



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



**Lucas Araújo Castro**

**ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA  
CONFIABILIDADE PARA A ELABORAÇÃO DE PLANO DE AÇÃO: O CASO DE  
UMA FROTA DE CAMINHÕES RODOVIÁRIOS DE UMA EMPRESA DE  
MINERAÇÃO**

**OURO PRETO - MG**  
**2020**

**Lucas Araújo Castro**  
**lucas-araujo-09@hotmail.com**

**ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA  
CONFIABILIDADE PARA A ELABORAÇÃO DE PLANO DE AÇÃO: O CASO DE  
UMA FROTA DE CAMINHÕES RODOVIÁRIOS DE UMA EMPRESA DE  
MINERAÇÃO**

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 Luis Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG**  
**2020**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C355e Castro, Lucas Araújo.

Estudo dos princípios da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a elaboração de plano de ação [manuscrito]: o caso de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração. / Lucas Araújo Castro. - 2020.

68 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira Silva.

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

1. Engenharia (confiabilidade) - Máquinas - Manutenção e reparos . 2. Equipamentos Rodoviários. 3. Confiabilidade (Engenharia). 4. Controle de qualidade . 5. Gestão da qualidade total. I. Silva, Washington Luis Vieira . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621:061.3

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****Lucas Araújo Castro**

ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA A ELABORAÇÃO DE PLANO DE AÇÃO: O CASO DE UMA FROTA DE CAMINHÕES  
RODOVIÁRIOS DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO

Membros da banca

Washington Luís Vieira da Silva - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto  
Elisângela Martins Leal - Doutora - Universidade Federal de Ouro Preto  
Sávio Sade Tayer - Mestre - Universidade Federal de Ouro Preto

Versão final

Aprovado em 05 de Novembro de 2020

De acordo

Professor Orientador Washington Luis Vieira da Silva



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/12/2020, às 09:35, 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 **0109196** e o código CRC **1BC3ED77**.

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.009077/2020-94

SEI nº 0109196

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

À Deus que sempre ilumina meu caminho  
Aos meus pais pelo apoio e suporte  
À todas aqueles que de alguma forma  
contribuíram durante essa caminhada

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus pais José Lemes e Raquel pelo apoio e incentivo na conclusão deste trabalho, por todo suporte educacional que sempre contribuíram da melhor forma para o meu desenvolvimento como pessoa e profissional.

Ao meu Orientador, Professor Washington, por toda disponibilidade, pelo ensino de excelência e pelo apoio neste trabalho.

A todos amigos e familiares que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para o êxito dessa caminhada.

*“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens,  
mas em ter novos olhos”*

Marcel Proust

## RESUMO

CASTRO, Lucas Araújo. **Estudo dos princípios da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a elaboração de plano de ação: o caso de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração**, 2020. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

Este estudo tem como objetivo geral analisar a contribuição da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração. São aplicados os princípios Manutenção Centrada na Confiabilidade e as ferramentas da Gestão da Manutenção entre os meses de janeiro e julho de 2020 para análise do desempenho de equipamentos da frota de caminhões rodoviários em vista da melhoria da confiabilidade desses equipamentos. Para isso, é realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, estabelecendo uma linha de raciocínio para obtenção dos modelos gráficos, e posterior elaboração de planos de ação. São também apresentadas as ferramentas e métodos utilizados na pesquisa. A partir disso, são levantadas situações iniciais de trabalho real e por meio desses parâmetros são consolidados os dados coletados em um *software* comercial, a fim de estabelecer modelos gráficos para análise das situações com maior impacto. Com a pesquisa, é possível visualizar, por meio de um *dashboard* em POWER BI, os itens e conjuntos de componentes que tem maior impacto nas horas de manutenção corretiva da frota de caminhão rodoviários, sendo eles, conexões elétricas, bateria, pneu, compressor, conjunto injetor e módulo coordenador e partir disso elaborados planos de ações para a possível melhoria de confiabilidade desses ativos. É proporcionada no trabalho a partir da utilização de ferramentas da qualidade o emprego dos princípios da MCC e da Gestão da Manutenção a fim de se estabelecer e/ou aperfeiçoar a confiabilidade em equipamentos de rodoviários que operam no processo de mineração.

**Palavras-chave:** *Manutenção Centrada em Confiabilidade, Ferramentas da Qualidade, Equipamentos Rodoviários, POWER BI, Indicadores da manutenção.*



## ABSTRACT

*CASTRO, Lucas Araújo. Study of the principles of Reliability Centered Maintenance for the elaboration of an action plan: the case of a fleet of road trucks from a mining company, 2020. (Bachelor Degree in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.*

*This study aims to analyze the contribution of Reliability Centered Maintenance to the elaboration of the action plan for a fleet of road trucks of a mining company. The principles of Reliability Centered Maintenance and the tools of Maintenance Management are applied between the months of January and July 2020 to analyze the performance of equipment in the fleet of road trucks in order to improve the reliability of this equipment. For this, a bibliographic research on the theme is carried out, establishing a line of reasoning to obtain the graphic models, and later elaboration of action plans. The tools and methods used in the research are also presented. From this, initial situations of real work are raised and through these parameters the data collected in commercial software are consolidated, in order to establish graphic models for analyzing the situations with the greatest impact. With the search, it is possible to view, through a dashboard in POWER BI, the items and sets of components that have the greatest impact on the corrective maintenance hours of the road truck fleet, namely, electrical connections, battery, tire, compressor, injector set and coordinating module and from there elaborate action plans for the possible improvement of the reliability of these assets. The use of quality tools employs the principles of MCC and Maintenance Management in order to establish and / or improve the reliability of road equipment operating in the mining process.*

**Keywords:** *Reliability Centered Maintenance, Quality Tools, Road Equipment, POWER BI, Maintenance Indicators*

## LISTA DE SIGLAS

**5W2H** - *What, Where, When, Who, How, How Much* (O que, Porque, Quem, Onde, Quando, Como, Quanto Custa)

**DF** – Disponibilidade Física

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

**MCC** – Manutenção Centrada na Confiabilidade

**MTBF** – Tempo Médio de Falhas

**MTTR** – Tempo Médio Até Conclusão De Reparos

**PCM** – Planejamento e Controle da Manutenção

**PDCA** – *Plan, Do, Check and Act* (Planejar, Fazer, Checar e Agir)

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Fluxograma dos Processos.....	16
Figura 2 - Exemplo de gráfico de Pareto.....	18
Figura 3 - Interface Power BI.....	27
Figura 4 - Fluxograma dos Processos.....	31
Figura 5 - Fragmento do Organograma da empresa.....	36
Figura 6 - Organograma da Gerência de Equipamentos Rodoviários.....	37
Figura 7 - Comboio Diesel.....	39
Figura 8 - Exemplo de Caminhão Guindauto.....	40
Figura 9 - Exemplo de Caminhão Pipa.....	42
Figura 10 - Formulário eletrônico.....	43
Figura 11 - Perfil de Perdas.....	44
Figura 12 - Itens com mais horas de manutenção corretiva.....	46
Figura 13 - DF's.....	46
Figura 14 - Conjuntos com mais horas de manutenção corretiva.....	47
Figura 15 - Indicador de MTTR dos ativos em função dos meses de operação.....	48
Figura 16 - Fluxo de aplicação da MCC.....	53

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Cinco momentos na formulação de um plano de ação .....	22
Tabela 2 - Modelo de Plano de ação em ferramenta 5W2H.....	23
Tabela 3 - Variáveis e Indicadores .....	33
Tabela 4 - Planos de ações para itens críticos .....	49
Tabela 5 – Planos de Ações para Conjuntos .....	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	Formulação do problema .....	8
1.2	Justificativa.....	10
1.3	Objetivos.....	11
1.3.1	Geral .....	11
1.3.2	Objetivos Específicos .....	11
1.4	Estrutura do Trabalho .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1	Manutenção: uma abordagem geral.....	13
2.1.1	Tipos de Manutenção.....	14
2.2	Manutenção Centrada em Confiabilidade .....	15
2.2.1	Análise de Falhas.....	17
2.3	Ferramentas da Qualidade .....	17
2.3.1	Gráfico de Pareto .....	17
2.3.2	Perfil de Perdas .....	19
2.3.3	Plano de ação .....	21
2.4	Indicadores de Desempenho.....	23
2.5	Power BI.....	26
2.5.1	<i>Business Intelligence</i> .....	27
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	Tipo de pesquisa .....	29
3.2	Materiais e Métodos .....	30
3.3	Variáveis e Indicadores .....	32
3.4	Instrumento de Coleta de Dados.....	33
3.5	Tabulações dos Dados .....	34
3.6	Considerações Finais .....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
4.1	Características do Setor de Planejamento e Controle de Manutenção de Equipamentos Rodoviários da empresa.....	35
4.2	Descrição dos Equipamentos Rodoviários .....	38
4.3	Diagnóstico: Consolidação de dados e obtenção de gráficos e indicadores a partir do MCC .....	42

4.4	Análise a partir do MCC e Elaboração do Plano de Ação.....	45
4.5	Manutenção Centrada na Confiabilidade na contribuição de elaboração de Planos de Ação	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
5.1	Conclusão .....	55
5.2	Recomendações .....	56
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do problema

No atual cenário de negócios, o aumento da produtividade, a garantia dos prazos de entrega, o aumento da segurança dos operadores e a redução dos custos de produção junto com a diminuição dos desperdícios, são algumas das necessidades que corporações que querem se manter competitivas no mercado devem se assegurar. Tais obrigações caracterizam como imprescindível a prática de uma função operacional que visa garantir com que todos esses requisitos sejam cumpridos. Esta função é conhecida como manutenção e garante por meio da conservação de máquinas e equipamentos operacionais que tais instrumentos atuem sempre de maneira apropriada, proporcionando com que o produto requerido apresente satisfatória qualidade, tanto de entrega quanto de produção.

Segundo a ABNT NBR 5462 (p. 6, 1994), tem-se a definição de manutenção como sendo:

“O conjunto de ações técnicas e administrativas que tange como um todo o ramo e área industrial como um sistema único que destina manter ou recolocar um equipamento, instalação ou maquinário de um determinado setor, ou seja, sua principal função é manter em ordem o funcionamento dos equipamentos através de intervenções corretas e oportunas.”

A partir dos anos de 1960, com a necessidade de revisar por que e como aplicar programa de manutenção na indústria aeronáutica, grupos de trabalho desenvolveram novas técnicas para a estruturação de programas de manutenção preventiva a fim de preservar funções críticas em aeronaves comerciais. O termo “*Reliability Centered Maintenance*” foi incorporado em 1978 por F. Stanley Nowlan e Howard F. Heap a partir da publicação de um relatório para o Departamento de Defesa Americano (ALKAIM, 2003).

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é um método para o planejamento da manutenção industrial que visa racionalizar e sistematizar a definição de tarefas de manutenção, bem como, garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo. Apesar de utilizar as diversas técnicas de manutenção existentes, exige que algumas das práticas correntes de Manutenção Preventiva, utilizadas durante anos, sejam consideravelmente modificadas (FLEMING, 2000).

Além disso, esses métodos de planejamento têm como base identificar as ações a serem tomadas para reduzir a probabilidade de falha dos equipamentos e identificar os custos mais efetivos. A MCC procura estabelecer uma combinação ótima das ações de manutenção a serem desenvolvidas com base na condição, no tempo ou no ciclo de operação e na operação até a falha dos equipamentos (SOUZA, 2008).

A MCC pode ser aplicada em diversas formas em variados segmentos, como por exemplo, em caminhões, que atuam dentro do processo de lavramento na mineração.

Esses equipamentos promovem o transporte do material extraído para as etapas subsequentes do processo de beneficiamento na maioria das vezes sendo empregado a classe dos rodoviários. Estes são caracterizados por apresentarem menor robustez em comparação aos caminhões *off-roads*, ou seja, caminhões fora de estrada, tendo a permissão de tráfego em vias terrestres.

Três fatores básicos asseguram a presença dos caminhões rodoviários nas operações em minas, em comparação a seus maiores concorrentes nessa aplicação. Os equipamentos têm mais flexibilidade para atuar em condições nem sempre favoráveis a outras alternativas de transporte, como os caminhões *off road*, da chamada linha amarela, e os transportadores de correia, inclusive com maior maleabilidade para assumir funções que extrapolam o transporte de minério ou estéril. Também possuem custos menores de aquisição e manutenção e, não raro, podem complementar a atuação dos caminhões *off-roads* em etapas posteriores na logística interna da mina (INTHEMINE, 2019).

Contudo, esses caminhões na maioria das vezes atuam sobre condições extremas de operabilidade, e logo, apresentam falhas que comprometem a linha de exploração mineral. Alguns destes ativos operam de maneira contínua dentro da lavra de mineração, atuando 24 horas durante os 7 dias da semana, o que acarreta em eventos corretivos que vão na contramão da estratégia de manutenção empregada pela empresa.

Os princípios e técnicas da Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicadas nesse tipo de equipamentos são alguns dos artifícios que podem promover o aumento da eficiência de um sistema produtivo seguindo a percepção que a utilização de certos parâmetros gráficos e matemáticos, empregados por meio de *softwares* de consolidação com alto volume de dados. Além disso, podem contribuir com a maximização de ganhos de manutenção e, por consequência, de operação e de produção industrial.



Ou seja, o entendimento de números, gráficos e indicadores dentro de um processo de manutenção serve de incremento para fomentar uma análise posterior que tem grande influência na prevenção de possíveis falhas, sejam elas operacionais ou processuais, garantindo, por consequência, a entrega final do produto.

Por fim, pensando na necessidade de melhoria de um sistema produtivo, por meio de planos de ações baseados em não conformidades operacionais e sustentados por técnicas de confiabilidade de manutenção, tais como análise de falhas, informações gráficas e numéricas surge o seguinte questionamento:

**Como a Manutenção Centrada na Confiabilidade pode contribuir para elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração?**

## **1.2 Justificativa**

Como em toda empresa que quer se manter competitiva no mercado, a manutenção tem relevância fundamental como função estratégica dentro de uma corporação. É a partir desta que se consegue manter a disponibilidade dos equipamentos, gerenciar os recursos e tratar os defeitos de maquinários e ferramentas visando sempre o padrão de qualidade dos produtos. As organizações precisam de um constante investimento em uma gestão estratégica de manutenção segura como forma de identificar as práticas de manutenibilidade afim de otimizar os recursos e eliminar riscos (SILVA, 2018).

Porém, em muitos casos, as técnicas convencionais de manutenção não atendem os requisitos necessários de um determinado projeto ou processo. Para suprir essa necessidade, seleções de estratégias de manutenção para cada ativo são implantadas individualmente, contudo, visando sempre a sustentação de um determinado processo e a redução ao máximo do custo de ciclo de vida do ativo.

Uma das grandes vantagens da MCC é o modo simples, preciso e fácil como ela constitui as ações proativas tecnicamente praticáveis no contexto operacional, além da frequência e da orientação de quem necessita realizar a tarefa. Outra vantagem da MCC na triagem das diretrizes de manutenção em analogia às abordagens habituais, é o reconhecimento de que as implicações da falha são mais proeminentes que exclusivamente as suas particularidades técnicas. Em fluxos convencionais, essa seleção

é obtida da estimativa ou suposição dos atributos técnicos de um item e excedida para outros análogos, não avaliando as diferenças de contexto e consequências inerentes a cada item (LUCATELLI, 2002).

Visto isso, a utilização de ferramentas da Manutenção Centrada na Confiabilidade neste contexto, sendo utilizado o Gráfico de Pareto, juntamente a indicadores de desempenho, é uma alternativa viável para execução de um plano de ação tomado a partir de uma análise crítica. Essa técnica de análise é bastante referenciada quando necessita-se identificar a origem das causas de um problema, e fortemente recomendada, já que permite, a partir do grupo básico de possíveis causas (diagrama) e apontamentos numéricos (indicadores), desdobrar tais origens até os níveis de detalhe adequados à solução do problema.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Analisar a contribuição da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, manutenção centrada na confiabilidade e plano de ação;
- Elaborar um procedimento metodológico para analisar a contribuição da MCC na elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários;
- Coletar dados dos fenômenos de manutenção nas frotas rodoviárias do setor estudado;
- Criar um *dashboard* com o perfil de perdas, indicadores de desempenho e gráficos de análise no *Microsoft Power BI*;
- Comparar a base teórica com os dados coletados para analisar a contribuição da MCC na elaboração do plano de ação.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

No primeiro capítulo é exposta a introdução, citando uma perspectiva atual sobre o assunto para a formulação do problema, a justificativa para a cumprimento do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

Durante o segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica, que trata as considerações fundamentais ao estudo, tais como os aspectos gerais de manutenção e análise de falhas, princípios sobre ferramentas de Manutenção Centrada na Confiabilidade, além de uma breve percepção sobre consolidação de dados em um *software* de informação.

No terceiro capítulo é descrita toda a metodologia relacionada a pesquisa e estudo da seguinte forma: Tipo de pesquisa, Materiais e Métodos, Variáveis e Indicadores, Considerações finais do capítulo.

O quarto capítulo apresenta o emprego da proposta de metodologia, com os resultados e discussão do problema apresentado.

Já no último capítulo são realizadas as considerações finais da pesquisa a fim de responder a problemática deste trabalho, assim como as recomendações decorrentes deste estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manutenção: uma abordagem geral

De acordo com Slack *et al. apud* Paschoal *et al.* (2009), o termo manutenção normalmente é usado para tratar a maneira de como as corporações tentam impossibilitar a ocorrência de falhas.

Segundo Paschoal *et al.* (2009), entende-se manutenção como o reparo de elementos avariados. O autor salienta que devido a essa perspectiva restrita, as ações de manutenção seriam apenas tratadas como atividades de reparo. Porém, em um panorama atual, os objetivos da manutenção são de promover a disponibilidade do componente segundo as especificações do projeto, ou repará-lo para manter as necessidades físicas e de operação.

Paschoal *et al.* (2009) relatam que de acordo com o escopo de atuação das organizações as atividades de manutenção podem ser realizadas em diferentes segmentos internos das corporações. Logo, existem várias definições para o termo “manutenção”, onde na maior parte, tratam essa função organizacional como atividades em se visa prevenir e tratar falhas.

A Filho (1996) aborda a falha como sendo a perda da capacidade de um item para realizar sua função específica. Pode equivaler ao termo avaria. A NBR 5462 *apud* Filho (2000, p. 16) falha é “a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, onde o item deverá sofrer manutenção ou ser substituído”.

Para Slack *et al. apud* Paschoal *et al.* (2009) , falhas se ocasionam por motivos distintos, como falhas de fornecedores, falhas ocasionadas por interferência de clientes e falhas na produção industrial. De acordo a ISO 9001:2015 *apud* Paschoal *et al.* (2009), uma falha pode ser tratada também como um defeito ou uma condição atípica de operação em um componente, equipamento, subsistema ou sistema, e que pode interferir negativamente em seu funcionamento.

Por fim, Neto *et al.* (2012) cita que a manutenção é importante para qualquer empresa, pois esta, elimina as falhas e os defeitos dos equipamentos afim de promover a disponibilidade dos mesmos, e mantendo, desta forma, o padrão de qualidade dos produtos.

### 2.1.1 Tipos de Manutenção

A norma ABNT NBR 5462 (1994) diz a respeito dos fatores essenciais e terminologias que rodeiam a Confiabilidade e Mantenabilidade, e dentre esses conceitos estão os tipos de manutenção.

Segundo Engeles (2018) o primeiro aspecto a se definir é a diferença entre os tipos e estratégias de manutenção. Se essa diferença ficar bem definida, os reflexos irão se manifestar através da elevação dos níveis de confiabilidade, disponibilidade e produtividade dos ativos. Engeles (2018) menciona que muitos profissionais apontam a existência de diversos tipos de manutenção e os mesmos não qualificam o que é certo ou errado, mas como citado previamente, baseiam-se na NBR 5462. De acordo com a Norma NBR 5462, os **tipos de manutenção** existentes são três: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

- **Manutenção Corretiva**

De acordo com a norma ABNT NBR 5462 (p. 7, 1994) tem-se a Manutenção Corretiva como aquela que é “efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

É elucidado por Engeteles (2018) que isso significa uma ação de manutenção realizada com a finalidade de corrigir algo no equipamento, para que ele possa cumprir o seu papel dentro do processo de produção de acordo com o que foi definido no seu projeto. A manutenção corretiva pode ser emergencial ou programada, mas a diferença entre essas duas derivações será explicada mais adiante, porque isso já faz parte da estratégia de manutenção.

- **Manutenção Preventiva**

A NBR 5462 (p.7, 1994) determina Manutenção Preventiva como sendo: “Manutenção 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.”

- **Manutenção Preditiva**

A NBR 5462 (p.7, 1994) determina Manutenção Preditiva como sendo:

“Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de

supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.”

De acordo com Engeteles (2018) a manutenção preditiva tem o objetivo de prever a situação do equipamento e encontrar falhas em estágio inicial, quando ainda não são prejudiciais ao equipamento e/ou processo de produção. Uma vez que a falha foi identificada em estágio inicial, pode-se planejar e programar ações para eliminar essa falha.

## **2.2 Manutenção Centrada em Confiabilidade**

Segundo Britto (2006), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma metodologia ordenada, usada para otimizar as estratégias de manutenção.

Moubray (1997) relata que a Manutenção Centrada em Confiabilidade deu seus primeiros passos na década de 1970. O autor acrescenta que o evento primário publicamente notório como o “nascimento” da Manutenção Centrada em Confiabilidade foi a necessidade de certificar a nova linha de aeronaves Boeing 747 pela Administração Federal de Aviação - FAA (*Federal Aviation Authority*) nos Estados Unidos. O avião tinha níveis de automação jamais vistos e tinha uma capacidade de transportar passageiros três vezes maior que a maior aeronave existente na época. Logo foi percebido que o uso de metodologias comuns de manutenção não iria atender as exigências para a certificação da FAA e ainda iria custar caro (MOUBRAY, 1997).

Moubray (1997) complementa que em 1968 foi criada uma Força-Tarefa na *United Airlines*, nomeada de Grupo de direção de manutenção - MSG (*Maintenance Steering Group*) e liderada pelo então Vice-Presidente de Planejamento de Manutenção, Thomas D. Matteson, e composta por outros três engenheiros. Matteson e os demais engenheiros teriam que desenvolver uma política de manutenção que garantisse a confiabilidade operacional das aeronaves e isso teria que ter um custo ótimo.

Segundo Beehler *apud* Britto (2006), na MCC existem quatro princípios fundamentais. O primeiro deles diz respeito a preservação a função do sistema. Já no segundo cita que um programa de MCC adequado deve possibilitar a identificação dos modos de falha. O terceiro princípio diz que a MCC deve dar prioridade a importância dos modos de falha. Por fim no quarto princípio, o autor cita que a MCC deve identificar atividades voltadas para a manutenção planejada.

Os autores Souza e Lima (2003) acrescentam que a metodologia *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ou Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), é um procedimento a ser empregado para definir o que deve ser realizado para garantir que qualquer ativo continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça, no seu contexto operacional presente. Para ser desenvolvida, a metodologia utiliza sete perguntas sobre cada item em revisão ou sob análise crítica, para que seja preservada a função do sistema produtivo. Assim relatam Souza e Lima (p. 2, 2003):

- 1) Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
- 2) De que forma ele falha em cumprir sua função?
- 3) O que causa cada falha funcional?
- 4) O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5) De que modo cada falha importa?
- 6) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- 7) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Kroner (1999) relata que de acordo com as respostas dadas às questões anteriores, a MCC vai indicar e direcionar o replanejamento do plano de manutenção, a fim de se constatar o grau de desempenho cabível por quem apõe este método. O autor cita ainda que as respostas para as questões capitais da metodologia MCC podem ser desenvolvidas em sete passos, como pode ser visto na Figura 1.

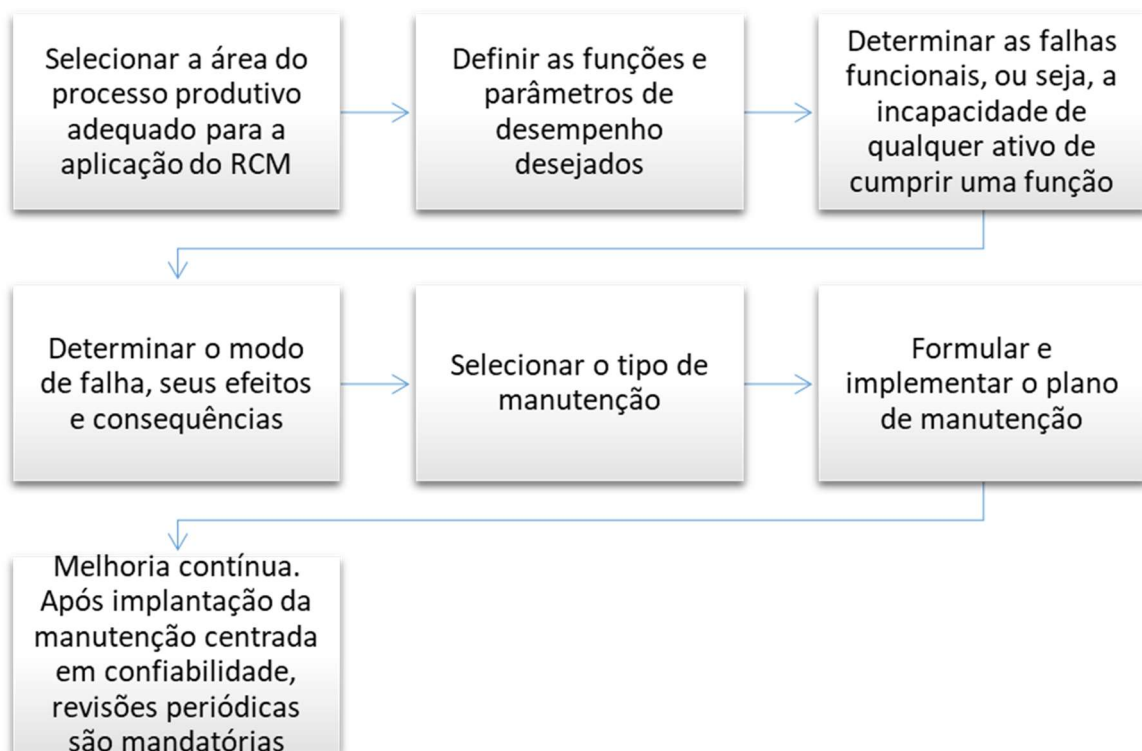


Figura 1 - Fluxograma dos Processos  
Fonte: Souza e Lima (2003)

### **2.2.1 Análise de Falhas**

De acordo com Engeman (2019) as análises de falhas visam a identificação de prováveis avarias e a determinação de riscos em um dado processo. Tal método determina a causa e efeito gerado por estes afim de se obter soluções que garantam a não ocorrência desses problemas novamente.

Engeman (2019) ainda relata a prática de analisar falhas significa impedir que defeitos ocorram em determinado projeto, produto ou serviço, bem como em todo o processo de manufatura. Inicialmente tem a estruturação dos processos, isto é, a identificação de condições de não conformidade para logo em seguida serem desenhadas as propostas de melhoria visando que as operações naquele equipamento estejam dentro da normalidade e do previsto.

Segundo Martins (2012), a Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA) é um método em que se visa a prevenção de falhas e análise de riscos em um determinado processo. É realizada por meio da visualização de causas e efeitos juntamente com a detecção das ações a serem usadas para a extinção das falhas. A autora cita ainda que o modo em que se ocorre a falha está associado em como a execução processo pode ser levado a se operar de forma errônea e é definido pelo efeito, causa e detecção.

Sander (2012) completa que o FMEA pode ser aplicado em algumas situações, destacando entre elas durante a etapa de projeção ou readequação de um processo, antes do desenvolvimento estratégico em vista de um novo ou modificado padrão operacional e ao se estudar as falhas de um determinado processo, serviço ou produto.

## **2.3 Ferramentas da Qualidade**

### **2.3.1 Gráfico de Pareto**

Camargo (2018) cita que o Diagrama de Pareto faz parte de uma das sete ferramentas da qualidade. O autor afirma que este permite uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços para saná-los. Voitto (2018) salienta que a partir de uma análise de frequências das ocorrências apresentadas no gráfico, é possível distinguir quais devem



ser as ações prioritárias da empresa e onde ela deve direcionar os seus recursos para resolver um determinado tipo de problema.

Esta metodologia de análise é relatada por Lins (1993) pois sugere que nos processos industriais e na administração em geral, as ações práticas devem ser direcionadas para os problemas que ocorrem em maior frequência. Assim, é importante identificar quais as causas principais e atacá-las efetivamente, de modo a obter o máximo ganho em termos de solução para o problema em estudo.

O Diagrama de Pareto tem como vantagem mostrar as causas ou problemas em ordem de prioridade, identificando os fatores mais significativos e apontando onde deve-se focar os esforços, afim de permitir o melhor uso dos recursos limitados (VOITTO, 2018).

De acordo com Camargo (2018), o Diagrama de Pareto é caracterizado por ser uma ferramenta útil sempre que há classificações gerais de problemas, erros, defeitos, *feedback* de clientes que podem ser classificados para estudo e ações posteriores. O autor completa ainda que este esquema foi criado por um economista e sociólogo italiano, Vilfredo Pareto. Na Figura 2 pode ser visto um exemplo do gráfico.

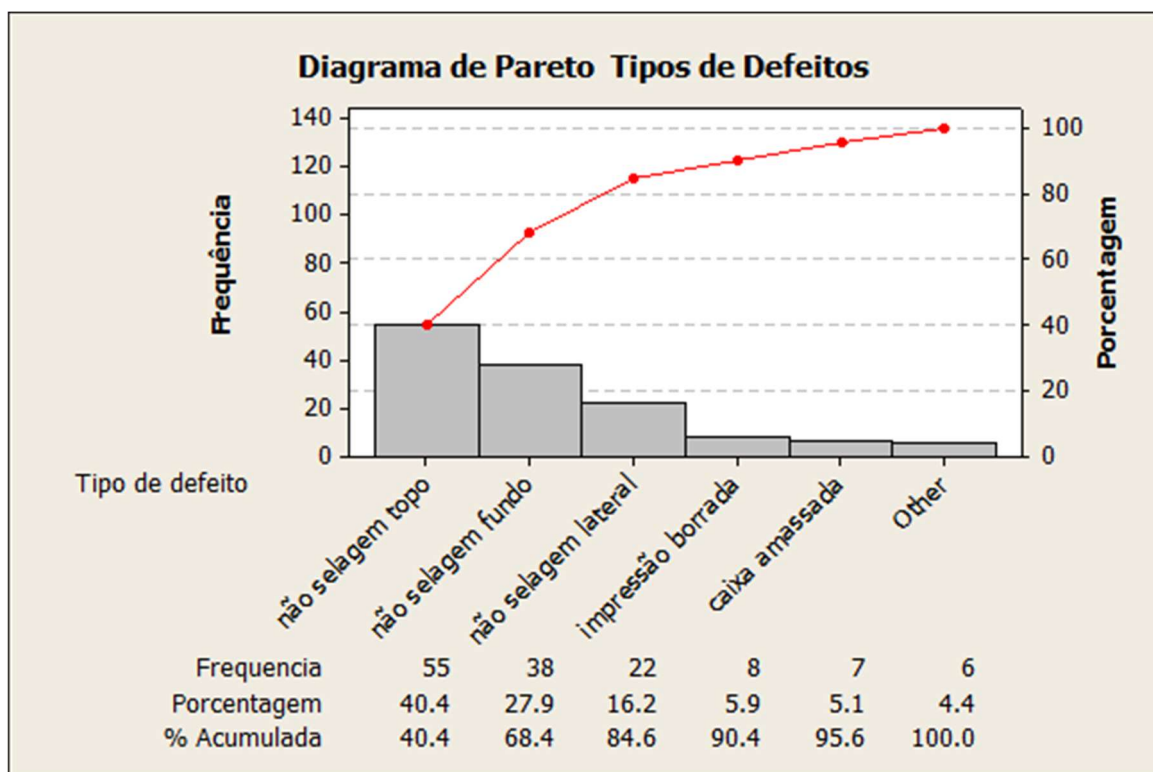


Figura 2 - Exemplo de gráfico de Pareto

Fonte: FM2S (2020)

É apresentado pela Figura 2 um exemplo de aplicação do Diagrama de Pareto que se dá a partir de falhas no processo de empacotamento de uma empresa de correspondências. A não selagem de topo, fundo e lateral representam as falhas de maiores frequências e impacto no processo.

Bosso (2012) relata que Vilfredo Pareto (1897-1906), publicou, em 1896, o manual de economia política “*Cours d’Economie Politique*”. No manual, Pareto defende que grande parte da economia mundial segue uma determinada distribuição, denominada, mais tarde, de “Lei de Pareto”. Esta lei é também conhecida pela “Lei 80/20”, que significa que 20% da população reúne 80% da riqueza total do país, estando, assim uma pequena fração da sociedade a controlar a maior fatia do dinheiro.

Content (2018) cita que a regra 80/20, é uma condição que trata 80% de efeitos surgindo a partir de apenas 20% das causas, ou seja, em torno de 20% do que você se dedica na realização de alguma tarefa são responsáveis por 80% da sua execução, ou 20% dos produtos comercializados por alguma empresa retornam 80% do lucro, e 20% dos funcionários de alguma corporação são responsáveis por 80% dos resultados.

### **2.3.2 Perfil de Perdas**

Segundo Junior e Soares (2014), a manutenção em um panorama global é caracterizada por agregar técnicas que possam garantir que maquinários tenham total eficiência, logo, alcançando o máximo de suas metas operacionais esperadas a partir do momento de sua projeção.

O Perfil de Perdas segue estas metodologias, onde segundo Vilaça (2014) é representado pela estratificação das perdas do processo produtivo por meio de Gráficos de Pareto, com objetivo de identificar onde devem ser priorizados os recursos da manutenção. A autora contextualiza que o Perfil de Perdas fornece dados para quantificar financeiramente as perdas, permitindo a priorização de ações tanto sobre ativos quanto sobre a solução dos modos de falhas cujo potencial econômico de ganhos financeiros ou a redução de custos marginais seja mais viável.

Dorigo e Nascif (2009) relatam que as perdas no processo produtivo ocorrem devido a fatores cotidianos, tais quais, áreas de limitações de conhecimentos, falta de um departamento ou um grupo de pesquisa que se preocupe com a otimização da planta e a problemas do dia a dia como de disponibilidade, perdas na operação não permitem que se enxerguem oportunidades de ganho com as inúmeras formas pelas quais ocorrem as perdas.

Segundo Nakajima (1989), há seis perdas na produção que são otimizadas para contribuir na evolução contínua das empresas, além de promover um crescimento sustentável:

- Perda por quebra de equipamento: são relativos à quebra propriamente dita, ou seja, um fenômeno repentino ou quebra precedida de degeneração gradativa do desempenho.
- Perdas por ajustes nas operações: a causa está relacionada a falta de conhecimento dos operadores, falta de material e falta de colaboradores.
- Perda por parada temporária: esta situação ocorre quando há peças travadas na máquina, mau funcionamento dos sensores, necessidades pessoais do operador, erros de programa e do trabalhador;
- Perda por queda da velocidade da produção: a queda da velocidade da produção ocorre por inconveniências relativas à qualidade, problemas mecânicos, excesso de carga na máquina, operador ineficiente;
- Perda pela geração de produto defeituoso e devido ao retrabalho;
- Perda decorrentes de entrada em regime de produção: São fatores que atrasam a estabilização do processo, como instabilidade da própria operação, ferramentas inadequadas ou mal utilizadas, falta de domínio do processo, falta de manutenção, ajustes próprios das máquinas, etc.

Logo, para elaborar o perfil de perdas deve-se, inicialmente, definir a natureza da perda a ser tratada, que neste trabalho são a quantidade de falhas e a indisponibilidade física dos ativos. Essas duas naturezas permitirão identificar o perfil das paradas ocorridas para saber os tipos de paradas que mais se repetem, assim como aqueles tipos responsáveis pela maior parte do tempo de parada das usinas.

O perfil de perdas poderá ser detalhado até atingir o componente responsável pelas falhas. Pode-se iniciar a estratificação pelos itens detalhados de manutenção, sendo estes de elétrica, automação, instrumentação, mecânica, entre outros. na sequência analisar quais os equipamentos que mais contribuíram para as perdas de produção no período, através da interrupção da produção, isto é, tudo que tange paradas não programadas.

### **2.3.3 Plano de ação**

Segundo De Paula (2016) pode-se dizer que um plano de ação é um documento utilizado para fazer um planejamento de trabalho necessário para atingimento de um resultado desejado ou na resolução de problemas. O autor salienta ainda que esse documento geralmente é criado no formato de uma planilha (eletrônica ou mesmo de papel), contendo informações como objetivos, ações e responsáveis com suas respectivas datas de entregas.

Além disso Francischini (2007) cita que os planos de ação podem também ser tarefas a serem realizadas para promover uma maximização nos indicadores de desempenho, ou seja, os planos de ação devem ter uma relação clara de causa e efeito com o objetivo que a empresa pretende atingir.

Um bom plano de atividades deve contemplar os seguintes itens como o objetivo geral a ser alcançado com o plano de ações: lista de ações e atividades a serem executadas; data de início e fim previsto para cada ação ou atividade; orçamento alocado para cada ação ou atividade; responsável pela execução de cada ação; os objetivos de cada ação ou atividade a ser executada; os riscos previstos na execução e os seus respectivos planos de contingência (DE PAULA, 2016).

Como todo processo de planejamento e acompanhamento, o plano de ação também deve ser elaborado, desenvolvido e encerrado. Basicamente, pode-se dividir o ciclo de vida dos planos de ação em cinco momentos, como sugere De Paula (2016) e pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Cinco momentos na formulação de um plano de ação

Iniciação: contextualiza o escopo e permite definir adequadamente os prazos e custos necessários para executar as ações que levem à concretização dos objetivos.
Planejamento: São definidas as principais atividades e respectivos recursos para executá-las
Execução: As atividades serão colocadas em prática. Para cada uma delas, deverá ser atribuído o consumo de orçamento previamente calculado, assim como dos recursos humanos e físicos.
Monitoramento: Visa o acompanhamento e a evolução geral do plano de ação, bem como definir no cronograma os períodos em que fará essa análise.
Encerramento: O Plano de ação deve ser revisto e as informações transferidas para um documento que o permita fazer o acompanhamento adequado. Esta fase é importante para retroalimentar os próximos processos de criação de Planos de Ações com os aprendizados adquiridos.

Fonte: De Paula (2016)

Pode ser visto na Tabela 1 os cinco momentos de formulação de um plano de ação. Note que o processo não finaliza simplesmente após a etapa de execução. Além desta, o monitoramento e encerramento são fases imprescindíveis no êxito desta atividade.

Lima *et al.* (2020) cita também que uma das vantagens de se utilizar os planos de ação é que eles podem ser feitos de maneiras mais sofisticadas ou mesmo em uma simples folha de papel. O autor menciona que algumas empresas preferem que o planejamento seja impresso e colocado onde todos possam ver. Por outro lado, há quem prefira aliar-se à tecnologia e ter mais facilidade para acompanhar o andamento das tarefas do seu próprio computador, em casa.

Na Tabela 2 tem-se a representação de um modelo de plano de ação.

Tabela 2 - Modelo de Plano de ação em ferramenta 5W2H

O que?	Por que?	Quem?	Onde?	Quando?	Como?	Quanto custa?
Repor nível de óleo do torno CNC	Para resolver o problema do sistema de pinça	Técnico de manutenção	Setor de Usinagem	02/06/2017	Repor o nível de óleo conforme tipo e especificação de volume no compartimento hidráulico da máquina	Óleo – R\$ 180,00 Mão de obra – R\$ 20,00
Implementação de rotina de manutenção corretiva	Para impedir que o sistema hidráulico no torno CNC volte a ocasionar problema no sistema de pinça	Chefe de manutenção	Setor de Usinagem	10/07/2017	Programar rotina contemplando todos os itens a serem verificados, datas de paralização de máquina e peças a serem trocadas periodicamente	Óleo – R\$ 180,00 Mão de obra – R\$ 300,00 Paralização da máquina- R\$80,00

Fonte: Engeteles (2020)

Pode ser visto na Tabela 2 a ferramenta 5W2H como instrumento de plano de ação do exemplo demonstrado. Minetto (2018) relata que devido a simplicidade e praticidade, este plano pode ser aplicado nos mais diversos âmbitos visto seu principal objetivo é aprimorar o planejamento e execução de alguma atividade ou processo.

## 2.4 Indicadores de Desempenho

É relatado por Pinto e Xavier (1998) que para um sistema de controle da manutenção ser eficiente e eficaz, tornam-se necessárias informações de desempenho do mesmo sob a forma de relações ou índices. O autor afirma que tais índices devem ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis.

Dessa forma, Megiolaro (2015) afirma que os indicadores de manutenção servem como tradução do comportamento dos equipamentos e sistemas de produção frente as ações de manutenção. O autor complementa que estes, relacionam os tempos de máquina funcionando entre intervenções, o número de intervenções e também o tempo para reparo. Alguns desses indicadores são apresentados a seguir.

- **Disponibilidade Física**

A disponibilidade é um dos indicadores mais importante para a manutenção, visto que as perdas devido a falhas em equipamentos são enormes, e o objetivo da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade (VERRI, 2012).

Segundo Martins (2012), o indicador da disponibilidade física é definido como a probabilidade de um determinado equipamento estar disponível para operar quando necessário. Dessa forma o tempo indisponível retrata o tempo total que a manutenção impediu que houvesse produção em determinado período. Sua representação pode ser vista na Equação 1.

$$DF = \frac{HC-HM}{HC} \quad (1)$$

Sendo: HC = Horas calendário

HM = Horas de manutenção

Cyrino (2018) cita que este conceito considera somente aspectos combinados com sua Manutenibilidade, Confiabilidade e Suporte a Manutenção supondo que os recursos externos estejam assegurados. O autor completa que quando se quer mensurar outros aspectos, como por exemplo a eficiência global do equipamento, diferentes fatores serão considerados que não somente a manutenção.

Segundo Xenos (2004), a manutenção preventiva, junto ao uso de ferramentas de gestão garante uma maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos presente no processo industrial. Neto (2019) cita que a DF é expressa em porcentagem e quanto maior melhor, haja vista que um indicador maior indica uma maior disponibilidade do equipamento para operação.

Cyrino (2018) afirma que de certa forma para se conseguir melhorar a Disponibilidade Física de equipamentos é preciso investir de alguma maneira como forma de assegurar a confiabilidade dos maquinários. O autor completa que entender, rever e aperfeiçoar os aspectos de suporte e gerenciamento de processos é a chave para diminuir e otimizar os custos da manutenção.

- **Tempo Médio entre Falhas**

O Tempo Médio Entre Falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF) reflete a frequência de intervenções no equipamento durante determinado tempo específico. (MARTINS, 2012). Define-se o tempo total trabalhado como o total do tempo em que se deveria estar produzindo, ou seja, engloba o tempo em que efetivamente houve produção mais o tempo de parada não planejada de equipamento (MEGIOLARO, 2015). A Equação 2 apresenta o cálculo do MTBF.

$$MTBF = \frac{HT}{NIC} \quad (2)$$

Sendo: HT = Horas Trabalhadas

NIC = Número de intervenções corretivas

Zen (2003) salienta ainda que além do indicador representar o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima, concebe também o tempo de funcionamento da máquina ou equipamento diante das necessidades de produção até a próxima falha.

Para Peres e Lima (2008) quanto maiores forem as falhas nos equipamentos, menor será seu MTBF, menor será a disponibilidade de execução de atividades programadas, maiores serão os gastos com materiais, maiores serão as pendências - *Backlog* e, conseqüentemente, maior o custo com materiais e serviços.

Logo, quanto maior o valor do MTBF melhor é o comportamento dos equipamentos analisados. O aumento do MTBF geral indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, ou seja, o total de horas disponíveis para operação é maior (CAVALCANTE 2008).

- **Tempo Médio para Reparo**

De acordo com Megiolaro (2015), o Tempo Médio Para Reparo (*Mean Time To Repair* - MTTR) reflete o tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido a uma ação relacionada à manutenção. Viana (2016) cita o MTTR como sendo a divisão entre a soma das horas em que o ativo estava indisponível para uso, por conta da manutenção, pelo número de intervenções realizadas, como pode ser visto na Equação 3.



O autor completa que para o mesmo, é evidente que quanto menor for esse indicador ao decorrer do tempo, melhor é o andamento da manutenção.

$$MTTR = \frac{HMC}{NIC} \quad (3)$$

Sendo: HMC = Horas de manutenção corretiva

NIC = Número de intervenções corretivas

Zen (2003) relata que esse indicador além de apontar o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo apontará também no período todas as ações envolvidas no reparo, sejam elas da equipe de compras, de laboratório ou qualquer outra equipe de trabalho.

Peres e Limas (2008) citam que O MTTR afeta a programação de outras atividades, ou seja, quanto mais tempo se gasta com reparos, menos tempo sobrar para atividades de prevenção, desta forma o *backlog* aumenta, elevando assim os gastos com serviços.

## 2.5 Power BI

Santos (2019) relata que, desenvolvido pela empresa Microsoft, o Power BI é um recurso de análise do negócio que permite ao empreendedor ter *insights* a partir dos dados, tomando decisões rápidas e assertivas. O autor salienta que as extensas bases de dados de uma empresa sozinha não dizem muita coisa para quem a administra, sendo necessário ter ferramentas que auxiliem a interpretá-las para, de fato, entender o contexto e o andamento das operações.

A *Microsoft* (2020) indica que o Microsoft Power BI pode ser utilizado para análise de autoatendimento em escala corporativa, reduzindo o custo agregado, a complexidade e os riscos de segurança de várias soluções com uma plataforma de análise que dimensiona de indivíduos para a organização como um todo.

Santos (2019) cita que o Power BI é uma ferramenta importante no processo de gestão, pois a partir de um conjunto de serviços de *softwares*, conectores e aplicativos que trabalham de forma agregada, consegue-se transformar as fontes de dados de variados segmentos que não são relacionadas por si só em informações coerentes, ou seja, que façam sentido para quem as interprete e indiquem questões relevantes. O autor menciona

ainda que as informações geradas pelo Power BI são visualmente envolventes e interativas além de possuir gráficos customizáveis pelo usuário e potencializar a experiência destes.

Além disso, Eugênio (2017) relata que os *dashboards* e indicadores de gestão do Power BI podem ser acessados de qualquer lugar e a qualquer hora por meio de qualquer dispositivo móvel (celulares, *tablets* e etc) sendo possível visualizar, analisar e tomar decisões com base nos seus painéis demonstrativos. O autor completa que sua implantação é extremamente rápida além de permitir que a infraestrutura do software seja implantada na nuvem ou no seu ambiente local.

Na Figura 3 pode ser visto a interface do *software*.

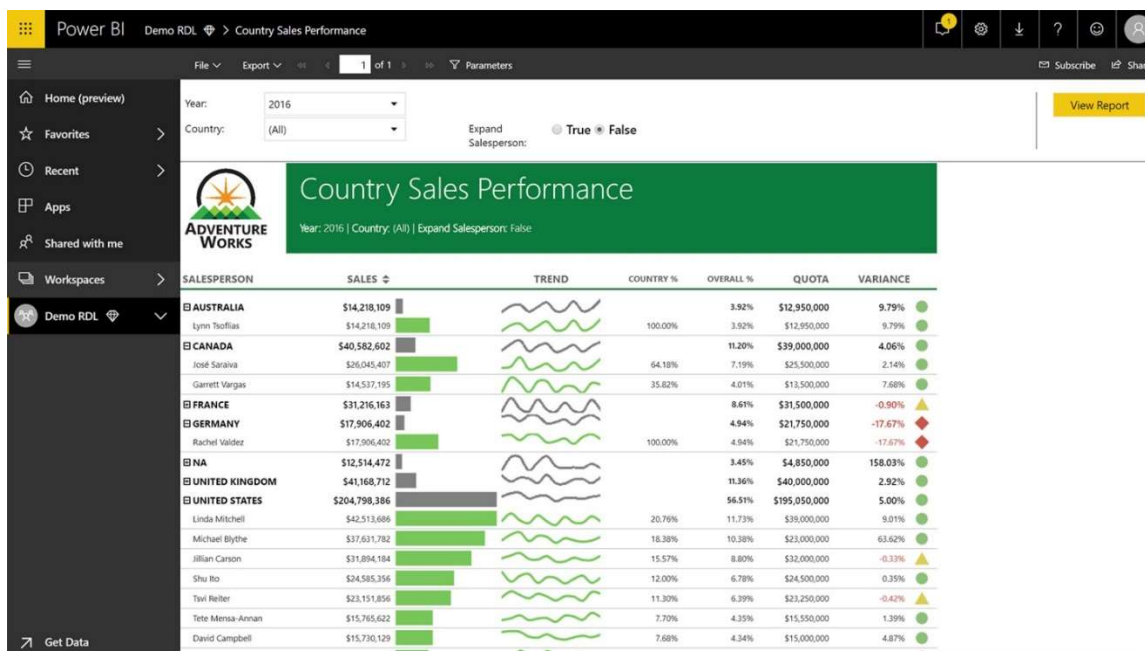


Figura 3 - Interface Power BI  
Fonte: Microsoft (2020)

### 2.5.1 Business Intelligence

Como ressalva Barbieri (2001), o *Business Intelligence* (BI) pode ser entendido como a utilização de variadas fontes de informação para se definir estratégias de competitividade nos negócios da empresa. Estas fontes estão indubitavelmente espalhadas nas organizações sob forma de sistemas transacionais, planilhas, sistemas terceiros e, até mesmo, dados provenientes de outras organizações, como por exemplo, dados públicos como a cotação diária do dólar.

Santos (2019) cita que ela consiste em um conjunto de teorias, ferramentas, metodologias, tecnologias, processos e estratégias que transformam uma grande quantidade de dados em informações consistentes e relevantes para a gestão. O autor completa que por meio dessas técnicas se permite que seja feita a melhor interpretação desses dados, o que dá suporte às tomadas de decisões estratégicas ao negócio, além de possibilitar o monitoramento dos resultados da organização.

Neste capítulo foram abordados os principais conceitos e considerações para a compreensão do tema proposto, os quais são fundamentos essenciais para a análise da problemática evidenciada, além de auxiliar na proposta das soluções.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para consolidação e análise dos dados de manutenção de equipamentos rodoviários. Este procedimento metodológico visa discutir o problema, realizar um levantamento e tabulação de dados, além de promover um breve discussão do capítulo seguinte. A seguir é explanado o tipo de pesquisa adotado neste trabalho, os respectivos materiais e métodos desta, suas variáveis e indicadores, referindo-se aos dados coletados.

#### **3.1 Tipo de pesquisa**

Inicialmente é relevante classificar a pesquisa de acordo com o problema a ser analisado que é a contribuição da Manutenção Centrada na Confiabilidade na elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração. Logo, a pesquisa é classificada quanto a forma de abordagem, os objetivos e aos procedimentos técnicos.

Conforme a abordagem, é classificada como qualitativa ou quantitativa. De acordo com Creswell (2007, p. 35):

Uma técnica qualitativa é aquela em que o investigador sempre faz alegações de conhecimento com base principalmente ou em perspectivas construtivistas (ou seja, significados múltiplos das experiências individuais, significados social e historicamente construídos, com o objetivo de desenvolver uma teoria ou um padrão) ou em perspectivas reivindicatórias/participatórias (ou seja, políticas, orientadas para a questão ou colaborativas, orientadas para a mudança) ou em ambas. Ela também usa estratégias de investigação como narrativas, fenomenologias, etnografias, estudos baseados em teoria ou estudos de teoria embasada na realidade. O pesquisador coleta dados emergentes abertos com o objetivo principal de desenvolver temas a partir dos dados.

Logo, a pesquisa é considerada qualitativa, pois irá tratar da contribuição de ferramentas de qualidade no setor de manutenção de equipamentos de mineração, onde a opinião do pesquisador pode estar agregada à pesquisa.

Em relação aos objetivos, é denotada uma pesquisa descritiva, explicativa ou exploratória, em que segundo Gil (2008, p.27), "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 pesquisáveis para estudos

posteriores". O autor afirma ainda que estas devem abranger um levantamento bibliográfico e documental, conferências não padronizadas e estudos de caso. Logo, este estudo objetiva desenvolver e elucidar conceitos sobre a contribuição da Manutenção Centrada na Confiabilidade na elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários.

Em vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa é classificada como pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, onde Fonseca (2002, p. 32) define sendo como:

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto.

A pesquisa documental é definida por Lakatos (2003, p.174) como:

A característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser feitas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois.

O estudo de caso, segundo Stake *apud* Creswell (2007, p.32), é uma forma de pesquisa em que:

O pesquisador explora em profundidade um programa, um fato, uma atividade, um processo ou uma ou mais pessoas. Os casos são agrupados por tempo e atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando uma variedade de procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado.

Logo, a pesquisa é classificada como bibliográfica, documental e como estudo de caso, pois são desdobradas menções teóricas sobre Manutenção Centrada na Confiabilidade e ferramentas de qualidade, e é realizado um estudo de caso para se obter resultados.

### **3.2 Materiais e Métodos**

Neste tipo de problema utiliza-se basicamente conceitos relacionados a aplicação de algumas ferramentas da qualidade visando a manutenção centrada na confiabilidade. Isso irá se resumir nos registros de paradas planejadas e não-planejadas de manutenção em uma frota de caminhões rodoviários de mineração.

A primeira vertente é a coleta de dados, seguido da construção do *dashboard* e posterior análise da aplicabilidade do gráfico de Pareto, conhecido também como perfil de perdas, e o segundo o implemento de indicadores de desempenho. A análise será realizada em torno de conjuntos e itens críticos relacionados aos caminhões rodoviários. Seguido desta há a formulação do plano de ação, que trata as ações a serem tomadas para a correção dos *gaps* encontrados

Na Figura 4 tem-se as etapas de desenvolvimento do trabalho.

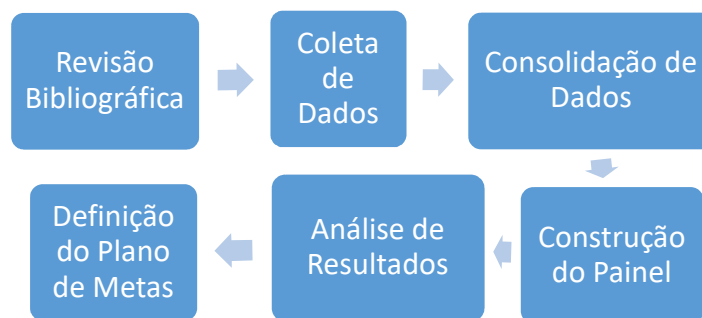


Figura 4 - Fluxograma dos Processos  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

O primeiro passo consiste na coleta de dados em campo da frota de equipamentos rodoviários. A coleta de dados representa uma das fases mais importantes no desenvolvimento do trabalho visto o levantamento das ações devem ter o máximo de cuidado no momento de compilação das informações como forma de evitar qualquer desvio. A metodologia utilizada para tal consiste no registro unitário de cada evento de manutenção, realizado por um técnico responsável da área. Vêm também discriminado por esses registros os detalhes de cada parada, como por exemplo, o problema averiguado por uma inspeção visual, além das proeminências segmentadas de cada equipamento, como o conjunto, sistema, item, as datas de parada e liberação, e os serviços de manutenção realizados para liberação do equipamento.

Antes da construção do *Dashboard*, é necessária a consolidação dos dados coletados em planilhas *Excel*. Essa consolidação é feita inicialmente padronizando as informações recebidas em formato de base de dados. A organização de dados se relaciona de forma a criar um sentido de informação e dar mais eficiência durante a extração destes,

criando uma capacidade de iteração com o *software* de criação. As informações são segmentadas sempre em linhas *versus* colunas

A construção do *Dashboard* (painel *BI*) representa o próximo passo da metodologia empregada no problema. A ação é realizada por meio da extração dos dados previamente compilados na planilha de *Excel* e executados em uma licença gratuita do *software Microsoft Power BI*, disponibilizado pela própria empresa norte-americana, utilizando a linguagem DAX como instrumento de programação. Esta etapa consiste fundamentalmente na organização das informações por meio de gráficos, filtros de pesquisa e iterações simultâneas, trazendo uma maior percepção e agilidade ao usuário da ferramenta.

Em seguida é realizada a análise das informações consolidadas pelo painel em *BI*. Este passo concebe uma preposição entre as causas originárias de falhas advindas do processo de operação e os efeitos de seus adventos. A análise de resultados mostra uma analogia entre os conceitos expostos previamente, as hipóteses legisladas pela equipe de engenharia e suas comprovações através das implicações finais, podendo contrastar com decorrências obtidas com os constantes da literatura ou formular generalizações e exceções.

A partir do consenso das preposições finais das análises, é definido um plano de ações para as causas e efeitos. O mesmo é obtido por meio de uma representação visual, em que se pode prever situações de *gaps* e planos de contingências das metas mensuráveis acordadas previamente. São repassadas as tarefas de cada demanda futura a ser concretizada, dentro de um prazo de conclusão, pela equipe de engenharia de manutenção e/ou de operação. Esse procedimento visa o aperfeiçoamento do processo de manutenibilidade acordado pelas premissas da confiabilidade já relatadas nessa pesquisa.

### **3.3 Variáveis e Indicadores**

Neste tópico são definidas as variáveis, ou seja, tudo aquilo que pode assumir diferentes valores, desde o ponto de vista quantitativo ou qualitativo. Os indicadores são tópicos que detalham e exemplificam cada variável.

Segundo Lakatos et al (2003), variável é a característica de interesse que é medida em cada elemento de amostra ou população. Como é dito pelo próprio nome, seus valores variam de elemento para elemento. As variáveis apresentam características que podem

ser medidas em uma escala quantitativa ou proporcionar atributos que não possuem valores quantitativos, mas, ao contrário, são definidas por várias categorias.

Tadachi e Flores (1997) define indicadores como sendo uma informação quantitativa ou qualitativa que expressa o desempenho de um processo, em termos de eficiência, eficácia ou nível de satisfação. A tabela 3 relaciona as variáveis de estudo aos seus respectivos indicadores.

Tabela 3 - Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Manutenção Centrada em Confiabilidade	Indicadores de Manutenção (DF, MTBF, MTTR) Gráfico de Pareto Plano de ação
Perfil de Perdas	Itens com mais paradas e horas de manutenção Conjuntos com mais paradas e horas de manutenção Tipos de Perda

Fonte: Pesquisa direta (2020)

### 3.4 Instrumento de Coleta de Dados

Foram coletados os dados de manutenção preventiva e corretiva das frotas em questão. É conhecido como técnico de área, o profissional designado para esta tarefa, e o registro dessas informações é uma atividade que faz parte de sua rotina. Os dados são registrados em formato de formulário eletrônico em estrutura de base de dados (*linha versus coluna*), visto que esse tipo de contorno favorece quando os mesmos alimentam o *Power BI*.

Os dados contemplados nessa planilha são insumos necessários para a geração do perfil de perdas e posteriormente de indicadores de manutenção. As informações obtidas dizem respeito os dados de cadastro do material, divididas nas primeiras colunas da planilha. O segundo está relacionado ao período temporal dos eventos descritos, que conseqüentemente servirão de entradas para informações numéricas. E no terceiro grupo é informado as descrições dos serviços realizados além do tipo de avaria localizada em cada segmento.



### **3.5 Tabulações dos Dados**

Uma vez coletados os dados, os mesmos serão tratados de modo a promover suas interpretações e seus significados, além de organizar as informações, auxiliar a visualização dos resultados através de gráficos e tabelas. Para tal tabulação são usados os *softwares Microsoft Excel e Power BI*.

Os dados de análise serão coletados a partir dos resultados obtidos pela consolidação e criação do *dashboard* por meio do *software Power BI*.

### **3.6 Considerações Finais**

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a concretização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto proposto.

No capítulo seguinte são apresentadas as etapas de coleta e consolidação de dados para o desenvolvimento do *Dashboard*. Além disso, são realizadas as análises dos resultados relativos à cada item e conjunto crítico com mais falha no período analisado. Essas análises originam o plano de ação de acordo com cada não conformidade apresentada.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este capítulo aborda uma discussão sobre os resultados alcançados no desenvolvimento deste trabalho. É tomado como ideia inicial de análise o monitoramento de itens considerados críticos no que diz respeito a componentes de caminhões rodoviários, por um dado período de análise.

Para todos os itens foram detalhados as causas que levaram a falha em questão com base em um senso técnico e modos de operação das frotas analisadas, além da aplicabilidade na realidade de planejamento e execução da manutenção da gerência estudada.

### **4.1 Características do Setor de Planejamento e Controle de Manutenção de Equipamentos Rodoviários da empresa**

O estudo foi realizado em uma empresa brasileira do ramo de mineração e de operação de logística. Dentre seus produtos destacam-se o minério de ferro e de níquel, pelotas, além de outros metais. Além disso tem atuação também na produção de energia através de hidrelétricas, gás natural e biodiesel, e possui uma subsidiária neste segmento.

A empresa opera em diversos estados brasileiros, além de ter atuação em vários continentes. Possui uma extensa malha ferroviária e nove terminais portuários próprios. É uma das maiores empresas no mercado de minério de ferro e de pelotas, se destacando também como forte produtora de manganês e ferro-ligas. No Brasil, os minérios são explorados por quatro sistemas integrados, que são compostos por mina, ferrovia, usina de pelotização e terminal marítimo.

Deste modo, a manutenção é também uma das atividades dentro do escopo de atuação da empresa. Esta é realizada por segmentos diversos dentro da corporação, sendo dividido em manutenção de equipamentos de mina, usina, portuário, ferroviário e de equipamentos auxiliares, sendo este último, o alvo de análise deste trabalho.

Logo a pesquisa foi realizada no setor de planejamento e controle de equipamentos rodoviários, que servem como equipamentos de auxílio para diversas operações dentro das minas, como será visto adiante. Um fragmento do organograma, onde este setor se enquadra, pode ser visto na figura 5.



Figura 5 - Fragmento do Organograma da empresa  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Na figura 5 pode ser visto um fragmento do organograma da empresa onde está compreendido o setor de Planejamento e Controle da Manutenção. O organograma é apresentado desta maneira resumida visto que a empresa contempla várias outras funções organizacionais.

Como pode ser visto ainda na figura 5, existem três camadas antes da gerência responsável pelos equipamentos rodoviários. Dentro desta gerência, há o setor de planejamento e controle de manutenção de equipamentos rodoviários, como pode ser visto na Figura 6. Uma de suas principais responsabilidades é a garantia da disponibilidade física dos equipamentos bem como a seguridade da qualidade dos equipamentos, além da manutenção e conservação dos ativos junto a área de execução e em conformidade as diretrizes da engenharia de manutenção. As responsabilidades do setor vão desde a programação da manutenção, o provisionamento de materiais para suplemento das atividades de gestão e execução da manutenção, a realização do plano

semanal de manutenção preventiva, o controle dos indicadores de desempenho e indicadores de processos além da inspeção dos ativos.

Para a realização de todas essas atividades, os colaboradores são divididos dentro da gerência de manutenção de equipamentos rodoviários conforme a Figura 6.

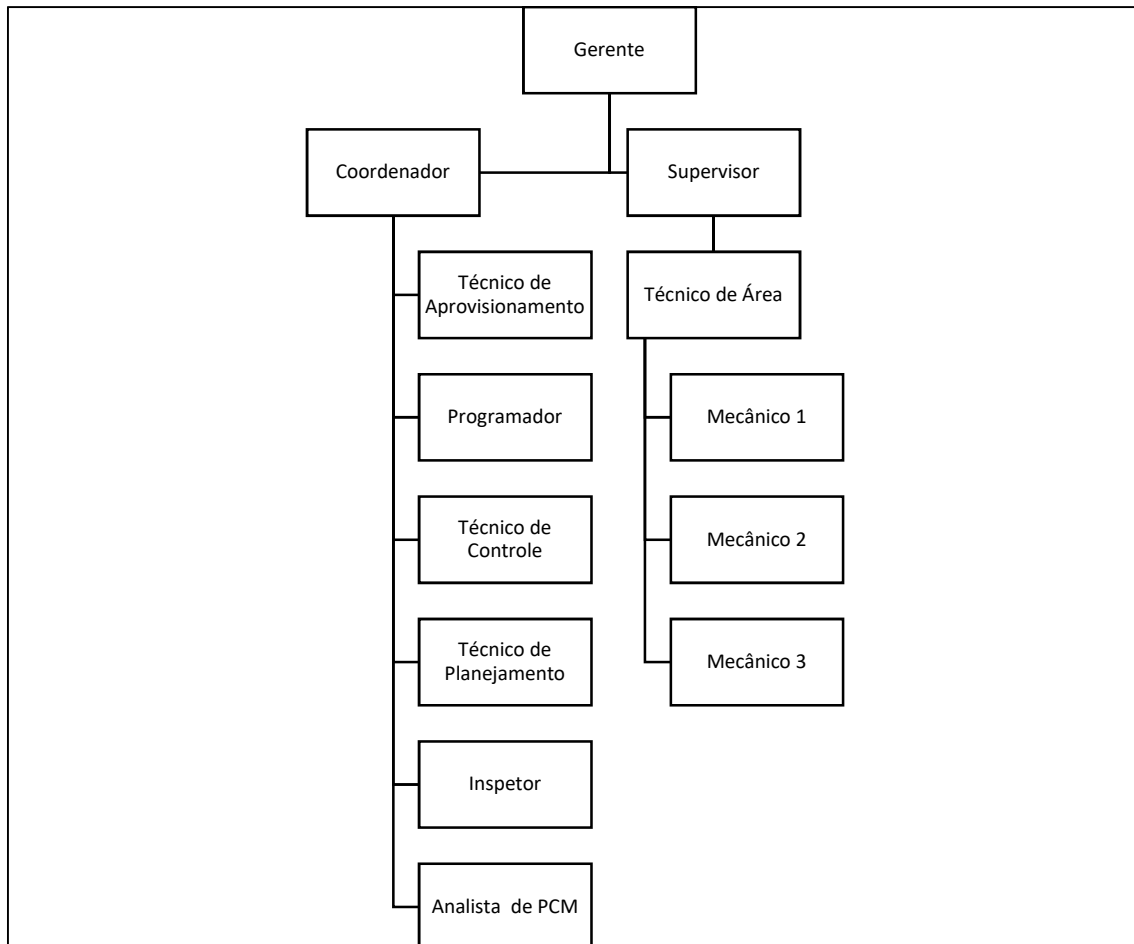


Figura 6 - Organograma da Gerência de Equipamentos Rodoviários  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A Figura 6 representa a divisão da função organizacional dos colaboradores dentro da gerência de equipamentos rodoviários. O gerente tem a função de aplicar a estratégia adotada pela empresa junto aos demais funcionários de sua subordinação. Este, tem contato direto com o coordenador e supervisor, os quais tem papel fundamental no gerenciamento de todo o pessoal. O supervisor lida diretamente com os colaboradores ligados a parte de execução da manutenção, já o coordenador tem interface maior com os funcionários que atuam no setor de planejamento e controle da manutenção.

O fluxo da célula de PCM se inicia nas ordens de manutenções sistemáticas que o sistema de gerenciamento da manutenção, SAP, gera automaticamente em cada semana. A partir disso, o programador é incumbido de programar as horas homem (HH) disponíveis pela célula de execução. Por se tratar de manutenções preventivas, toda a suplementação necessária já estará disponível no almoxarifado para que se inicie a execução da manutenção.

Caso o tipo de manutenção seja corretiva, o processo de PCM se inicia pela inspeção, ou seja, uma observação direta dos maquinários na oficina e posterior descrição das falhas apresentadas pelos equipamentos juntamente com demais detalhes que venham ser relevantes. Após isso, o técnico de planejamento é responsável pela parte de esboço de todos os recursos necessários para realização da manutenção, bem como os HH's e suplementos necessários.

Logo, já está disponível no sistema as diretrizes para que o provisionador gerencie os recursos de compra externa ou caso haja em estoque, a obtenção junto ao almoxarifado. O programador realiza a programação dos HH's disponíveis e em seguida a execução já está autorizada para realizar as atividades necessárias.

O controlador deve realizar toda parte de consolidação e construção dos indicadores de desempenho e processos. Já o analista de PCM é responsável pela parte de análise de falhas, propostas de melhorias dos equipamentos rodoviários, em interface com a célula de engenharia que faz parte de outra gerência na empresa em questão.

Desta forma, os equipamentos rodoviários têm função estratégica relevante dentro da mineração, uma vez que atuam de forma ampla, desde a exploração mineral em si, ou seja, dentro da própria produção, passando pelo suporte das manutenções, até funções de apoio operacional como brigada de incêndio e resgate.

## **4.2 Descrição dos Equipamentos Rodoviários**

A seguir é descrito um resumo de fatores técnicos, baseado em cada frota de caminhões rodoviários, a fim de se atribuir considerações técnicas em vista da melhor compreensão e resolução do problema. Os dados apresentados a seguir mostram um parecer específico contendo informações sobre elementos básicos no processo de manutenção, tais quais a estratégia praticada pela gerência.

A frota estudada possui grande diversidade de equipamentos, como função de atender cada necessidade requerida. Os caminhões rodoviários podem ser divididos em duas partes, o caminhão propriamente dito, ou seja, a parte de semirreboque e o implemento. Este segundo é caracterizado pela parte complementar ao semirreboque, e indica o tipo de serviço que o equipamento realiza. A seguir, cada um dos tipos de equipamentos é apresentado de maneira exemplificada.

Equipamentos de resgate: Os equipamentos de resgate possuem a função primordial no combate a incêndio industrial e/ou florestal além de dar suporte e atendimento destinado ao resgate médico de possíveis vítimas no ambiente de trabalho. Não possuem grande utilização física, tendo a maior parte de sua utilização em programas de simulação e treinamento, porém necessitam de alta confiabilidade devido ao grau crítico de atuação quando necessário

Comboio pró-diesel: responsável pelo abastecimento de combustível em máquinas semimóveis e estacionárias, onde se apresentam inviável ou impossível o deslocamento de tais equipamentos até a unidade de abastecimento. É um dos principais e mais requisitados equipamentos da frota de rodoviários, visto que o mesmo opera de forma contínua, atuando 24 horas por dia sete vezes na semana. No comboio diesel, há apenas um grande tanque que armazena óleo diesel e é utilizado para realizar o abastecimento de outros ativos, como pode ser visto na figura 7.



Figura 7 - Comboio Diesel  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 7 apresenta um caminhão para transporte de diesel. Pode ser visto a estrutura de um caminhão semirreboque e o implemento, composto apenas de um grande tanque de abastecimento combustível.

Comboio Misto: responsável por suportar a manutenção de equipamentos móveis quanto a lubrificação de seus ativos. Possui finalidade semelhante ao comboio pró-diesel devido a sua utilização ter como finalidade o atendimento de equipamentos mais robustos, porém praticamente estático. Possui vários tanques, cada um deles armazena um tipo de fluido, como óleos lubrificantes, graxas, líquido de arrefecimento, diesel e água.

Guindauto: possui o maior número de ativos na frota de equipamentos rodoviários. É responsável por suportar as manutenções de forma geral, como usina, equipamentos de mina e hidráulico. Possui inúmeras aplicabilidades, tendo como sua principal característica a alta versatilidade, destacando-se como por exemplo no içamento e transporte e cargas. Tem por particularidade a alta ocorrência de eventos de manutenção no dispositivo de implemento. Na figura 8 é visto um exemplo desse equipamento.



Figura 8 - Exemplo de Caminhão Guindauto  
Fonte: Embrapre (2020)

A figura 8 ilustra um dos caminhões rodoviários utilizados na mineração, do tipo Guindauto. Pode ser visto o implemento de içamento destacado como a principal característica desse tipo de equipamento.

**Basculante:** É responsável pela movimentação de material no pátio de carregamento, dando suporte a esta etapa no processo de mineração. Destaca-se entre as atividades principais, a alimentação de correias transportadoras e o auxílio quanto a logística da produção. Tem histórico de muitas ocorrências de eventos corretivos visto que está sempre atuando próximo ao limite de operação, diferentemente das outras frotas.

**Caminhão oficina:** é responsável por apoiar a manutenção e equipamentos de transporte e de infraestrutura. Tem como principal característica o fato de ser uma oficina móvel, possuindo os seguintes equipamentos a bordo: Talha elétrica, máquina de solda, conjunto oxi-corte, bancadas, armários e diversas ferramentas. É um caminhão avançado de manutenção, pois atende de forma eficaz os ambientes mais remotos da operação que possuem escassez de recursos. É caracterizado também por apresentar alta disponibilidade física, visto que não requer alta demanda de operação.

**Caminhão pipa:** dá suporte tanto para usinas de beneficiamento quanto para as minas de exploração no que tange o abastecimento e distribuição de água. Tem como principal função a redução de poeira local, sendo este fator determinante para a manutenção de boa visibilidade e a garantia de resguardo da saúde dos colaboradores que trabalham em tais ambientes nocivos e de toda comunidade ao redor da mineradora. Um exemplo do maquinário pode ser visto na figura 9.





Figura 9 - Exemplo de Caminhão Pipa  
Fonte: Ambiental BR (2020)

Na figura 9 é apresentado um caminhão pipa. Sua principal característica de implemento é ser equipado com um reservatório utilizado para o transporte de água.

Para que se tenha o bom funcionamento dos equipamentos é necessário garantir a desempenho correta de todos os itens os quais são compostos os caminhões. Cada um deles desempenha uma função fundamental para a execução das atividades necessárias. Esse bom desempenho pode ser obtido por meio da garantia da qualidade dos maquinários.

#### **4.3 Diagnóstico: Consolidação de dados e obtenção de gráficos e indicadores a partir do MCC**

Os registros dos dados foram realizados no período de primeiro de janeiro de 2020 à 31 de julho de 2020, apontando assim 7 meses completos de coleta.

Após definidos os objetos de estudo nessa pesquisa foram coletados os dados de manutenção preventiva e corretiva das frotas em questão. Esses dados foram registrados em formato de formulário eletrônico, como pode ser visto na Figura 10.

Frota	Descrição do Serviço	Data e hora da para	Data e hora da liberat	SISTEMA	CONJUNTO	ITEM
Basculante	Descarbonização do sensor de marchas ímpar	03/02/2020	03/02/2020	TRANSMISSAO	CAIXA_DE_VELOCIDADE	SENSOR
Comboio misto	lanternas auxiliares ineficientes	04/02/2020	04/02/2020	SISTEMA_ELETRICO	ILUMINACAO	ILUMINACAO
Bombeiro	vazamento crítico de ar	04/02/2020	04/02/2020	BOMBEIRO	HIDRAULICO	TUBULACAO
Comboio diesel	substituído luz auxiliar dianteira	05/02/2020	05/02/2020	SISTEMA_ELETRICO	ILUMINACAO	FAROLETE
Basculante	Tensor e correia do motor com avarias	06/02/2020	06/02/2020	MOTOR_DE_COMBUSTAO	ESTRUTURA_MOTOR	POLIA INFERIOR
Comboio misto	Quebra do vidro da janela	09/02/2020	10/02/2020	ESTRUTURA	CABINE	VIDRO PORTA
Comboio diesel	Quebra da dobradiça da porta le.	10/02/2020	10/02/2020	ESTRUTURA	CABINE	PORTA
Baú	Rompimento do conduto entre cilindro master e escravo.	10/02/2020	10/02/2020	TRANSMISSAO	EMBREGEM	TUBULACAO
Carroceria	Falha na partida, curto na alimentação do módulo.	11/02/2020	12/02/2020	MOTOR_DE_COMBUSTAO	ELETRICO	CABO/FIACAO
Comboio misto	Fixar carretel SAE 50	12/02/2020	12/02/2020	COMBOIO	PECAS	PECAS
Prancha	Mangureira hidráulica da rampa de acesso a prancha rompida.	13/02/2020	13/02/2020	PRANCHA	PECAS	PECAS
Comboio misto	Falha ao engatar marcha	14/02/2020	14/02/2020	TRANSMISSAO	CAIXA_DE_VELOCIDADE	SENSOR
Basculante	Falha no motor de partida	17/02/2020	18/02/2020	MOTOR_DE_COMBUSTAO	ELETRICO	MOTOR DE PARTIDA
Comboio misto	Falha ao engatar marcha	17/02/2020	17/02/2020	TRANSMISSAO	CAIXA_DE_VELOCIDADE	CHICOTE ELETRICO
Baú	Reparo na máquina de vidro le	18/02/2020	18/02/2020	ESTRUTURA	CABINE	MAQUINA DE VIDRO
Comboio diesel	Direção ineficiente	17/02/2020	21/02/2020	DIRECAO	SETOR	CAIXA DE DIRECAO
Comboio diesel	Bico de abastecimento de baixa vazão travando	19/02/2020	19/02/2020	COMBOIO	ABASTECIMENTO	BICO DE ABASTECIMENTO
Comboio misto	Regulagem na asa delta do trambulador.	19/02/2020	19/02/2020	TRANSMISSAO	CAIXA_DE_VELOCIDADE	ACIONAMENTO
Comboio diesel	Fixar parabarro LD traseiro	27/02/2020	27/02/2020	ESTRUTURA	CHASSI	PARA-BARRO
Comboio diesel	Retirar vazamento da mangueira de abastecimento de alta vazão.	27/02/2020	27/02/2020	COMBOIO	ABASTECIMENTO	MANGUEIRA DE OLEO
Bombeiro	Fixar paralamas dianteiro	28/02/2020	28/02/2020	ESTRUTURA	CHASSI	PARACHOQUE DIANTEIRO
Empilhadeira	Corrigir falha no esguicho do parabrisa	28/02/2020	28/02/2020	ESTRUTURA	CABINE	ESGUICHADOR DE PARABRIS

Figura 10 - Formulário eletrônico  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Como pode ser visto na figura 10, os dados contemplados nessa planilha são dados de entrada para a geração do perfil de perdas e posteriormente de indicadores de manutenção. Os mesmos estratificam informações essenciais dos eventos de manutenibilidade da frota de caminhões rodoviários, bem como a identificação do ativo, tipo de manutenção, descrição do serviço, entre outros. As informações são divididas em três grupos distintos.

O primeiro dos grupos diz respeito os dados de cadastro dos ativos, divididos nas primeiras colunas da planilha. O segundo está relacionado ao registro temporal dos eventos descritos, que consequentemente servirão de entradas para informações numéricas. E no terceiro grupo é informado as descrições dos serviços realizados além do tipo de avaria localizada em cada segmento.

Os indicadores de desempenho foram criados a partir das formulações matemáticas já apresentadas nesse trabalho, seguindo as bases de programação em linguagem DAX. Outros fatores de compilação e consolidação também foram aplicados ao resumo de dados, como por exemplo a contagem das ocorrências preventivas e corretivas correspondidas em cada linha da tabela, além das correspondências temporais denotadas pelo período de serviço aplicado em cada ativo.

Na figura 11 pode ser visto uma representação geral do painel.

# PERFIL DE PERDAS

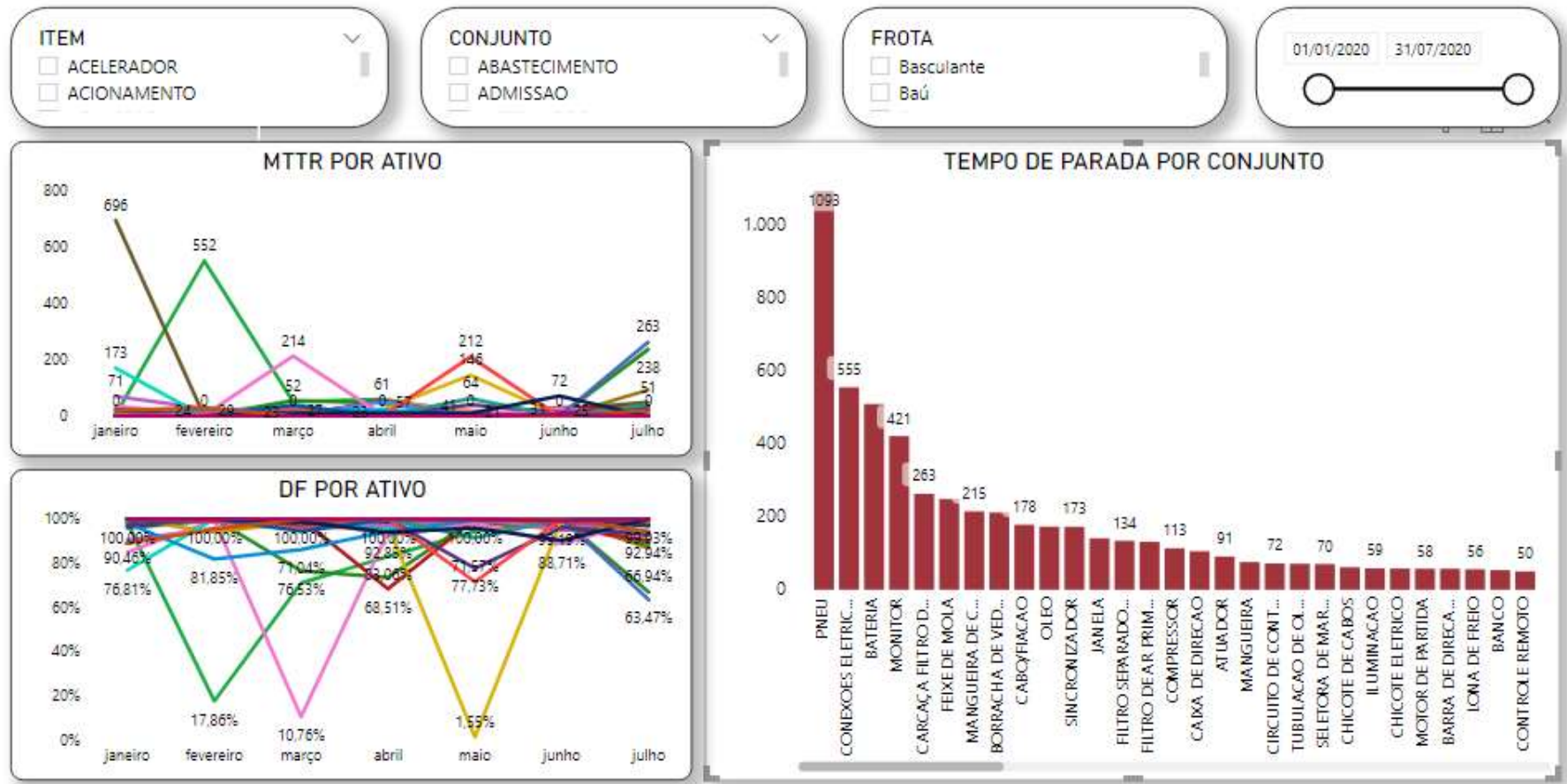


Figura 11 - Perfil de Perdas  
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

No painel, como pode ser visto na figura 11, são apresentados o gráfico de colunas além dos indicadores de performance DF e MTTR, juntamente com os filtros de pesquisa. Desta forma, a visualização por filtros facilita no dinamismo de apresentação e por consequência na análise gráfica da ferramenta ajudando na tomada de decisão.

O gráfico de colunas empilhadas, denotado Gráfico de Pareto, é a principal vertente da análise do perfil de perdas. O gráfico é representado pelo eixo X contendo informações sobre os detalhes de cada equipamento ou frota, sendo elas sistemas ou itens, dependendo da configuração atribuída ao painel. O eixo Y é representado pelo tempo total de paradas, atribuídas em horas. Pode ser visto no gráfico que os itens que tem maior impacto nas horas de manutenção corretiva por conjunto são pneu, conexões elétricas e bateria, com 1093, 555 e 421 horas respectivamente.

A segunda metodologia de análise é baseada nos indicadores de desempenho de manutenção representados no modelo em questão por gráficos de linhas. Essa forma de análise sustenta a escolha dos itens e conjuntos selecionados pelo gráfico de Pareto além também de exemplificar as perdas no processo de manutenção. O gráfico é composto pela abcissa X contendo a evolução mensal ao longo do tempo, e a ordenada Y apontando o valor numérico do indicador. Essa representação anuncia um tipo de análise em tendência do desenvolvimento do indicador em um dado período de análise.

Pode ser visto no gráfico de MTTR alguns valores da frota fora do ideal a ser praticado segundo a estratégia da área. As metas de MTTR dizem respeito a um valor máximo de 35 horas de tempo médio de reparo. Pelo gráfico podem ser vistos ativos em determinados meses, com valores fora do planejado, sendo os mais relevantes, 696 horas em janeiro, 552 horas em fevereiro, 263 horas em julho, 214 horas em março e 212 horas em maio de tempo médio de manutenção.

Assim como no caso anterior, no gráfico de DF também são vistos valores fora da meta acordada pela área de um mínimo de 95% de Disponibilidade Física. Alguns ativos se destacam negativamente com DF's de 1,55% em maio, 10,76% em março, 17,86% em fevereiro e 63,47% em julho.

#### **4.4 Análise a partir do MCC e Elaboração do Plano de Ação**

A análise dos resultados encontrados é realizada seguindo duas classes complementares. A primeira diz respeito aos itens que mais registram horas de manutenção entre todos os outros, como é representado na figura 12.



Figura 12 - Itens com mais horas de manutenção corretiva  
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Pode ser visto na figura 12 que o gráfico aponta três principais itens que possui interferência direta nas horas de manutenção da frota de caminhões rodoviários, sendo eles: pneu, conexões elétricas e bateria. Esses elementos darão origem aos planos de ação posteriores. Os eventos ocasionados por esses itens têm influência direta na disponibilidade física de ativos da frota, como é visto na figura 13.



Figura 13 - DF's  
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Cada ativo é representado por uma linha com uma cor diferente na figura 13. As metas de DF dizem respeito a um mínimo de 95% de disponibilidade. Logo, todos os ativos que apresentam percentuais abaixo da meta estão em não-conformidade pela estratégia aplicada pela área. A evolução da Disponibilidade Física foi diretamente prejudicada devido as paradas indesejáveis relacionadas a itens dos ativos, como já destacado na figura 12, sendo os principais, pneus (1093 h), conexões elétricas (555 h) e bateria (421 h). Devido a isto, como é visto ainda na figura 13, durante determinados meses, ativos apresentaram desempenho aquém do esperado registrando DF's de 17,86%, 2,55%, 66,94%, 86,94% e 93,33%.

A segunda forma de análise diz respeito aos conjuntos que mais registram horas de manutenção entre todos os outros apontados, como pode ser visto na figura 14.

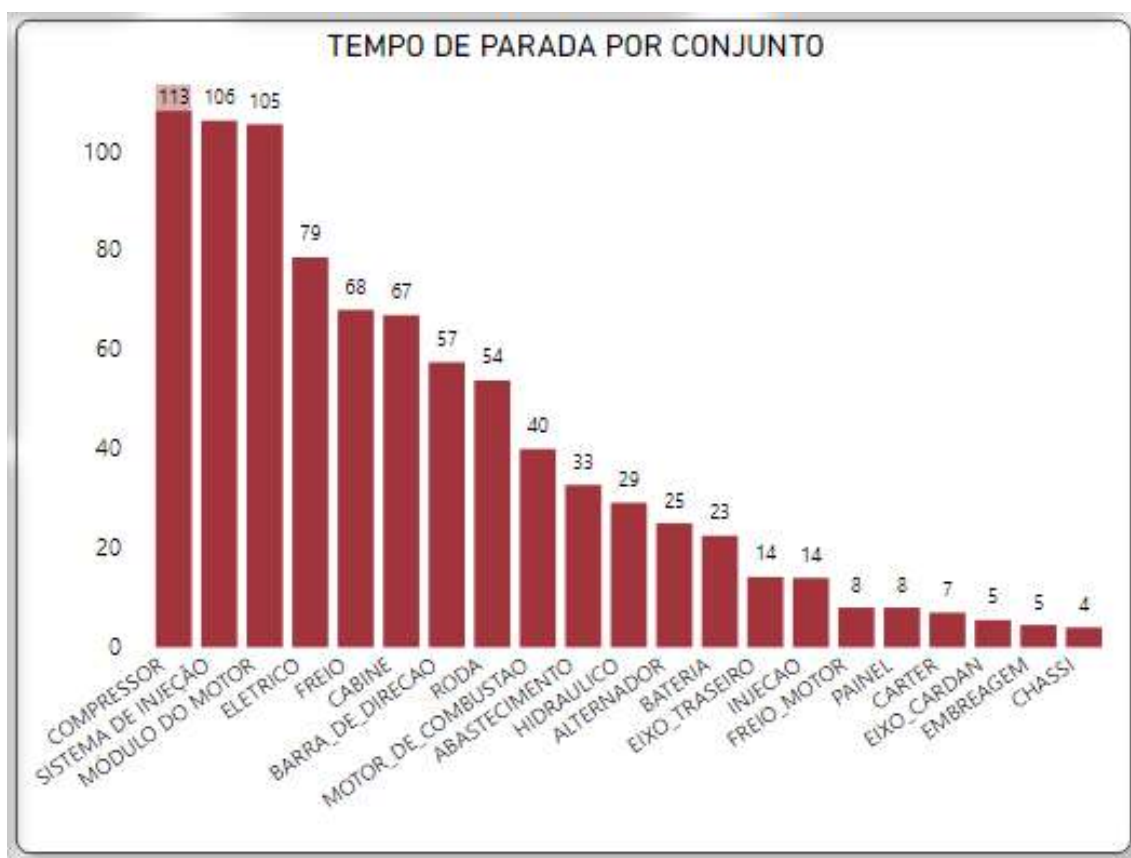


Figura 14 - Conjuntos com mais horas de manutenção corretiva  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Como é mostrado na figura 14, conjuntos como compressor, sistema de injeção e módulo do motor tiveram a maior influência entre todos os outros registrados, com 113 h, 106 h e 105 h respectivamente de parada corretiva. Tais eventos tem grande influência no indicador de MTTR de ativos da frota, como pode se ser visto na figura 15.

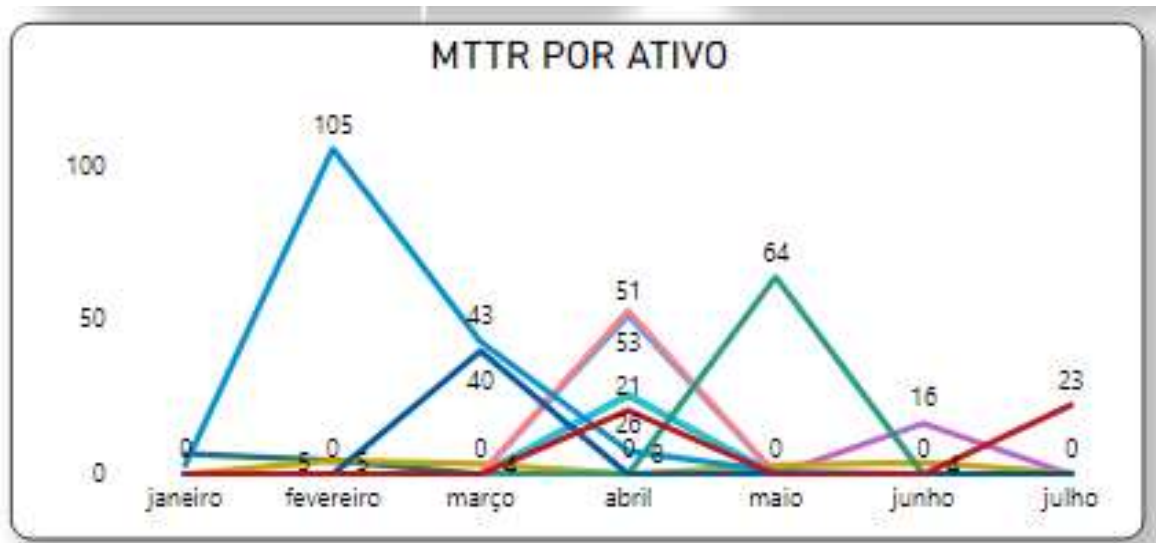


Figura 15 - Indicador de MTTR dos ativos em função dos meses de operação  
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Cada ativo é representado por uma linha com uma cor diferente na figura 15. As metas de MTTR, segundo estratégia da área, dizem respeito a um máximo de 35 horas de tempo médio de reparo. Logo, todos os ativos que apresentam tempo de reparo acima da meta estão em não-conformidade pela estratégia aplicado pela área. A evolução de MTTR foi diretamente prejudicada devido as paradas indesejáveis de conjuntos como compressor (113 h), sistema de injeção (106 h) e módulo de motor (105 h), como aponta a figura 14. Logo, como é visto na figura 15, durante determinados meses, ativos apresentaram desempenho aquém do esperado registrando tempo médio de reparo de 105 horas em fevereiro, 64 horas em maio, 53 horas em abril, 51 horas em abril e 43 horas em março.

A tabela 4 mostra os planos de ação foram realizados para os itens que tiveram maior tempo de manutenção corretiva: conexões elétricas, bateria e pneu.

Tabela 4 - Planos de ações para itens críticos

PLANOS DE AÇÕES				
AÇÃO	RESPONSÁVEL	QUANDO	LOCAL	Como será
Execução de uma ordem de manutenção para instalação de rastreador de pane elétrica	Técnico de planejamento	25/09/2020	Oficina de Equipamentos Rodoviários	-Geração de ordem de manutenção para instalação de rastreador de pane elétrica -Planejamento dos recursos necessários -Solicitação do dispositivo via aprovacionador -Programação das HH para manutenção -Instalação do dispositivo na via de acesso da bateria pelo eletricista -Testagem do dispositivo
Execução de uma ordem de manutenção para instalação de chave geral nos equipamentos	Técnico de Planejamento	25/09/2020	Oficina de Equipamentos Rodoviários	-Abertura de ordem de manutenção para instalação de chave geral -Planejamento dos recursos -Solicitação do dispositivo via aprovacionador -Programação das HH para manutenção -Instalação do dispositivo -Testagem do dispositivo
Calibração dos Pneus	Borracheiro	05/10/2020	Borracharia	-Deslocamento dos Caminhões para borracharia -Configuração do equipamento de calibração quando a pressão correta segundo fabricante -Calibração dos pneus -Verificação no painel de controle do caminhão quando a confirmação da calibração -Liberação do equipamento

Fonte: Pesquisa direta (2020)

A Tabela 4 apresenta os planos de ações sugeridos para os itens que geraram maior impacto de horas de manutenção corretiva na frota dos caminhões rodoviários para mineração.

- **Conexões Elétricas**

Os caminhões da frota rodoviária são equipamentos modernos denominado máquinas eletromecânicas, cujo princípio de funcionamento depende totalmente de conexões e relés elétricos, dispositivos eletrônicos e sensores atuantes em quase todos os sistemas de operação.

Os problemas com conexões elétricas são muitas vezes relacionados ao difícil rastreamento de falhas, tornando complexa a sua localização e demandando mais tempo nas ocorrências corretivas. Normalmente os problemas derivados de conexões elétricas não são problemas complexos, como por exemplo, substituição de fusíveis, relés elétricos, ou mesmo rompimentos de cabos, porém devido a deficiência de se realizar um diagnóstico preciso, os ativos em questão gastam bastante tempo em manutenção corretiva.

Como pode ser visto no plano de ação da tabela 4, é sugerido como ação para o caso descrito, a “execução de uma ordem de manutenção para instalação de um rastreador de pane



elétrica”. Esse rastreador ao ser utilizado nos caminhões proverá um direcionamento quanto a localização da falha por meio de um apontamento, ou uma faixa de localização, o que irá aumentar a eficiência quanto a posição da avaria e por consequência redução no tempo de parada corretiva.

Os profissionais encarregados destas atividades são: o supervisor, para disponibilizar os recursos extras para realização da compra dos rastreadores, o provisionador para viabilizar os dispositivos junto aos fornecedores e o técnico de planejamento para adição das atividades de instalação dos itens no plano de manutenção.

- **Bateria**

Os caminhões rodoviários possuem uma série de dispositivos eletrônicos que consomem energia elétrica de forma intermitente durante o tempo de vida operacional do ativo. Destaca-se entre os principais elementos de consumo de eletricidade nos caminhões, os rádios, telemetria e sistemas eletrônicos. Muitas vezes os operadores ao encerrar seu turno de trabalho deixam tais equipamentos em funcionamento sendo fator suficiente para que os mesmos descarreguem a bateria.

Este problema pode acarretar na prática constata de recarregar a bateria e que acarreta em um desgaste prematuro da vida útil desta.

Como pode ser visto no plano de ação da tabela 4 é sugerido como ação que se tenha a instalação de uma chave geral em todos os equipamentos, visto que o operador ao encerrar seu turno pode desligar a chave geral do equipamento, impossibilitando o descarregamento da bateria. Os profissionais encarregados destas atividades são: o supervisor, para disponibilizar os recursos extras para a realização da compra dos rastreadores, o provisionador para viabilizar os dispositivos junto aos fornecedores e o técnico de planejamento para adicionar as atividades no plano de manutenção.

- **Pneu**

Após análise foi constatado que problemas relacionados com pneu são relativos à perda de massa de ar interna no item devido às condições de operação das vias.

Como pode ser visto no plano de ação da tabela 4, foi proposto como ação a calibração dos pneus da frota mensalmente. Essa atividade é realizada pela equipe de borracharia após o

aval da equipe de engenharia para a parada do equipamento. A operação de calibração dos pneus é realizada segundo orientação do fabricante especificado no manual do equipamento.

Os planos de ação a seguir são com base nos conjuntos que mais apresentaram horas de manutenção como demonstra na tabela 5.

Tabela 5 – Planos de Ações para Conjuntos

PLANOS DE AÇÕES				
AÇÃO	RESPONSÁVEL	QUANDO	LOCAL	Como será
Inclusão de Compressor em estoque	Aprovisionador	03/08/2020	Oficina de Equipamentos Rodoviários	- Conferência junto ao fornecedor sobre a disponibilidade de compra de compressor -Abertura de nota para compra do equipamento -Recebimento do equipamento na empresa -Cadastro do compressor no sistema de almoxarifado -Alocação do compressor no estoque
Limpeza do tanque de combustível	Mecânico	A cada ocorrência de parada preventiva	Oficina de Equipamentos Rodoviários	-Retirada do bocal de proteção de combustível -Sucção de todo combustível no interior do reservatório -Pressurização com jato de água no interior do tanque -Eliminação de resíduos pela abertura do compartimento de evacuação na porção inferior do tanque
Modificação do plano de inspeção de manutenção preventiva	Engenheiro de Frota	05/08/2020	Célula de Engenharia	-Abertura do plano de inspeção no sistema SAP -Inclusão de item para inspeção de sensor rotativo -Inclusão de item para inspeção do dispositivo quando ao aspecto físico -Gravação das alterações -Disponibilização para a equipe de manutenção quanto a nova versão do material

Fonte: Pesquisa direta (2020)

A Tabela 5 apresenta os planos de ações sugeridos para os conjuntos que geraram maior impacto de horas de manutenção corretiva na frota dos caminhões rodoviários para mineração.

- **Compressor**

Os compressores de ar têm função relevante no sistema de motor a diesel. Eles servem para gerar ar comprimido a partir de movimentos mecânicos produzidos por energia elétrica visando aumentar os ganhos de desempenho do motor.

No estudo em questão, o compressor apresentou avaria devido ao desgaste de operação. Porém como não havia o conjunto em estoque, dependeu de compra emergencial externa para então que fosse realizada a troca do componente. Contudo este tipo de compra deve seguir todo o fluxo de provisionamento do PCM além de depender dos prazos de entrega do fornecedor e entrada do item no almoxarifado, o que demanda um tempo extra.

Como pode ser visto no plano de ação representado na tabela 5, foi proposto como ação a inclusão deste tipo de compressor em estoque. Foi realizado todo trâmite de solicitação junto a gerência responsável pelo estoque como justificativa pelas perdas significativas de disponibilidade física e tempo médio de reparo e como forma de prevenir que caso este conjunto venha falhar novamente, a equipe de manutenção possa realizar o reparo com mais eficácia.

- **Conjunto de Injeção**

Este sistema é composto por vários componentes que compõe a linha de transmissão. Entre estes destacam-se o reservatório de combustível, pescador, tubulação, filtro água-óleo, filtro primário, bomba de injeção e por fim as flautas. O sistema de injeção é muito sensível a impurezas, que em sua presença obstruem a linha de abastecimento.

Como a frota apresenta idade de operação avançada, surgem algumas onerações tais quais oxidação ou incrustação acumulada no tanque de combustível. Além disso, devido ao ambiente de trabalho ser bastante severo (exposição ao sol, poeira, clima seco e alta temperatura), ocorre ressecamento e decomposição de mangueiras que liberam particulados que afetam consideravelmente a linha de injeção.

Logo, toda essa carga de impurezas promove obstruções que acarretam na perda de potência e mau funcionamento do motor ou até mesmo na não partida do equipamento.

Como pode ser visto no plano de ação representado na tabela 5, foi sugerido um enfoque maior durante as paradas por manutenção preventiva no que tange a limpeza de tanque de combustível, como forma de eliminação de impurezas acumuladas, assopramento das linhas de injeção e troca dos filtros de combustível em periodicidade correta. Toda essa atividade será de responsabilidade do mecânico que realizará a manutenção preventiva.

- **Módulo coordenador do motor**

Os problemas vistos neste conjunto estão relacionados a parte de chicote e elétrico, além do sensor de rotação, que ao longo do tempo pode apresentar um fenômeno de carbonização decorrente do tempo de operação do ativo. Uma das soluções encontradas é realizar a limpeza do sensor, porém como este já sofrera anteriormente com a carbonização a possibilidade de se apresentar novamente este fenômeno é alta.

Como pode ser visto no plano de ação sugere-se a inclusão no plano de inspeção preventiva a remoção do sensor e conferência do aspecto físico para posterior operação.

#### 4.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade na contribuição de elaboração de Planos de Ação

A Manutenção Centrada na Confiabilidade tem papel relevante neste estudo a partir da formalização de um processo usado para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a desempenhar o que seus usuários querem que ele faça, no seu contexto operacional. A MCC analisa as funções e padrões de desempenho. O fluxograma do processo de pesquisa pode ser visto na figura 16.

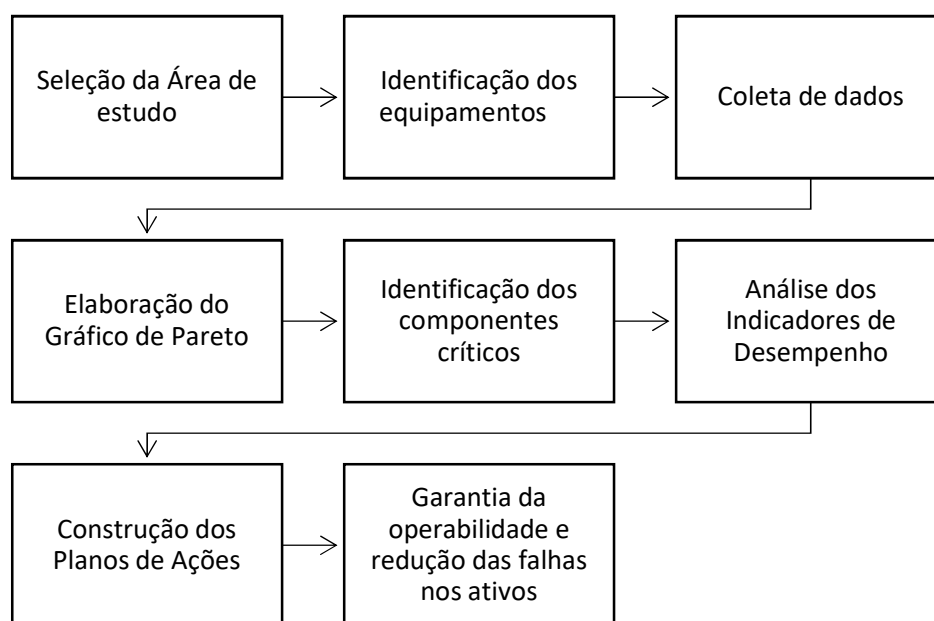


Figura 16 - Fluxo de aplicação da MCC  
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Como pode ser visto na figura 16, inicialmente, foi selecionado a área de manutenção voltada para o escopo da mineração, como ambiente de pesquisa, visto sua relevante importância no cenário econômico. Após isso, foram definidos os equipamentos a serem analisados, no caso, os caminhões rodoviários ou auxiliares, devido a sua versatilidade no contexto das diversas atividades de exploração mineral.

Em seguida foram realizadas as atividades de coleta de dados em campo, que serviram como insumo básico para a obtenção de números e gráficos consolidados. A etapa seguinte diz respeito a elaboração do Gráfico de Pareto. Esta é uma das ferramentas de confiabilidade utilizadas nesse estudo. Por meio desse gráfico foi possível enxergar os elementos de maior impacto na ocorrência de eventos corretivos dos caminhões rodoviários, para itens e conjuntos de componentes.

Outra ferramenta de confiabilidade utilizada nesse contexto diz respeito a etapa posterior, com a análise dos indicadores de desempenho. Estes sustentaram a premissa que tais itens e conjuntos afetaram consideravelmente o desempenho da frota de caminhões rodoviários, como pôde ser visto, valores fora da estratégia de atuação da área, com registro de MTTR's de ativos variando em 105, 64, 53, 51 e 43 horas excedendo um máximo de 35 horas e valores de DF's variando 17,86%, 2,55%, 66,94%, 86,94% não obtendo um mínimo de 95%.

Por fim foram gerados os planos de ações para os itens e componentes críticos selecionados. Estes têm papel importante na proposta de soluções para a garantia de eliminação permanente dos problemas encontrados, e por consequência garantia que tais *gaps* não se apresentarem novamente na frota de ativos e que finalmente gerará maior disponibilidade de operação dos equipamentos.

Em suma, neste contexto a MCC é praticada por meio da utilização de algumas ferramentas da qualidade e gestão da manutenção, que sustentarão o princípio da garantia de operação da frota de ativos, a fim de atribuir atividades ininterruptas de revisão periódica e redução das falhas, aumento da qualidade da manutenção e a disponibilidade dos recursos.

## 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações fundamentadas no trabalho de pesquisa realizado.

### 5.1 Conclusão

Inicialmente tem-se a definição do objeto de estudo deste trabalho onde são levados em consideração a relevância da mineração no cenário econômico do país e a importância das atividades desempenhadas pelos caminhões rodoviários no processo de extração mineral

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é aplicada neste contexto por meio da utilização de ferramentas de qualidade e gestão da manutenção, em que se destacam o Gráfico de Pareto e a aplicação e análise dos indicadores de performance. Estas informações são geradas por meio de gráficos iterativos em *Microsoft Power Bi* que promovem dinamismo das análises além de facilitar a interpretação das falhas.

A criação de um painel no que se diz respeito a visualização dos resultados gráficos e numéricos desenvolvidos neste trabalho promove clareza quanto a interpretação dos dados obtidos, além de facilitar acesso ao histórico de paradas de manutenção corretiva de toda a frota.

Por fim, as análises proporcionadas pela Manutenção Centrada na Confiabilidade possibilitam a elaboração de Planos de Ações para posterior tratamento das falhas de itens e conjuntos que têm maior impacto na frota de caminhões rodoviários.

É proporcionada no trabalho uma metodologia para a utilização e emprego dos princípios da MCC e da Gestão da Manutenção a fim de se estabelecer e/ou aperfeiçoar a confiabilidade em equipamentos de rodoviários que operam no processo de mineração.

É fato que os métodos de análise de confiabilidade desenvolvidos neste estudo apresentam algumas notas a serem destacadas, principalmente no que tange a exigirem um período de aplicação temporal, para a convergência dos valores, ou seja, necessita-se de tempo para que se tenha uma clara visualização do que efetivamente está causando impacto no processo. Tal fato não tira o êxito e pertinência dos resultados, sendo princípios da MCC e da Gestão da Manutenção uma boa alternativa de aplicação para melhoria da confiabilidade de uma frota de caminhões rodoviários.

## 5.2 Recomendações

Para a proposta de continuidade do estudo são recomendados como trabalhos futuros:

- Aplicação da ferramenta desenvolvida e metodologia utilizada em outras categorias de equipamentos que operam na mineração, dentre os quais pode-se citar os equipamentos de perfuração, transporte, infraestrutura ou carregamento. Tais categorias de equipamentos possuem maior criticidade no processo de exploração mineral, visto que atuam de forma direta na extração do produto.
- Estudo da aplicação de outras ferramentas da qualidade para a frota de caminhões rodoviários, juntamente com a análise de outros tipos de indicadores de manutenção.
- Estudo da ferramenta FMEA para o tratamento de falhas nos sistemas de implementos dos caminhões auxiliares.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKAIM, João Luiz. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos**. 2003. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

ALMEIDA, Marcelo. Descubra as vantagens e benefícios do Microsoft Power BI. 2017. Disponível em: <https://blog.bi9.com.br/descubra-as-vantagens-e-beneficios-do-microsoft-power-bi/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

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

BARBIERI, C. **BI – Business Intelligence: Modelagem e Tecnologia**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001.

BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996.

BEEHLER, M. E.; 1997. **Reliability Centered Maintenance for Transmission Systems**. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 12, n. 2 (Abr.), p. 1023-1028.

BRITTO, Tales Marques. **Metodologia da manutenção centrada em confiabilidade aplicada a pára-raios de alta tensão**. 2006. 122f Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis.

BOSSO, H. S. V. **A lei de Zipf ou regra 80/20 da internet**. 2012. 56f. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

CAMARGO, Robson. Diagrama: conheça os principais modelos para o gerenciamento de projetos. **Robsoncamargo**, 2020. Disponível em: <https://robsoncamargo.com.br/blog/Diagrama-conheca-os-principais-modelos-para-o-gerenciamento-de-projetos>>. Acesso em: 08 de julho de 2020

CARVALHO, A. L. **Análise de Disponibilidade Utilizando Abordagem Nebulosa**. 2008. 123f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.



COMO FAZER ANÁLISE DE FALHAS E MANUTENÇÃO DA EMPRESA DE MANEIRA EFICIENTE?. **Engeman**, 2020. Disponível em:< <https://blog.engeman.com.br/como-fazer-analise-de-falhas-e-manutencao-da-empresa-de-maneira-eficiente>> Acesso em: 08 de julho de 2020

DE PAULA, G. B. **Plano de Ação – O passo a passo da ideia à concretização de seus objetivos**. 2016. 7f.

DIAGRAMA DE PARETO. **Voitto**, 2018. Disponível em:<<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-pareto>> Acesso em: 08 de julho de 2020

ENTENDA A CIÊNCIA POR TRÁS DO PRINCÍPIO DE PARETO E SAIBA COMO APLICÁ-LO EM DIFERENTES ÁREAS DA EMPRESA. **Rock Content**, 2019. Disponível em:< <https://rockcontent.com/br/blog/principio-de-pareto/>> Acesso em: 08 de julho de 2020

FILHO, G. B. **Dicionário de Termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Edição MERCOSUL. Português/Espanhol. ABRAMAN. Editora: Ciência Moderna, 2004.

FLEMING, P.V. **Implementando a MCC em um ambiente de TPM**. In: Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção, 3, São Paulo, 2000.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRANCISCHINI, Andresa S. N.; FRANCISCHINI, Paulino G. **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação-métodos para elaborar KPIS e obter resultados**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. 448 p

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KRONER, W. (1999) **Produtividade e Qualidade na Manutenção**, Apostila apresentada no curso para Gerenciamento da Manutenção – Weiland Kroner, São Paulo, 1999.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LINS, Bernardo Felipe Estellita. **Ferramentas básicas da qualidade**. Ciência da Informação, Brasília, 1993.

LUCATELLI, M. V. **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-Hospitalares**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

MARTINS, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires. A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE). 2012. 102f. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.

MARTINS, C. P. **Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário.** 2012. 82 p. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2012.

MARTINS, M. C. **Uma proposta de priorização de equipamentos médico-hospitalares para manutenção preventiva.** Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Engenharia Biomédica v.7, n.1, p.561-571, 1990.

MEGIOLARO, Marcello Rodrigo de Oliveira. Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos. 2015. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

MINETTO, 2018. 5W2H. **Ferramentas da Qualidade.** Disponível em:<<https://ferramentasdaqualidade.org/5w2h/>> Acesso em: 08 de julho de 2020

MOUBRAY, John. **Novos Desenvolvimentos em Manutenção Centrada em Confiabilidade.** Workshop – 11º Congresso Ibero Americano de Manutenção. Florianópolis, 2001, p.1-2.

MOUBRAY, J., **Reliability-centered maintenance.** 2 ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

NAKAJIMA, S.; **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NASCIF, J.; DORIGO, L.C. **Manutenção Orientada Para Resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

NETO, P. R.; CUTRIM, S. S.; CUTRIM, S. J.; ROBLES, L. T. **Gestão da Manutenção no Tratamento de Perdas do Processo de Descarga de Minérios do Terminal Marítimo ponta da Madeira Vale.** 2012. Artigo apresentado no XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS.

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°. 03 Jan.-Jun. 2009.

PERES, C. R. C.; LIMA, G.B.A. **Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados**. Gestão e Produção. São Carlos, v. 15, n. 1, p. 149-158, jan.-abr. 2008.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1998.

POR QUE USAR O POWER BI. **Microsoft**, 2020. Disponível em:<<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/why-power-bi/>> Acesso em: 20 mai. 2020.

RODOVIÁRIOS NAS MINAS. Inthemine, 2020. Disponível em:<<https://www.inthemine.com.br/site/rodoviarior-nas-minas>>. Acesso em: 08 de julho de 2020

SANDER, Carlos. O que é FMEA em gestão da qualidade: 11 passos para aplicar. **Catraca de Treinamentos**, 2018. Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/qualidade/o-que-e-fmea>> Acesso em: 08 de julho de 2020

SANTOS, Raphael. O que é Power BI e quais as vantagens de usar essa ferramenta. 2009. Disponível em: <https://blog.deskmanager.com.br/o-que-e-power-bi>. Acesso em 13 de ago. 2020.

SILVA, C. L. **Competitividade: mais que um objetivo, uma necessidade**. Revista FAE BUSINESS, pag. 1-3, n.1, nov. 2001

SOARES, N. M., JÚNIOR, W. A. F. **Auditoria do processo de manutenção proativa**. 2013. 15f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA NETO, João Cirilo da; LIMA, Antônio Marcos Gonçalves de. **Implantação do controle de Manutenção**. [s.l]: [n.a] 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Segunda edição. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, Fábio Januario. **Melhoria do Pilar "Manutenção Planejada" da TPM através da utilização do RCM para nortear as Estratégias de Manutenção**. Dissertação de Mestrado Engenharia - Ênfase em Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica**. Anais XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003.

TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2012.

VILAÇA, Ana Flávia. **Perfil de Perdas no Processo da Moagem de uma Usina de Pelotização de Minério de Ferro: Estudo de Caso da Vale Tubarão**. Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica - Fundação de Assistência e Educação - FAESA. 2014

XENOS, Harilaus G.P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: edg, 1998.

ZEN, Milton AG. Indicadores de Manutenção. Artigo publicado pela Info Magzen, Consultoria, Desenvolvimento e Educação, 2003. EUGÊNIO, Marcelo