos neperianos

$\lambda$  = taxa de falhas

$t$  = tempo previsto de operação

Kardec e Nascif (2009) definem a taxa de falhas como o número de falhas por unidade de tempo, usualmente expressa em horas. Uma curva característica dos equipamentos que relaciona a taxa de falhas com o tempo é a curva da banheira, que pode ser vista na Figura 1.

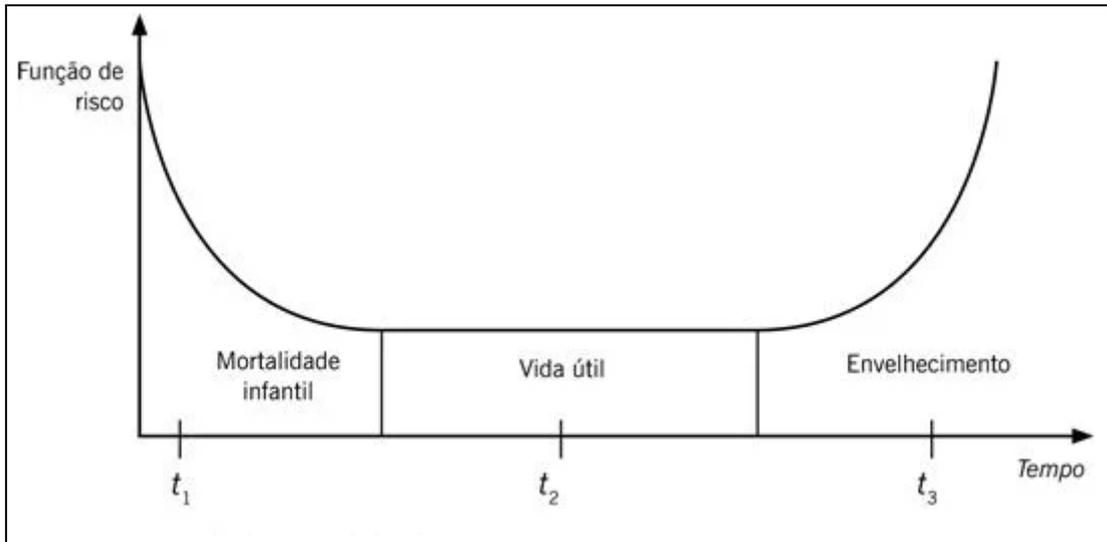


Figura 1: Curva da banheira  
Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009)

A Figura 1 apresenta os três estágios que representam a vida operacional de um equipamento ou sistema: mortalidade infantil, vida útil e envelhecimento.

Segundo Kardec e Nascif (2009), no estágio da mortalidade infantil há grande incidência de falhas do equipamento, devido a fatores como erro de instalação, defeitos e fabricação ou até deficiências do projeto.

Para Xenos (2004), a frequência de falhas se torna relativamente constante durante o estágio da vida útil e estas são causadas por eventos aleatórios, tornando mais difícil de prever.

O último estágio, conhecido como envelhecimento, para Kardec e Nascif (2009), é quando ocorre um aumento na taxa de falhas provenientes de desgaste natural do equipamento, como tendência a aumentar com o passar do tempo.

A taxa de falhas pode ser determinada também através da função inversa a média dos tempos entre o fim de uma falha e o início de outra, também conhecida como MTBF (*Mean Time Between Failures*). O cálculo do MTBF pode ser encontrado através da equação 2 e a taxa de falhas na equação 3 (ALMEIDA, 2014).

$$MTBF = \frac{\text{somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

Outro conceito relevante para o estudo da Manutenção Centrada na Confiabilidade é a Disponibilidade. Almeida (2014) define a disponibilidade como o período em que um equipamento está em condições de executar certa função durante um intervalo de tempo

preestabelecido, ou seja, a relação entre o tempo de funcionamento e o tempo ideal. Ela pode ser calculada através da seguinte equação 4.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (4)$$

Onde MTTR (*Mean Time To Repair*) é média aritmética dos tempos de reparo do equipamento, como visto na equação 5.

$$MTTR = \frac{\text{somatório de tempos de reparo}}{\text{número de intervenções realizadas}} \quad (5)$$

Segundo Kardec e Nascif (2009), a Manutenibilidade (ou Manutenibilidade) é a característica do equipamento de permitir uma facilidade na execução dos serviços de manutenção em maior ou menor grau, em um determinado período de tempo.

Almeida (2014) representa a Manutenibilidade por  $M(t)$  e define como a capacidade de um componente, produto, equipamento ou sistema tem de receber manutenção com um custo e um intervalo predefinido. Pode ser representada na equação 6.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (6)$$

Onde  $\mu$  é a taxa de reparos, calculada através da equação 7.

$$\mu = \frac{\text{número de reparos efetuados}}{\text{tempo total de reparo}} = \frac{1}{MTTR} \quad (7)$$

Gregório e Silveira (2018) determinam quatro objetivos principais para a MCC: preservar as funções do sistema; identificar modos de falha que influenciam tais funções; identificar a importância de cada falha funcional; definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a eficácia da MCC se baseia nos cinco seguintes pilares:

1. Grande participação de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção, criando um cenário de engenharia simultânea;
2. Ênfase na investigação a partir das consequências das falhas, que geram as tarefas de manutenção;
3. Análises profundas em questões associadas à segurança, meio ambiente, operação e custos;
4. Maior foco nas atividades proativas, tais como tarefas preditivas e preventivas.
5. Eliminação ou redução das falhas escondidas, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do sistema.

Com os pilares bem estabelecidos, o próximo passo para a execução da Manutenção Centrada na Confiabilidade visa responder algumas questões básicas, descritas por Moubray *apud* Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 218):

- i. Quais as funções e padrões de desempenho esperados para os equipamentos fabris?
- ii. De que modo os equipamentos podem falhar em cumprir suas funções?
- iii. O que causa cada falha funcional?
- iv. O que acontece quando cada falha ocorre?
- v. De que forma cada falha interessa?
- vi. O que pode ser feito para prevenir ou impedir cada falha?
- vii. O que deve ser feito quando não pode ser estabelecida uma atividade pró-ativa pertinente?

De acordo com Gregório e Silveira (2018), a falha é um evento indesejável e é necessário realizar uma análise para encontrar suas causas, promovendo ações para evitar a recorrência destas. As mesmas autoras abordam a falha potencial, sendo a condição identificável e mensurável de uma possível falha funcional. Já a falha funcional em si é a incapacidade de um equipamento desempenhar a função esperada. Considerando a vida útil de todo componente, o intervalo de tempo entre as duas falhas pode ser verificado na Figura 2.

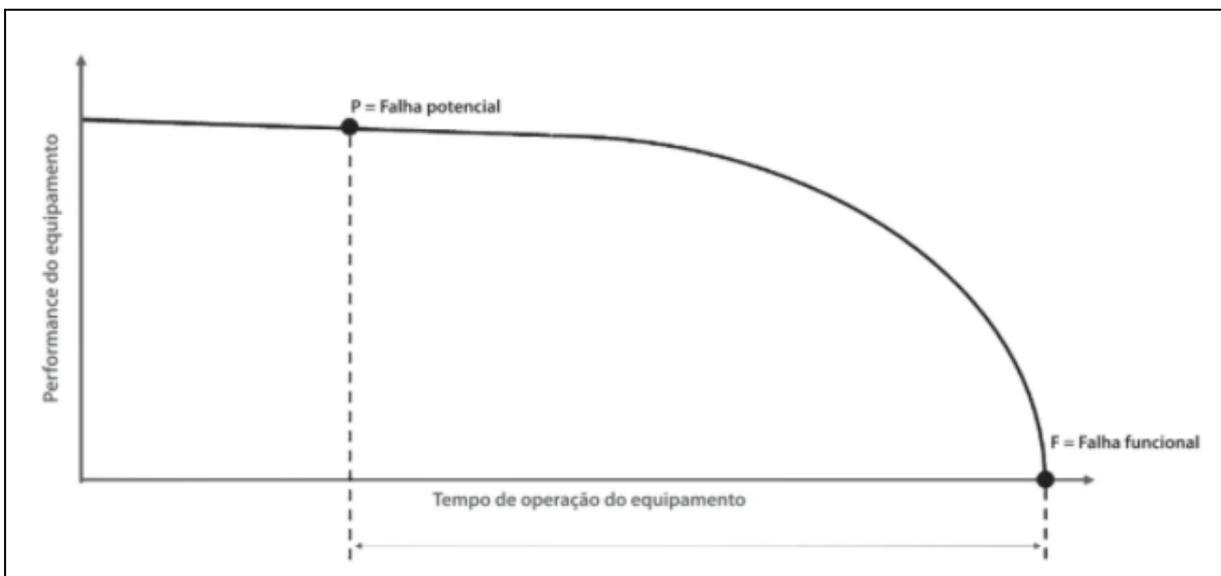


Figura 2: Curva PF versus custo para reparo  
Fonte: Teles *apud* Gregório e Silveira (2018)

Com o objetivo de evitar a falha potencial é possível realizar a análise do modo e efeitos de falhas, também conhecido como FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 172) definem a FMEA de acordo com seus objetivos:

A FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

De acordo com Gregório e Silveira (2018), a FMEA utiliza a relação de causa e efeito, categorizando os itens de análise conforme o diagrama conhecido como espinha de peixe, proposto por Kaoru Ishikawa, como demonstrado na Figura 3.

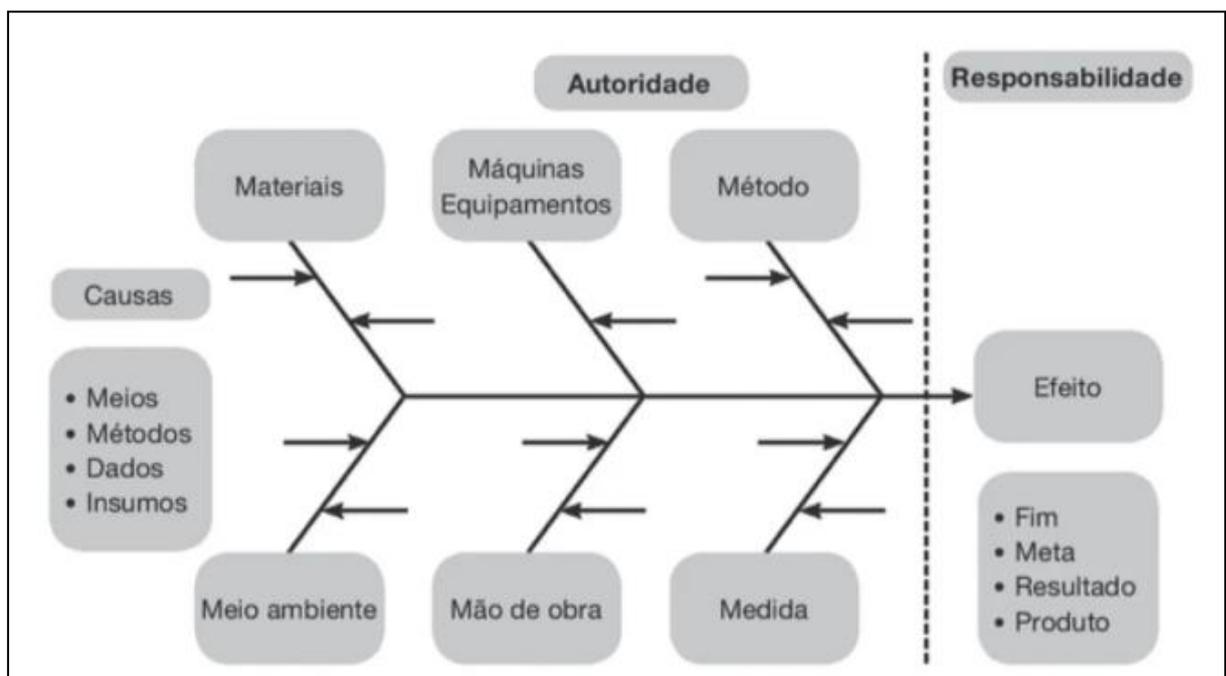


Figura 3: Diagrama de causa e efeito.  
Fonte: Gregório e Silveira (2018)

O diagrama de causa e efeito apresenta seis categorias de possíveis causas: materiais, máquinas equipamentos, método, meio ambiente, mão de obra e medida. Objetiva-se levantar todas as possíveis causas para uma falha no processo e em seguida avaliar os efeitos das falhas encontradas.

Para Seleme *apud* Gregório e Silveira (2018) existem quatro tipos de FMEA: FMEA de produto ou de projeto, que evita falhas no produto ou processo provenientes do projeto; FMEA de processo, com o objetivo de evitar falhas no processo, baseada nas não-conformidades do projeto; FMEA de serviço, que evita falhas na prestação de serviço; FMEA de sistema, que visa analisar o design do produto durante a concepção e evitar falhas por um *design* deficiente.

Segundo Stamatis *apud* Silveira *et al.* (2018) existem interações entre os tipos de FMEA e elas podem ser vistas na Figura 4.

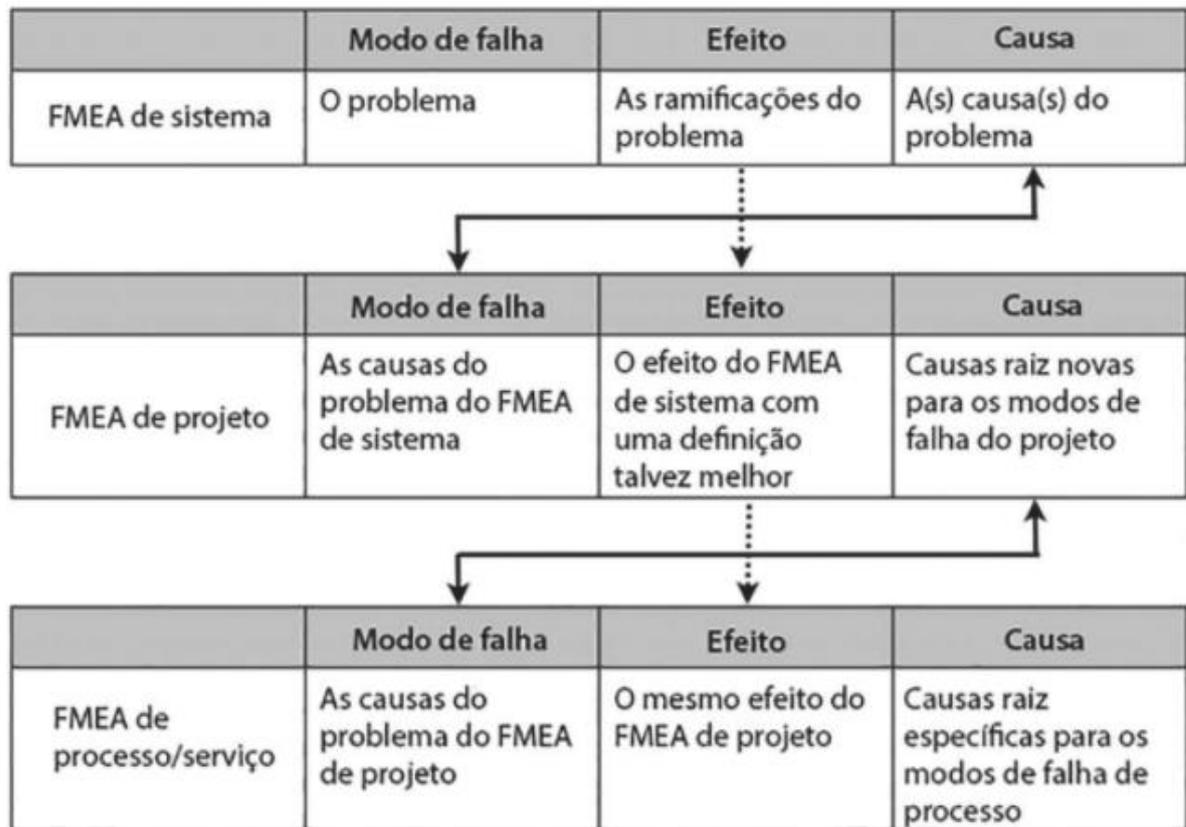


Figura 4: Tipos de FMEA e suas relações  
Fonte: Silveira *et al* (2018)

A Figura 4 mostra que a saída da FMEA de sistema, como causa, é usada como modo de falha na FMEA de projeto e saída da FMEA de projeto é usada como entrada na FMEA de serviço. Silveira *et al* (2018) afirma que a relação entre a causa e o modo de falha não é linear e recomenda-se listar todas as causas possíveis para facilitar o processo de realizar a FMEA do projeto.

Fogliatto e Ribeiro (2009) propõem um diagrama para ser utilizado na definição da atividade de manutenção adequada de acordo com o modo de falha, afirmando que a MCC prioriza atividades proativas, como visto na Figura 4.

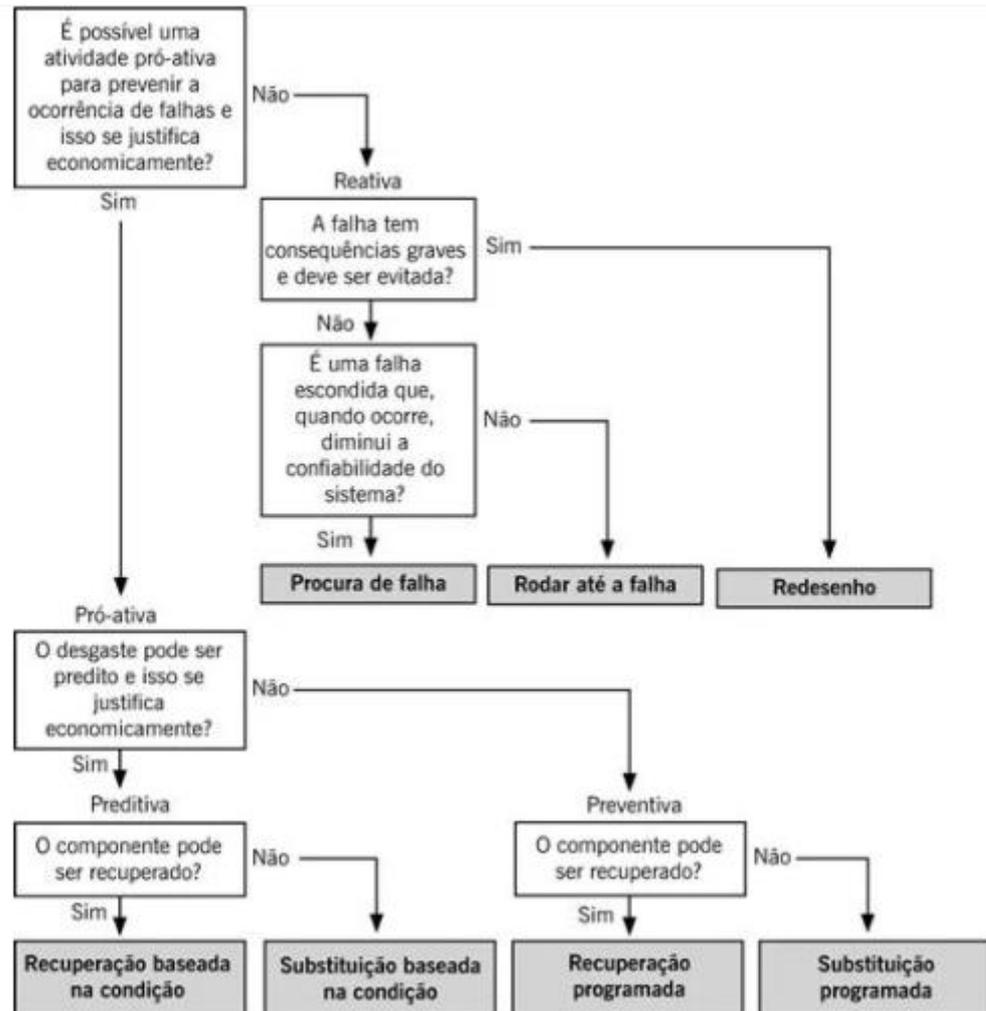


Figura 5: Diagrama de decisão referente ao tipo de manutenção recomendada  
 Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009)

O diagrama da Figura 5 apresenta o fluxo de decisões nas atividades, sendo necessária uma verificação da possibilidade de antecipação de falhas e um encaminhamento para atividades preditivas ou preventivas.

Este capítulo abordou toda a fundamentação teórica e os conceitos relacionados a manutenção, a confiabilidade e a disponibilidade, necessários para a o pleno entendimento da Manutenção Centrada na Confiabilidade, auxiliando na elaboração da proposta do estudo.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo propõe a aplicação dos métodos de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicada em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi necessário buscar na literatura embasamento teórico a respeito das metodologias aplicáveis na Manutenção Centrada na Confiabilidade. A pesquisa é classificada, então, quanto a forma de abordagem, seus objetivos e seus procedimentos técnicos.

Em relação a abordagem, esta pesquisa é qualitativa, pois é fundamentalmente interpretativa, baseada nas descrições, do cenário, da análise de dados e a interpretação e conclusões do autor (RICHARDSON, 2017). A pesquisa não possui representatividade numérica e busca promover uma proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade para os equipamentos analisados.

Quanto ao objetivo da pesquisa, é possível classificar como exploratória, definida por Gil (2019, p. 25) como:

As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses a serem testadas em estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e análises de casos. Procedimentos de amostragem e técnicas quantitativas de coleta de dados não são costumeiramente aplicados nestas pesquisas.

Mattar (2013) afirma que os métodos utilizados em pesquisas exploratórias exploram os dados retirados de fontes secundárias, experiências, estudo de casos escolhidos e observação informal do ocorrido. Mattar (2013) afirma ainda que a pesquisa exploratória é, geralmente, baseada em uma pesquisa bibliográfica e seguida por um estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é feita através de uma revisão da literatura feita mediante consulta de diversas fontes, como livros, periódicos científicos, anais de encontros científicos, teses e dissertações (GIL, 2019).

Para Gil (2019), o estudo de caso consiste na análise profunda e exaustiva de um ou poucos casos, permitindo um amplo e detalhado conhecimento do item analisado. A maioria dos estudos de caso são de natureza qualitativa.

O estudo passa ainda pela metodologia documental. De acordo com Mattar (2013) o levantamento documental é possível de ser realizado quando a própria empresa mantém seus arquivos sobre resultados de pesquisas e atividades anteriores, mas também pode ser efetuado fora da empresa, analisando documentos à disposição em arquivos públicos.

A pesquisa qualitativa se mostra presente no estudo devido a análise a ser realizada nos equipamentos, com foco no cenário e nas manutenções realizadas, sem levar em conta fatores numéricos. Com base nas hipóteses levantadas é possível afirmar que o estudo apresenta uma pesquisa exploratória. A consulta a livros sobre o tema faz com que o estudo utilize a pesquisa bibliográfica. Como o estudo se baseia em uma situação real de um fábrica, é realizado um estudo de caso. Além disso são necessárias consultas em documentos, como manuais e históricos de falhas dos equipamentos, por isso é também uma pesquisa documental.

### **3.2 Materiais e métodos**

O presente trabalho foi realizado a partir de uma revisão de bibliografia na área de manutenção, como livros e artigos, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre o assunto e métodos para mensuração de medidas de confiabilidade dos equipamentos, além da aplicação da metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade. As próximas etapas do estudo podem são explicitadas na Figura 6.



Figura 6: Fluxograma das Etapas  
Fonte: Pesquisa Direta (2021)

A etapa seguinte à Revisão Bibliográfica é a coleta de dados, através do histórico de falhas e suas ações corretivas em máquinas de sopro de embalagens plásticas de cosméticos. É importante que o histórico seja preciso e o mais detalhado possível, para a realização de uma análise de dados precisa. Através do histórico, relacionadas as jornadas programadas de produção é possível obter índices, como MTBF, MTTR, Disponibilidade, Confiabilidade e comparar os equipamentos entre si, tornando possível o próximo passo.

A identificação de equipamentos de baixos índices é verificada quantitativamente, por comparação com a média geral dos equipamentos, para que sejam tomadas medidas com foco nos maiores impactos na produção. Além dos índices, a análise deve considerar também o grau de relevância do equipamento para a produção, levando em consideração o volume produzido na máquina.

Após a definição dos equipamentos que serão o foco do estudo, realiza-se uma análise mais apurada nos registros de falhas e nas ações tomadas na realização da manutenção corretiva não-planejada, buscando encontrar padrões de defeitos recorrentes.

Com a definição de motivos de paradas de maior recorrência nos equipamentos analisados, propõem-se as metodologias de Manutenção Centrada na Confiabilidade.

O último passo se refere a análise de falhas, que tem como objetivo levantar hipóteses da causa raiz que provoca aquela falha com relativa frequência, contribuindo com o baixo desempenho do equipamento.

### 3.3 Variáveis e indicadores

Appolinário (2015) define variável como aspectos ou propriedades daquilo que se visa examinar e que possui conteúdo de inconstância, como o próprio nome diz, sendo passível de variação.

Para Fachin (2017) os indicadores são as formas para encontrar atributos e parâmetros do objeto de conhecimento das suas dimensões e seus aspectos.

Fogliatto e Ribeiro (2009) afirmam que o gerenciamento do programa de Manutenção Centrada na Confiabilidade deve ser definido através de indicadores relacionados a medidas de tempo de parada, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. A Tabela 1 apresenta variáveis e indicadores utilizados no presente estudo.

Tabela 1: Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Manutenção Centrada na Confiabilidade	Taxa de falhas Número de ocorrências Tempo de paradas Tempo Médio de Reparo (MTTR) Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) Disponibilidade Confiabilidade

Fonte: Pesquisa Direta (2021)

Pode-se observar na Tabela 2 que a variável utilizada é a Manutenção Centrada na Confiabilidade. Já os indicadores são a Taxa de falhas, o número de ocorrências, o tempo médio de paradas, o tempo médio de reparo (MTTR), o tempo médio entre as falhas (MTBF), a disponibilidade e a confiabilidade.

### **3.4 Instrumento de coleta de dados**

A coleta de dados é feita através do histórico da empresa de paradas por falhas eletromecânicas, através de planilhas de registros realizados no final de cada turno.

### **3.5 Tabulação dos dados**

Os dados são tabulados no *software Microsoft Excel*, possibilitando uma análise visual e intuitiva através de gráficos e tabelas. Os registros dos resultados são realizados no *software Microsoft Word*, com o intuito de relatar e processar os dados em textos, de uma forma mais explicativa e detalhada.

### **3.6 Considerações finais do capítulo**

Neste capítulo foram mostradas as classificações dos tipos de pesquisa utilizados no presente estudo, além das ferramentas e metodologias aplicadas para atingir os objetivos propostos. O próximo capítulo aborda o estudo de caso, com a apresentação dos equipamentos analisados, a aplicação da prática proposta nos métodos e a discussão dos resultados obtidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Características da empresa e do setor

O estudo foi realizado em uma indústria de cosméticos multinacional responsável pela fabricação de diversas marcas consolidadas no mercado brasileiro.

Dentre a diversa gama de produtos fabricados na empresa é possível citar *shampoos*, condicionadores, produtos de coloração capilar, protetores solares, esmaltes, cremes hidratantes, loções de barbear, desodorantes, além da customização para a adaptação de perfumes importados de acordo com as normas brasileiras.

O processo produtivo da empresa para os produtos que são completamente fabricados na planta passa pelas seguintes etapas: fabricação de embalagens plásticas, fabricação do produto e envase.

A fabricação do produto e das embalagens plásticas acontecem simultaneamente, com uma pequena vantagem na fabricação das embalagens, garantindo uma margem de segurança que pare a produção. Os produtos que utilizam embalagens que não são plásticas, como vidros, recebem as mesmas já prontas, sendo feito apenas o produto e o envase.

A fabricação de embalagens plásticas passa por processos diferentes, dependendo do tipo de produto. Os principais métodos de fabricação de embalagens na empresa envolvem dois equipamentos: sopradoras e injetoras.

No processo de sopro os equipamentos recebem a matéria-prima de silos, realizando a mistura dos materiais para o determinado material final, obtêm a temperatura ideal e então o processo de sopro é realizado. No sistema de injeção os equipamentos passam por processos análogos. As embalagens prontas são, então, armazenadas em caixas e enviadas para o envase de acordo com a programação de produção.

O produto em si é fabricado em grandes panelas, passando por um longo e criterioso processo de validação.

O processo de envase é realizado, através de operadores, auxiliares e também de linhas automatizadas, garantindo eficiência do processo. Nesta fase os produtos também são rotulados e armazenados em caixas para serem enviadas para os centros de distribuição espalhadas por todo o país.

Com o objetivo de garantir o pleno funcionamento dos equipamentos utilizados no processo, existe o setor de Planejamento e Controle da Manutenção e a equipe de Manutenção. São realizadas manutenções periódicas e preventivas em todos os equipamentos, além de manutenções corretivas eventuais que causam paradas na produção. Para a realização de tais atividades, as programações são feitas em alinhamento com o Planejamento e Controle de Produção.

O maior volume de produção no que diz respeito a fabricação de embalagens plásticas na empresa estudada se dá por meio do processo de sopro. As sopradoras da fábrica são da fabricante Pavan Zanetti, como a indicada na Figura 7.



Figura 5: Sopradora BMT 10.0D/H  
Fonte: Pavan Zanetti (2018)

De maneira simplificada, a sopradora recebe o material, realizando o aquecimento do mesmo através de uma sequência de zonas de aquecimento, formando o *parison*. O material, na temperatura correta, é encaminhado ao molde, onde ocorre o processo de sopro e resfriado na forma desejada do frasco. Em seguida o rebarbador é responsável por retirar tanto as rebarbas superiores quando as rebarbas inferiores do frasco. Então o manipulador move os frascos finalizados para a esteira. Na esteira os frascos passam ainda por uma validação através do testador de furos, que visa garantir que os frascos não apresentam defeitos e por fim são encaminhados para a caixa de armazenamento.

A Figura 8 tem como objetivo explicitar o fluxo do processo de fabricação na fábrica de cosméticos.

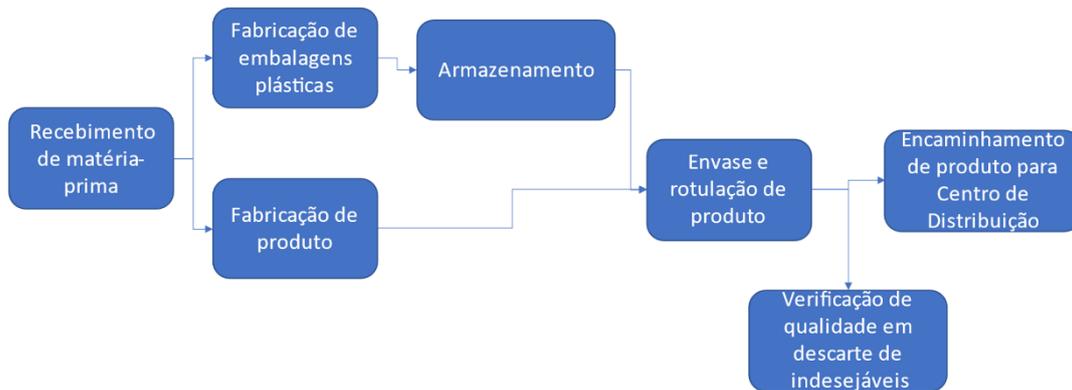


Figura 7: Fluxograma de processo na fábrica  
Fonte: Pesquisa direta (2021)

Como mostrado na Figura 8, o recebimento de matéria-prima se divide nos materiais para a fabricação de embalagens plásticas e nos materiais para a fabricação do produto. Devida a facilidade de armazenamento de embalagens plásticas, elas são fabricadas e ficam armazenadas até o envase, enquanto o cosmético é fabricado e logo em seguida são envasados. Após a verificação de qualidade dos produtos acabados e descarte dos defeituosos, ocorre o encaminhamento para o Centro de Distribuição, fora da fábrica.

A Figura 9 mostra o organograma com a hierarquia utilizada na empresa, de acordo com os cargos dos responsáveis pela realização da produção, manutenção e processo adjacentes, dentro do setor de Embalagens Plásticas.

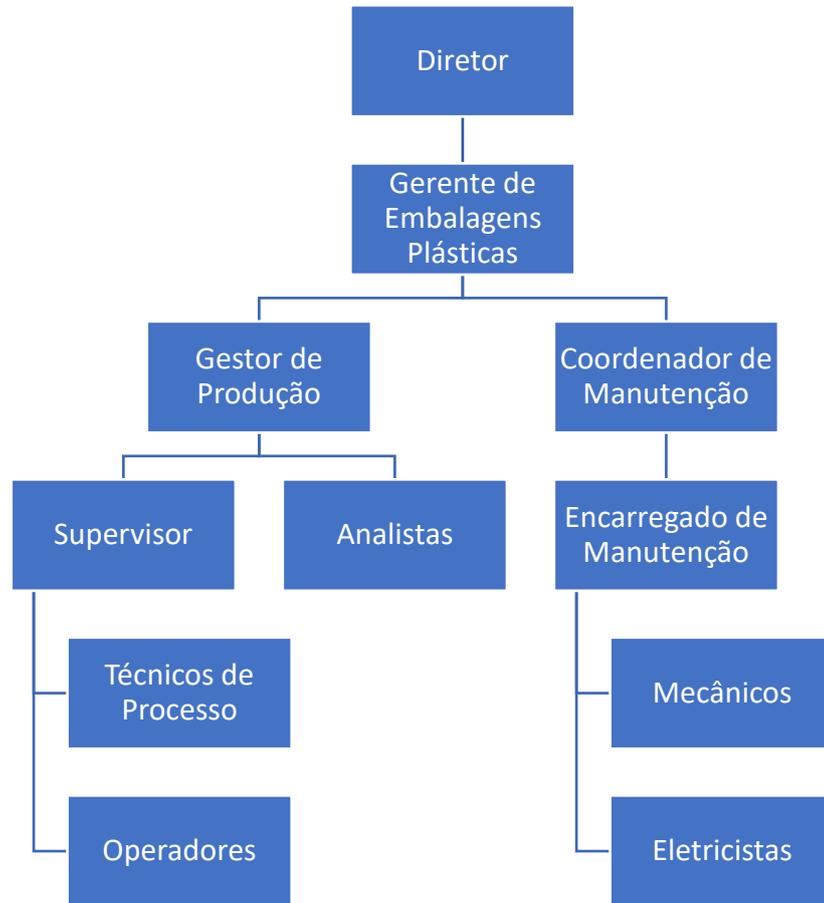


Figura 6: Organograma hierárquico do setor de Embalagens Plásticas  
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

Apesar da hierarquia definida, diariamente são realizadas reuniões rápidas com os membros da gestão com o objetivo de alinhar as tarefas prioritárias e expectativas que garantem um processo de melhoria contínua e trabalho em equipe entre membros de diferentes cargos.

#### 4.2 Diagnóstico dos equipamentos com baixos índices

Ao final de cada turno são realizados registros com todas as paradas ocorridas em cada equipamento. Como forma de delimitar o escopo do estudo, serão consideradas apenas as paradas por motivos eletromecânicas e nas sopradoras, responsáveis pelo maior impacto de produção no setor de Embalagens Plásticas.

Os registros de paradas eletromecânicas são armazenados em planilhas do *Excel*, podendo ser acessadas e encontrado com relativa facilidade o histórico das paradas e seu impacto, em tempo de indisponibilidade do equipamento, além de ter como principal função o cálculo de eficiência da fábrica.

Com os dados anteriores, foi possível obter o histórico do ano fiscal 2021, considerado na empresa, indo de julho de 2020 a junho de 2021.

Com o objetivo de identificar os equipamentos com mais baixos índices foram feitos cálculos considerando todo o período do Ano Fiscal 2021, incluindo todo o tempo de funcionamento e de paradas dos equipamentos, além do número de paradas. O cálculo de Confiabilidade foi realizado tomando como tempo base a duração de um turno, que é de 480 minutos, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Histórico e Indicadores do Ano Fiscal 2021 para Sopradoras ordenadas por Confiabilidade

Linha	Paradas Eletromecânicas (qtde.)	Paradas Eletromecânicas (min)	Jornada (min)	MTTR (min)	MTBF (min)	Disponibilidade	Confiabilidade	Turno (min)
SP19	55	3.880	270.558	71	4.849	98,6%	91%	480
SP07	119	8.662	313.570	73	2.562	97,2%	83%	480
SP22	187	13.094	346.063	70	1.781	96,2%	76%	480
SP09	104	10.372	171.005	100	1.545	93,9%	73%	480
SP10	90	8.834	137.587	98	1.431	93,6%	71%	480
SP04	154	12.750	222.128	83	1.360	94,3%	70%	480
SP08	89	7.651	126.349	86	1.334	93,9%	70%	480
SP21	106	9.655	145.939	91	1.286	93,4%	69%	480
SP23	154	8.248	201.432	54	1.254	95,9%	68%	480
SP01	242	17.256	314.892	71	1.230	94,5%	68%	480
SP12	38	3.344	45.849	88	1.119	92,7%	65%	480
SP24	243	14.140	235.495	58	911	94,0%	59%	480
SP03	304	24.687	274.858	81	823	91,0%	56%	480
SP20	122	8.530	101.867	70	765	91,6%	53%	480
SP02	58	5.802	34.161	100	489	83,0%	37%	480
SP06	169	25.315	93.819	150	405	73,0%	31%	480
SP05	59	6.763	25.455	115	317	73,4%	22%	480
Média	135	11.117	180.060	86	1.380	91%	63%	480

Fonte: Pesquisa direta (2021)

É possível notar que a Sopradora 05 (SP05) tem a menor confiabilidade no período analisado. Entretanto é necessário levar em consideração também o volume de produção, para que o foco do estudo seja feito em equipamentos que provocam impacto relevante na produção geral. O volume de produção tem relação direta com a jornada total de funcionamento do equipamento. Por isso a tabela pode ser reordenada em ordem decrescente de acordo com a Jornada, dada em minutos, como na Tabela 3.

Tabela 3: Histórico e Indicadores do Ano Fiscal 2021 para Sopradoras ordenadas por Jornada

Linha	Paradas Eletromecânicas (qtde.)	Paradas Eletromecânicas (min)	Jornada (min)	MTTR (min)	MTBF (min)	Disponibilidade	Confiabilidade	Turno (min)
SP22	187	13.094	346.063	70	1.781	96,2%	76%	480
SP01	242	17.256	314.892	71	1.230	94,5%	68%	480
SP07	119	8.662	313.570	73	2.562	97,2%	83%	480
SP03	304	24.687	274.858	81	823	91,0%	56%	480
SP19	55	3.880	270.558	71	4.849	98,6%	91%	480
SP24	243	14.140	235.495	58	911	94,0%	59%	480
SP04	154	12.750	222.128	83	1.360	94,3%	70%	480
SP23	154	8.248	201.432	54	1.254	95,9%	68%	480
SP09	104	10.372	171.005	100	1.545	93,9%	73%	480
SP21	106	9.655	145.939	91	1.286	93,4%	69%	480
SP10	90	8.834	137.587	98	1.431	93,6%	71%	480
SP08	89	7.651	126.349	86	1.334	93,9%	70%	480
SP20	122	8.530	101.867	70	765	91,6%	53%	480
SP06	169	25.315	93.819	150	405	73,0%	31%	480
SP12	38	3.344	45.849	88	1.119	92,7%	65%	480
SP02	58	5.802	34.161	100	489	83,0%	37%	480
SP05	59	6.763	25.455	115	317	73,4%	22%	480
Média	135	11.117	180.060	86	1.380	91%	63%	480

Fonte: Pesquisa direta (2021)

Entende-se que os equipamentos que trazem maior impacto geral nos índices de produção geral da fábrica são os que possuem maior tempo de jornada de trabalho, sendo estes os que estão acima da média geral de jornadas de 180.060 minutos. São estes: SP22, SP01, SP07, SP03, SP19, SP24 SP04 e SP23.

Com a classificação sendo realizada através da jornada, observa-se que os equipamentos com índices de confiabilidade críticas, abaixo da média de 63%, e alta jornada de produção são as Sopradoras SP03 e SP24, sendo, portanto, as mais relevantes para o estudo.

As paradas eletromecânicas são caracterizadas de acordo com a localização ou sistema no equipamento. Os motivos de paradas são:

- MAPL – MANIPULADOR
- MOLD - MOLDE
- NCAQ - NUCLEO AQUECIMENTO
- PERF – PERIFERICOS (ANEL/BUCHA/PONTEIRA)
- PGPS – PROGRAMADOR
- SIAR - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE RESINA
- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
- SISTEMA TERMORREGULADOR

- SITEMA DE SECAGEM DE RESINA
- STCA - SISTEMA DE CALIBRAÇÃO
- STEL - SISTEMA ELÉTRICO
- STET - SISTEMA DE EXTRUSAO/INJEÇÃO
- STFQ - SISTEMA FACA QUENTE
- STHD - SISTEMA HIDRAULICO
- STPN - SISTEMA PNEUMATICO
- STTI - SISTEMA TRAVAMENTO INJEÇÃO
- STTR - SISTEMA DE TRANSPORTE
- UNEJ - UNIDADE EJETOR
- UNET - UNIDADE ESTIRAMENTO
- UNEX - UNIDADE DE EXTRUSÃO
- UNGC - UNIDADE GATE CUTTER
- UNMO - UNIDADE DE MOAGEM
- UNRB - UNIDADE DE REBARBAÇÃO
- UNSC - UNIDADE DE SEPARAÇÃO DE CAIXAS
- UNSP - UNIDADE SOPRO
- UNTF - UNIDADE TESTADORA DE FUROS
- UPAQ - UNIDADE POTE AQUECIMENTO

Apesar do registro com a localização ou o sistema responsável pelo defeito que ocasionou na parada, nem sempre é fácil de identificar qual foi a falha real do equipamento. O registro e a gestão das informações no histórico se mostra extremamente relevante para a aplicação de uma metodologia de forma precisa.

### **4.3 Proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade**

Delimitando o estudo entre os dois equipamentos que apresentam a melhor relação entre alta jornada e baixa confiabilidade, a proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade visa identificar quais são as principais causas que provocaram os baixos índices nas sopradoras SP03 e SP24. Através de dados da planilha de registros de produção e suas paradas, é possível obter informações que definem quais são as falhas mais recorrentes nos dois equipamentos analisados.

Para a Sopradora SP03 todas os motivos de paradas que tiveram ocorrência no período delimitado estão descritos na Tabela 4, incluindo o quanto este tempo representa no total de paradas e qual a porcentagem de tempo que a máquina ficou indisponível por este motivo de parada.

Tabela 4: Paradas Eletromecânicas em Sopradora 03

Parada Eletromecânica	Tempo (min)	% Paradas	% Indisponível
MOLD - MOLDE	8298	33,6%	3,0%
STEL - SISTEMA ELÉTRICO	3933	15,9%	1,4%
MAPL – MANIPULADOR	2975	12,0%	1,1%
STHD - SISTEMA HIDRAULICO	2840	11,5%	1,0%
UNEX - UNIDADE DE EXTRUSÃO	2568	10,4%	0,9%
STFQ - SISTEMA FACA QUENTE	1088	4,4%	0,4%
UNRB - UNIDADE DE REBARBAÇÃO	826	3,3%	0,3%
STTR - SISTEMA DE TRANSPORTE	680	2,8%	0,2%
STCA - SISTEMA DE CALIBRAÇÃO	619	2,5%	0,2%
UNTF - UNIDADE TESTADORA DE FUROS	310	1,3%	0,1%
SIAR - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE RESINA	294	1,2%	0,1%
PERF – PERIFERICOS (ANEL/BUCHA/PONTEIRA)	117	0,5%	0,0%
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	91	0,4%	0,0%
UNMO - UNIDADE DE MOAGEM	22	0,1%	0,0%
UNSP - UNIDADE SOPRO	16	0,1%	0,0%
STPN - SISTEMA PNEUMATICO	10	0,0%	0,0%
NCAQ - NUCLEO AQUECIMENTO	0	0,0%	0,0%
PGPS – PROGRAMADOR	0	0,0%	0,0%
SISTEMA TERMORREGULADOR	0	0,0%	0,0%
SITEMA DE SECAGEM DE RESINA	0	0,0%	0,0%
STET - SISTEMA DE EXTRUSAO/INJEÇÃO	0	0,0%	0,0%
STTI - SISTEMA TRAVAMENTO INJEÇÃO	0	0,0%	0,0%
UNEJ - UNIDADE EJETOR	0	0,0%	0,0%
UNET - UNIDADE ESTIRAMENTO	0	0,0%	0,0%
UNGC - UNIDADE GATE CUTTER	0	0,0%	0,0%
UNSC - UNIDADE DE SEPARAÇÃO DE CAIXAS	0	0,0%	0,0%
UPAQ - UNIDADE POTE AQUECIMENTO	0	0,0%	0,0%

Fonte: Pesquisa direta (2021)

Com a finalidade de facilitar a visualização e o impacto causado por cada tipo de falha é possível fazer um Gráfico de Pareto para o tempo de parada Sopradora 03, conforme Figura 10.

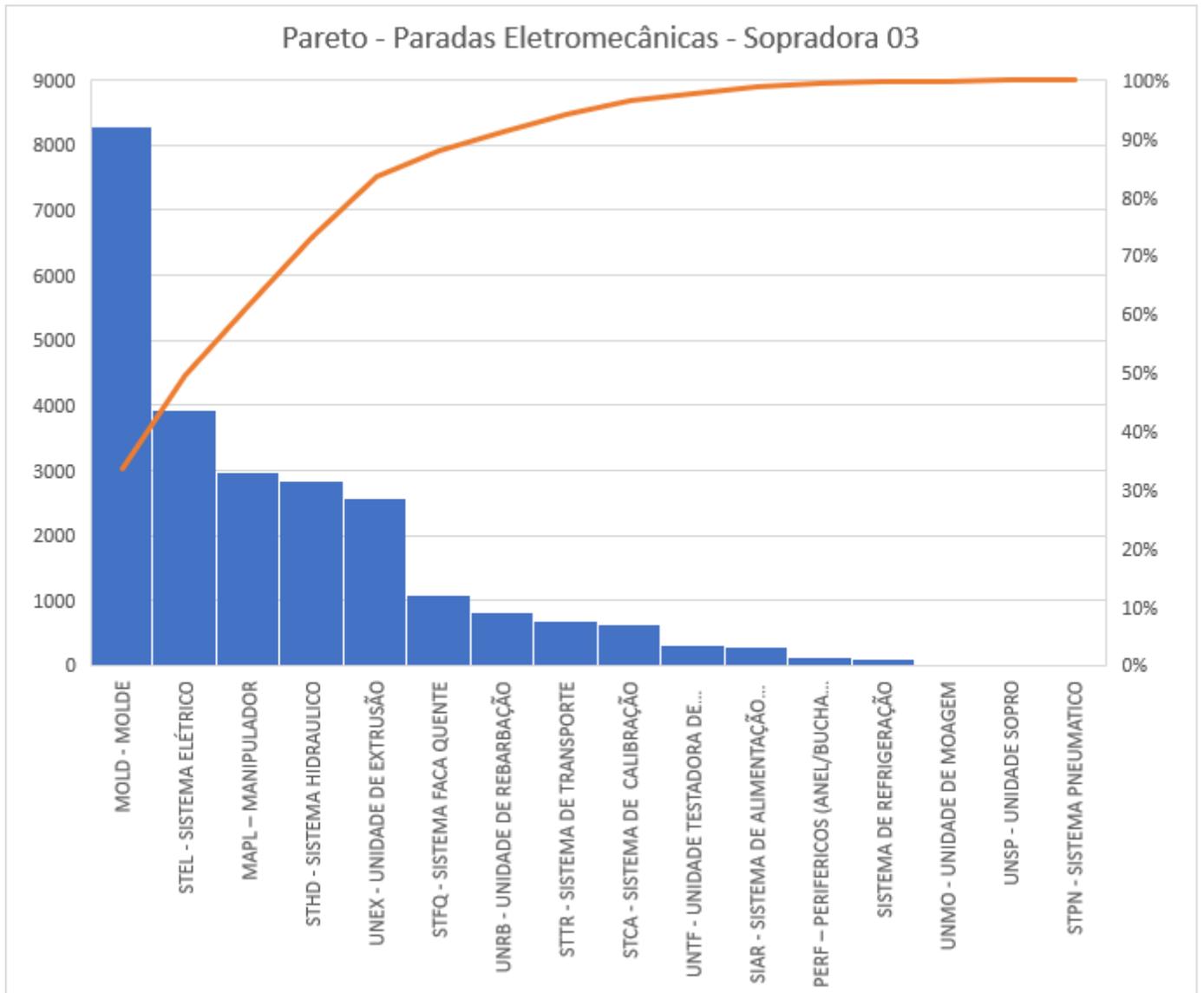


Figura 8: Gráfico de Pareto com Paradas Eletromecânicas de Sopradora 03  
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

A Tabela 4 e a Figura 10 mostram que o motivo de maior recorrência de paradas eletromecânicas na Sopradora SP03 ocorreu por falhas no Molde do equipamento, totalizando mais que o dobro do segundo maior tempo de paradas, que é o Sistema Elétrico. Além de Sistema Elétrico, os motivos de paradas que os sucedem, com tempos relativamente próximos, são por falhas no Manipulador, no Sistema Hidráulico e na Unidade de Extrusão. Em seguida, são apresentados os próximos motivos de paradas, que representam um tempo curto e pouco impacto na disponibilidade do equipamento.

Fazendo de maneira análoga para a Sopradora 24:

Tabela 5: Paradas Eletromecânicas em Sopradora 24

Parada Eletromecânica	Tempo (min)	% Paradas	% Indisponível
MAPL – MANIPULADOR	3018	21,3%	1,3%
STHD - SISTEMA HIDRAULICO	2037	14,4%	0,9%
STEL - SISTEMA ELÉTRICO	1611	11,4%	0,7%
UNEX - UNIDADE DE EXTRUSÃO	1374	9,7%	0,6%
SIAR - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE RESINA	1272	9,0%	0,5%
STCA - SISTEMA DE CALIBRAÇÃO	1250	8,8%	0,5%
MOLD - MOLDE	1233	8,7%	0,5%
STFQ - SISTEMA FACA QUENTE	676	4,8%	0,3%
STTR - SISTEMA DE TRANSPORTE	502	3,6%	0,2%
UNRB - UNIDADE DE REBARBAÇÃO	490	3,5%	0,2%
UNMO - UNIDADE DE MOAGEM	239	1,7%	0,1%
UNSP - UNIDADE SOPRO	189	1,3%	0,1%
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	90	0,6%	0,0%
STPN - SISTEMA PNEUMATICO	79	0,6%	0,0%
PGPS – PROGRAMADOR	53	0,4%	0,0%
UNTF - UNIDADE TESTADORA DE FUROS	25	0,2%	0,0%
STET - SISTEMA DE EXTRUSAO/INJEÇÃO	0	0,0%	0,0%
NCAQ - NUCLEO AQUECIMENTO	0	0,0%	0,0%
UNSC - UNIDADE DE SEPARAÇÃO DE CAIXAS	0	0,0%	0,0%
SISTEMA TERMORREGULADOR	0	0,0%	0,0%
SITEMA DE SECAGEM DE RESINA	0	0,0%	0,0%
STTI - SISTEMA TRAVAMENTO INJEÇÃO	0	0,0%	0,0%
UNEJ - UNIDADE EJETOR	0	0,0%	0,0%
UNET - UNIDADE ESTIRAMENTO	0	0,0%	0,0%
UNGC - UNIDADE GATE CUTTER	0	0,0%	0,0%
UPAQ - UNIDADE POTE AQUECIMENTO	0	0,0%	0,0%
PERF – PERIFERICOS (ANEL/BUCHA/PONTEIRA)	0	0,0%	0,0%

Fonte: Pesquisa direta (2021)

Diferentemente dos dados da Sopradora SP03, a Tabela 5 mostra os tempos de paradas da Sopradora SP24 são mais próximos entre si e por isso a porcentagem de indisponibilidade não varia tanto entre as cinco maiores. É possível fazer essa verificação de forma ainda mais clara no gráfico de Pareto, na Figura 11.

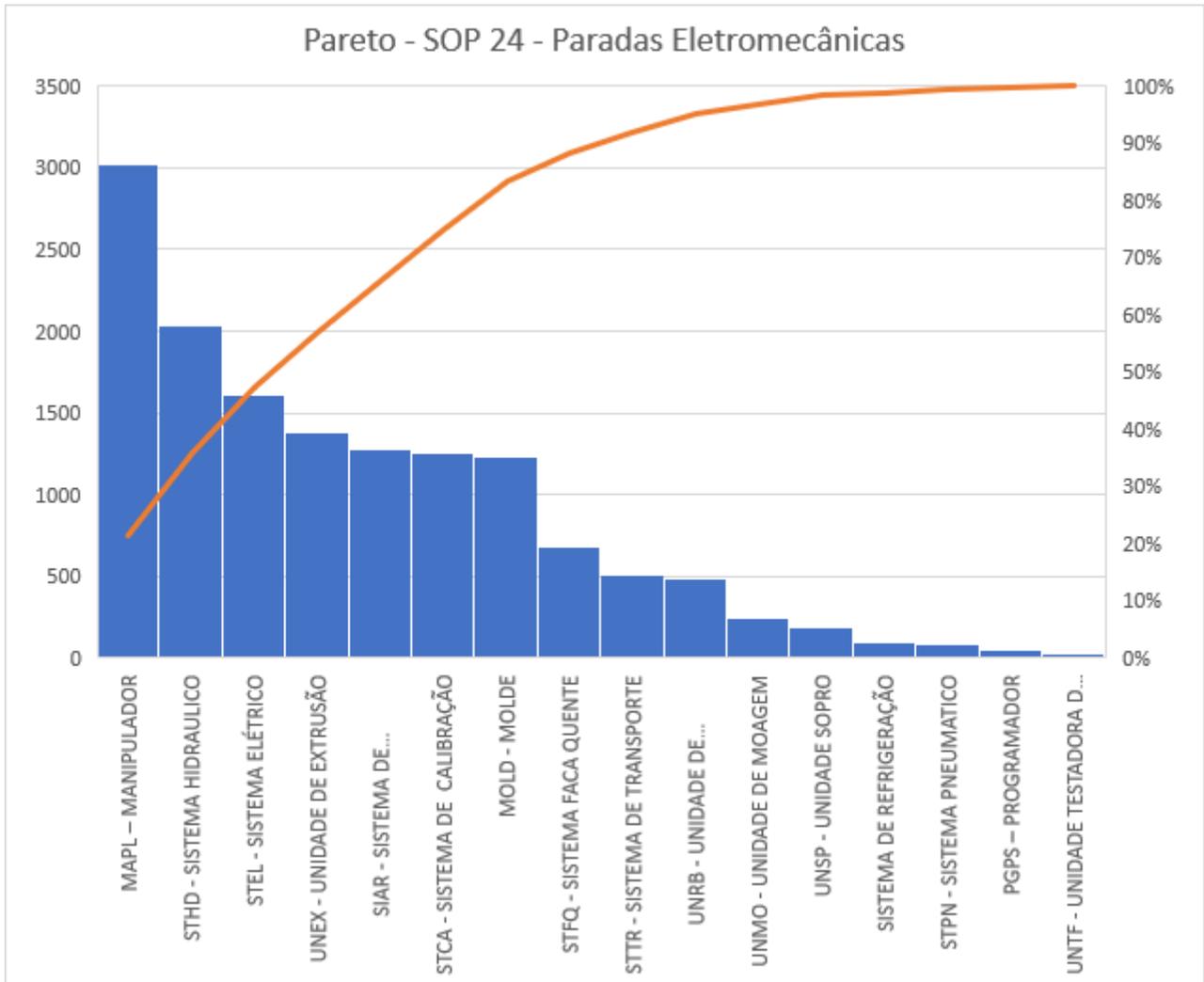


Figura 89: Gráfico de Pareto com Paradas Eletromecânicas de Sopradora 24  
 Fonte: Pesquisa direta (2021)

A Figura 11 mostra que dentre as ocorrências de paradas na Sopradora SP24, a mais frequente é por falha no Manipulador, seguidas por Sistema Hidráulico, Sistema Elétrico, Unidade de Extrusão, Sistema de Alimentação de Resina, Sistema de Calibração e Molde. A partir destas, ocorre uma queda significativa na soma dos tempos de paradas para as outras causas.

Após o mapeamento dos principais motivos de paradas para a Sopradora SP03 e a Sopradora SP24, o estudo tem a intenção de sugerir métodos que podem ser aplicados com o objetivo de reduzir os tempos de paradas das falhas que mais impactaram em cada máquina, com a possibilidade de aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

A Figura 12 mostra o fluxograma da proposta de aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade através de métodos que visam reduzir as causas das falhas, sendo aplicado individualmente para cada subconjunto do equipamento.

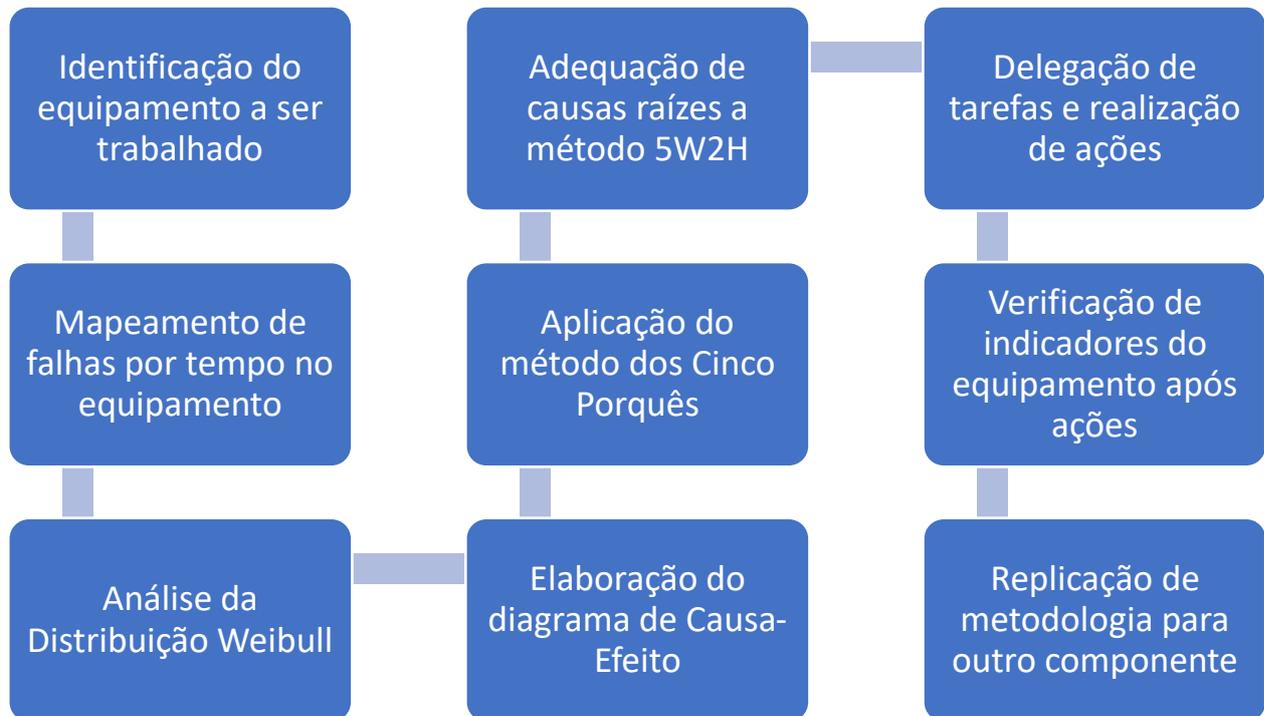


Figura 10: Fluxograma de Proposta de Aplicação do MCC  
Fone: Pesquisa direta (2021)

O fluxograma da Figura 12 pode ser aplicado para a maioria dos componentes, tanto da Sopradora 03 quanto da Sopradora 24, além de outras que podem ser o foco de trabalho no futuro.

Os dois primeiros passos, que foram realizados no presente estudo, são importantes para que o esforço realizado com a aplicação da metodologia não seja desperdiçado em um equipamento ou componente com, relativamente, pouco impacto.

O terceiro passo é a análise de Distribuição Weibull. Com a aplicação deste método, utilizando os históricos recentes de paradas, será possível determinar em qual fase de vida operacional o componente se encontra, seja a mortalidade infantil, a vida útil ou o envelhecimento. A partir dessa informação será possível tomar uma decisão acertada a respeito das ações tomadas, sendo passíveis de ações pontuais, detectadas com as metodologias seguintes, ou até a substituição do componente.

A partir da decisão de que o componente ainda possui utilização viável, o quarto passo é a elaboração do diagrama de Causa-Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, onde se levantam o máximo de possibilidades que levaram a falha. Para a realização do método, a precisão será maior com um conhecimento profundo ou apoio de técnicos especialistas no equipamento.

Com as causas que provocam o efeito da falha definidas, deve-se seguir para a aplicação do método dos Cinco Porquês, sendo este o quinto passo. Assim como o método anterior, para a aplicação do método é necessário que o responsável entenda o processo e levante hipóteses do que tem causado a falha, respondendo o porquê da pergunta anterior até que se encontre a causa raiz do problema.

O sexto passo pode ser feito com a causa raiz definida será possível traçar um Plano de Ações através do método 5W2H, definindo as ações a serem tomadas com precisão, incluindo o que deve ser feito, onde, quando, por que, por quem, como e quanto vai custar. É de suma importância que a definição seja feita de forma coerente e eficiente, para que as ações sejam realizadas da melhor maneira possível, otimizando tempo e outros recursos, já dando prosseguimento no sétimo passo.

O oitavo passo consiste em realizar uma verificação e comparação dos indicadores anteriores às ações tomadas e posteriores, com objetivo de descobrir se houve uma melhora significativa e se a aplicação dos métodos foi eficiente. Caso não tenha ocorrido, deve-se investigar quais foram as falhas durante o processo e como seria possível eliminá-las ou reduzi-las.

Caso a etapa anterior tenha um resultado positivo, o nono passo é a replicação da metodologia para outros componentes de relevância para a eficiência geral da fábrica, com a possibilidade de aumento na confiabilidade dos equipamentos.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

O presente estudo tem como objetivo elaborar uma proposta de Manutenção Centrada na Confiabilidade em equipamentos de fabricação de embalagens plásticas em uma empresa de cosméticos, trazendo a possibilidade de elevar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

A metodologia do estudo foi de caráter exploratório pois foram realizados a revisão bibliográfica e o estudo de caso em uma empresa de cosméticos. A revisão bibliográfica abordou os principais conceitos de Manutenção e seus tipos, como Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Produtiva Total e Manutenção Centrada na Confiabilidade, além dos métodos para a realização do estudo de confiabilidade.

O estudo de caso foi realizado através dos dados de paradas não programadas obtidas no histórico da empresa e registrados através de planilhas do *software* Microsoft Excel, incluindo o motivo da parada com registro da localização ou conjunto do equipamento.

Com os dados obtidos foi possível realizar uma comparação dos indicadores de desempenho dos equipamentos e identificar quais seriam os mais relevantes para o estudo. A partir dessa identificação, ocorreu a estratificação de paradas por conjuntos presentes nos equipamentos.

Constatou-se que a Sopradora 03 e a Sopradora 24 apresentam a melhor relevância quando comparadas pela relação entre tempo de jornada e volume de produção e índice de confiabilidade.

Ambas as sopradoras apresentam números elevados de paradas devido a defeito no manipulador, porém este defeito é predominante apenas na Sopradora 24, enquanto na Sopradora 03 o defeito mais recorrente é no Molde. Além destes, Sistema Elétrico, Sistema Hidráulico e Unidade de Extrusão são defeitos mais comum nas duas sopradoras.

Com as informações obtidas é possível propor um fluxograma com uma Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade com métodos de Confiabilidade, buscando a possibilidade de reduzir significativamente as paradas nos defeitos encontrados e melhorar os indicadores de desempenho dos equipamentos. Em caso de sucesso na aplicação do fluxograma da Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade, pode-se usar como piloto para a replicação da metodologia em outros equipamentos semelhantes.

## 5.2 Recomendações

Apesar do estudo ter atingido seus objetivos, é possível pensar em continuidades e aperfeiçoamentos, trazendo melhorias ao processo.

1. Aplicação da proposta do fluxograma de aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade sugerido no estudo.
2. Implementação de Registros de Produção com Maior Qualidade e Quantidade de Detalhes nos Motivos de Paradas dos Equipamentos.
3. Estudo de Confiabilidade na Manutenção de Equipamentos Responsáveis por Envase em uma Empresa de Cosméticos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Editora Érica, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519791>. Acesso em: 07 jun. 2021.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia Científica**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2015. 9788522122424. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522122424/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017. 9788502636552. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502636552/>. Acesso em: 07 Nov 2021

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2009. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154933>. Acesso em: 07 jun. 2021.

GIL, A. C **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 7ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597020991/>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

GREGÓRIO, G.F. P.; SANTOS, D. F.; PRATA, A. B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 360 p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Grupo GEN, 2013. 9788595152526. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152526/>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

PASCHOAL, D. S. S., MENDONÇA, M. A., MORAIS, R. D., GITAHY, P. F. S. C. R., LEMOS, M. A. **Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade.** Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA. n.º. 03 Jan.-Jun. 2009.

PAVAN ZANETTI (Americana) (org.). **Pavan Zanetti | Séries BIMATIC.** 2018. Disponível em: <http://www.pavanzanetti.com.br/serie-bimatic-br>. Acesso em: 23 set. 2021.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas**, 4ª edição. São Paulo: Grupo GEN, 2017. 9788597013948. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013948/>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

SILVEIRA, Aline Morais. D.; VILSEKE, Abel. J.; PEZZATTO, Alan. T.; GREGÓRIO, Gabriela F. P. **Confiabilidade de sistemas.** Porto Alegre: Grupo A, 2018. 9788595028456. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595028456/>. Acesso em: 28 nov. 2021.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.