

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO ARCOS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Túlio de Paulo Corrêa

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NO SETOR DE  
COLHEITA DE EUCALIPTO**

Arcos  
2022

TÚLIO DE PAULO CORRÊA

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NO SETOR DE  
COLHEITA DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharel em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Avançado Arcos como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana

Arcos  
2022

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Avançado Arcos*

C824e  
2022

Corrêa, Túlio de Paulo.

Estudo da manutenção centrada na confiabilidade no setor de colheita de eucalipto / Túlio de Paulo Corrêa. - Arcos, 2022.

37 f. : il. color.

Orientador: Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica.) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Avançado Arcos*.

1. *Feller Buncher* (máquina de colher). I. Viana, Luiz Augusto Ferreira de Campos(orientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Avançado Arcos*. IV. Título.

CDD: 621.8

Elaborada por Meriely Ferreira de Almeida- CRB-6/2960



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**

**Campus Avançado Arcos**

**Diretoria de Ensino**

**Docentes Área Técnica**

Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG

3733515173 - www.ifmg.edu.br

**Ata de Defesa de TCC do Curso de Bacharelado em**  
**Engenharia Mecânica, realizada em 30 de novembro de**  
**2022**

Aos trinta dias do mês de novembro de dois mil e vinte e dois, às treze horas e trinta minutos, se reuniu a banca avaliadora composta pelo Professor Caio Fernando Teixeira Portela, Professor Maurício Lourenço Jorge e Professor Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana (orientador), para avaliar o trabalho intitulado “Estudo da manutenção centrada na confiabilidade no setor de colheita de eucalipto”, apresentado pelo aluno Túlio de Paulo Corrêa, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “aprovado”, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emite, em consenso, o conceito final 85. Nada mais havendo a tratar, a defesa foi encerrada quatorze horas e trinta e cinco minutos e eu, Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 30 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, Coordenador(a) do curso Superior de Bacharelado em Engenharia Mecânica**, em 30/11/2022, às 16:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 30/11/2022, às 16:59, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Caio Fernando Teixeira Portela, Professor Substituto**, em 01/12/2022, às 13:16, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1393544** e o código CRC **FEE7FAEA**.

23808.001075/2022-31

1371801v1

Dedico este trabalho à Deus, por  
mais esta etapa vencida.  
À minha família que sempre me de-  
ram total apoio e incentivo.  
A todos os que me ajudaram ao  
longo desta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por cuidar e iluminar meus caminhos, sempre guiando e me sustentando em momentos bons e principalmente em momentos de dificuldades.

A minha mãe Ana Maria, pelo amor, pela dedicação, por incentivar a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu pai Vicente, pelos conselhos e por ter acreditado e apoiado em todos momentos, para que pudesse chegar até aqui.

Aos meus familiares, pelas palavras de incentivo, pela torcida e união.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* Arcos, por suas contribuições para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Aos meus amigos, que em muitas das dificuldades se mostraram à disposição em me ajudar e que fizeram total diferença para meu crescimento.

Ao meu orientador Luiz, por acreditar em mim, pelo suporte, apoio durante o curso e neste trabalho.

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis."

José de Alencar

## RESUMO

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma estratégia utilizada para definir melhores caminhos a serem realizados dentro da manutenção, e com metodologias para serem aplicadas na gestão de ativos da empresa. A norma brasileira NBR-5462 (1994) apresenta conceitos e diretrizes importantes da manutenção e manutenibilidade, com objetivo de garantir padrões e a realização de processos necessários em determinadas atividades. O estudo realizado tem como objetivo aplicar técnicas da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) no setor de colheita de eucaliptos, que é realizado por máquinas conhecidas como *Feller Buncher*. O trabalho utilizou dados reais de duas máquinas de colheita de eucalipto, com o período de trabalho e suas intervenções para manutenção, que é uma das primeiras etapas antes de preparar a madeira. Foi utilizado um *software* para o tratamento dos dados, conhecido como Power BI, capaz de gerar através de planilhas com diferentes dados, gráficos e indicadores importantes da manutenção. Foi analisado o período em que as máquinas estavam em manutenção, a partir dos quais foram gerados indicadores como, o tempo em bom funcionamento, o tempo em que esteve em manutenção, a quantidade de falhas totais, o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio entre reparos (MTTR) e a disponibilidade. Com estes dados, foi possível estimar o valor de perdas que a empresa teve com os *Fellers Bunchers*, referente ao tempo de parada, em aproximadamente R\$ 2,19 milhões.

**Palavras-chaves:** *Feller Buncher*, Manutenção, Indicadores, Power BI.



## ABSTRACT

Reliability-centered maintenance is a strategy used to define better paths to be taken within maintenance, and with methodologies to be applied in the management of company assets. The Brazilian standard NBR-5462 (1994) presents important concepts and guidelines for maintenance and maintainability, with the aim of guaranteeing standards and carrying out necessary processes in certain activities. The study carried out aims to apply Reliability Centered Maintenance (MCC) techniques in the eucalyptus harvesting sector, which is carried out by machines known as Feller Buncher. The work used real data from two eucalyptus harvesting machines, with the period of work and their interventions for maintenance, which is one of the first steps before preparing the wood. A software for data processing, known as Power BI, was used, capable of generating through spreadsheets with different data, graphs and important maintenance indicators. The period in which the machines were under maintenance was analyzed, from which indicators were generated, such as the time in good operation, the time in which it was under maintenance, the number of total failures, the mean time between failures (MTBF), mean time between repairs (MTTR) and availability. With these data, it was possible to estimate the value of losses that the company had with the Fellers Bunchers, referring to the downtime, at approximately R\$ 2.19 million.

**Key-words:** Feller Buncher, Maintenance, Indicators, Power BI.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – <i>Feller Buncher</i> . . . . .                                | 12 |
| Figura 2 – Gráfico da evolução da manutenção . . . . .                    | 17 |
| Figura 3 – Classificação da Manutenção . . . . .                          | 17 |
| Figura 4 – Motosserra para o corte de árvores . . . . .                   | 21 |
| Figura 5 – Modelo de <i>Harvester</i> . . . . .                           | 22 |
| Figura 6 – Modelo de <i>Feller Buncher</i> . . . . .                      | 22 |
| Figura 7 – Implementos para o <i>Feller Buncher</i> . . . . .             | 23 |
| Figura 8 – Fluxo do Power BI . . . . .                                    | 24 |
| Figura 9 – Interface <i>Power Query</i> . . . . .                         | 24 |
| Figura 10 – Interface <i>Power View</i> . . . . .                         | 25 |
| Figura 11 – <i>Dashboard</i> completo <i>Feller Bunchers 01</i> . . . . . | 29 |
| Figura 12 – <i>Dashboard</i> completo <i>Feller Bunchers 02</i> . . . . . | 30 |
| Figura 13 – <i>MTBF</i> do <i>Feller Buncher 01</i> . . . . .             | 31 |
| Figura 14 – <i>MTBF</i> do <i>Feller Buncher 02</i> . . . . .             | 31 |
| Figura 15 – <i>MTTR</i> do <i>Feller Buncher 01</i> . . . . .             | 32 |
| Figura 16 – <i>MTTR</i> do <i>Feller Buncher 02</i> . . . . .             | 32 |
| Figura 17 – Disponibilidades <i>Feller Buncher 01</i> . . . . .           | 33 |
| Figura 18 – Disponibilidades <i>Feller Buncher 02</i> . . . . .           | 33 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Características técnicas e dimensionais do <i>Feller Buncher</i> e Cabeçote . . . | 26 |
|--|----|

# SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .                     | <b>12</b> |
| 1.1      | Justificativa . . . . .                         | 13        |
| 1.2      | Objetivos . . . . .                             | 13        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> . . . . .          | <b>15</b> |
| 2.1      | Manutenção . . . . .                            | 15        |
| 2.2      | Tipos de Manutenção . . . . .                   | 17        |
| 2.3      | Manutenção Centrada na Confiabilidade . . . . . | 19        |
| 2.4      | Máquinas de Colheita Florestal . . . . .        | 20        |
| 2.5      | Power BI . . . . .                              | 23        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA</b> . . . . .                    | <b>26</b> |
| 3.1      | Caracterização da empresa . . . . .             | 26        |
| 3.2      | Determinação dos equipamentos . . . . .         | 26        |
| 3.3      | Coleta de Dados . . . . .                       | 26        |
| 3.4      | Cálculo do MTBF e MTTR . . . . .                | 27        |
| 3.5      | Cálculo da Disponibilidade Física . . . . .     | 28        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS</b> . . . . .                     | <b>29</b> |
| 4.1      | <i>Dashboards</i> . . . . .                     | 29        |
| 4.2      | Análise das manutenções . . . . .               | 30        |
| 4.3      | Análise de MTBF e MTTR . . . . .                | 30        |
| 4.4      | Análise de Disponibilidade . . . . .            | 32        |
| 4.5      | Análise de Perdas . . . . .                     | 34        |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .           | <b>35</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .                    | <b>36</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

Em um cenário extremamente competitivo, e a procura pelo aumento da disponibilidade dos equipamentos faz com que as empresas invistam em tecnologias e em gestões que lhe garantam melhores resultados. Diante destes aspectos, o setor de manutenção passou a ser considerado como um papel estratégico para utilização de metodologias, que visão garantir melhor rendimento, produtividade e diminuir custos oriundos da manutenção (DEA, 2021). A manutenção é considerada um processo com atribuições diretas sobre o funcionamento da produção e que podem consequentemente o aumentar da confiabilidade dos equipamentos (PAZINI, 2008).

O setor florestal está em crescente evolução, com máquinas capazes de aumentar a produtividade, mas que necessitam de sistemas e ferramentas adequadas para que possam extrair o seu máximo desempenho (RODRIGUES, 2018).

O *Feller Buncher*, visto na Figura 1, é uma máquina considerada como um trator derrubador/ empilhador, responsável por realizar o corte de árvores de eucaliptos, que serão destinadas para a produção de carvão vegetal. Na frontal do equipamento conhecida como lança podem ser acoplados implementos capazes de acumular feixes de árvores durante o processo de corte, e que aumentam a produtividade do setor (RODRIGUES, 2018).

Figura 1 – *Feller Buncher*



Fonte: BRANDT, 2022.

Para que os *Fellers Bunchers* ultrapassem suas metas de produtividade, é preciso aumentar continuamente o volume da sua colheita, desde que este aspecto esteja relacionado com a disponibilidade e a confiabilidade da máquina. Entretanto, isso tudo deve ser seguido sem afetar o setor de planejamento financeiro da empresa. Segundo Pazini (2008) dentre as alternativas para aumento da produção, está a implementação de metodologias de manutenção ligadas ao funcionamento do sistema.

Pode-se destacar a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) como uma das alternativas de implementação. Com o MCC, é possível identificar atividades relacionadas à manutenção de modo a reduzir as interrupções, conseqüentemente aumentando a disponibilidade e confiabilidade do equipamento (PAZINI, 2008).

O presente estudo apresenta conceitos importantes da Manutenção Centrada na Confiabilidade no setor de colheita de eucaliptos para a produção de carvão vegetal. Foram verificadas e analisadas as paradas relacionadas às manutenções preventivas e corretivas dos *Fellers*, possibilitando gerar indicadores e estimar as perdas de produção causadas pelas falhas que levam à manutenção.

## **1.1 Justificativa**

O aumento dos custos nas operações e equipamentos faz com que empresas invistam diretamente no setor de manutenção, buscando estratégias que visam aumentar a confiabilidade de seus equipamentos, investindo em planejamento e controle da manutenção do maquinário.

Segundo Siqueira (2005), a MCC fornece um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção, para qualquer processo produtivo. A MCC também favorece na produtividade e aprimora as técnicas utilizadas para solucionar problemas. Portanto, o setor de planejamento e controle de manutenção (PCM) é responsável em aplicar e desenvolver um MCC com bons resultados.

Deste modo, este trabalho pode demonstrar quanto de perdas financeiras a empresa obteve, pelo fato das máquinas deixarem de produzir e que foram originadas por falhas e manutenções. Portanto, o planejamento e controle da manutenção é uma atividade importante, que objetiva aumentar a produtividade e conseqüentemente alcançar resultados mais satisfatórios.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Este trabalho tem como objetivo principal aplicar técnicas de Manutenção Centrada na Confiabilidade no maquinário de colheita de eucalipto, de uma empresa de grande porte, para a produção de carvão vegetal.

### ***1.2.2 Específicos***

- Aplicar os conceitos da manutenção centrada em confiabilidade nas máquinas do setor de colheita;
- Estimar as perdas financeiras originadas por falhas e manutenções;
- Desenvolver *Dashboards* em *Power BI* com os dados obtidos dos equipamentos estudados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Manutenção

A manutenção como o conceito do conjunto de atividades e cuidados técnicos que devem ser realizadas ao longo da vida do equipamento, conforme a NBR-5462, passou a ser conhecida como manutenção em meados do século XVI na Europa Central (MORO; AURAS, 2007). A manutenção passou a se fortalecer durante a Revolução Industrial, tornando-se uma necessidade na Segunda Guerra Mundial.

Segundo Moro e Auras (2007), ao passar dos anos e com o aumento da concorrência, os prazos de entrega tornaram-se um ponto crucial e relevante para todas as empresas que buscam competitividade dentro do mercado. Diante disso, a necessidade de prevenir falhas em máquinas e equipamentos tornou-se um objetivo indispensável.

Além disso, existem outros incentivos para que a manutenção se desenvolvesse como a exigência por maior qualidade, no que acarretou em manutenções mais planejadas.

#### 2.1.1 *Evolução da Manutenção*

A manutenção é uma atividade que é aplicada há muito tempo e para Kardec (2009) ela pode ser dividida em 4 gerações, caracterizadas por constantes mudanças e desenvolvimento. Essas mudanças ocorreram devido ao desenvolvimento industrial, sendo elas em instalações, equipamentos e edificações, com o aperfeiçoamento do maquinário, sendo cada vez mais complexos, com novas maneiras de conduzir e organizar a manutenção, aplicando avançadas técnicas de manutenção com objetivo de que a mesma seja realizada de forma estratégica para redução de custos e maiores lucros.

A primeira das quatro gerações descritas por Kardec (2009) ocorreu no período antes da Segunda Guerra Mundial, em que a indústria possuía poucos equipamentos mecanizados, muitas das vezes eram simples e superdimensionados.

Devido às circunstâncias econômicas daquela época, a produtividade não era um ponto prioritário, de forma que as manutenções se tratavam apenas de pequenos reparos, lubrificação e limpeza, portanto, a manutenção era corretiva. O que se buscava naquela época eram profissionais capazes de executar os reparos necessários (KARDEC, 2009).

Ainda segundo o autor citado, a segunda geração ocorreu entre os anos 1950 e 1970, logo após a Segunda Guerra Mundial. Neste período, houve grande aumento da demanda por produtos com maior variedade. Como consequência, naquela época se evidenciou um grande aumento da mecanização e a complexidade dos equipamentos.



Após todos esses acontecimentos, Kardec (2009) destaca o surgimento da manutenção preventiva, devido à necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Em decorrência disso, os custos de manutenções também aumentou, com surgimento de novas técnicas para o planejamento e controle da manutenção, voltadas ao aumento da vida útil dos equipamentos.

Após os anos de 1970 a terceira geração é caracterizada pelo crescimento da automação, mecanização e a concorrência cada vez mais acirrada entre as empresas, associada a exigências cada vez maiores dos consumidores, de maneira com que a confiabilidade e a disponibilidade se tornaram práticas fundamentais. Neste período também ocorreu a utilização de práticas *just-in-time*, em que os estoques de produtos inacabados foram reduzidos, de forma que pequenas interrupções possivelmente poderiam interromper a linha de produção. Com o avanço da tecnologia e informática, foi possível utilizar computadores capazes de processar informações mais rapidamente e utilizá-las para o planejamento, controle e acompanhamento das manutenções (SIQUEIRA, 2014).

Por fim, Kardec (2009) complementa que na quarta geração em meados de 1990, tem-se a consolidação de práticas de manutenção, sendo a disponibilidade um fator de desempenho mais importante para a manutenção. A metodologia de análise de falhas torna-se uma prática que proporciona o aumento do desempenho dos equipamentos e da empresa. Nesta época, passam a ser desenvolvidos projetos que ajudem nos aspectos de confiabilidade, disponibilidade e custo do ciclo de vida do equipamento, de forma que muitas empresas passam a integrar as áreas de engenharia, manutenção e operação, para que as metas sejam alcançadas em conjunto. Na Figura 2 é possível identificar as respectivas gerações da manutenção.

Figura 2 – Gráfico da evolução da manutenção

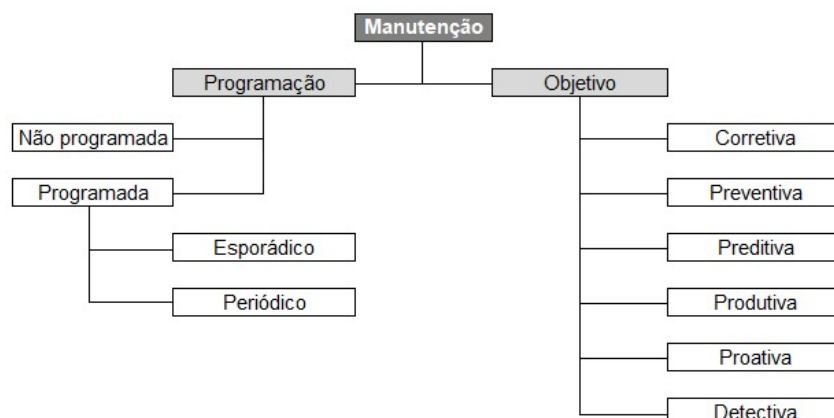


Fonte: Adaptado de KARDEC, 2009.

## 2.2 Tipos de Manutenção

Os tipos de manutenção são caracterizados pela forma com que é feita a intervenção no equipamento (IEWENGENHARIA, 2021). No presente trabalho, são destacadas alguns destes tipos de manutenção, sendo elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção produtiva, manutenção proativa e manutenção detectiva, conforme é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Classificação da Manutenção



Fonte: Adaptado de SIQUEIRA, 2014.

De fato, as manutenções são importantes e com aplicações e metodologias diferentes, mas atualmente as empresas buscam aplicar a manutenção com o foco nos resultados financeiros, não necessariamente em eliminar 100% das falhas.

### **2.2.1 Programação das Manutenções**

As manutenções podem ser classificadas como Manutenção programada e Manutenção não-programada.

Segundo Barbosa (2009), na manutenção programada as tarefas são realizadas seguindo intervalos de tempo e condições pré-definidas e tais intervalos podem ser regulares (periódicos) ou irregulares, mediante oportunidades (esporádicos). Já a manutenção não-programada é feita em função da demanda.

### **2.2.2 Objetivos na Manutenção**

De acordo com a Figura 3, as manutenções, no critério objetivos, podem ser subdivididas em 6 categorias. Sendo assim, cada categoria pode ser descrita como:

- Manutenção Corretiva: tem como objetivo corrigir falhas que já ocorreram;
- Manutenção Preventiva: destinada a diminuir e evitar a probabilidade de falha, com sua aplicação em intervalos predeterminados;
- Manutenção Preditiva: seu objetivo é buscar a previsão ou até mesmo a antecipação da falha. São utilizadas técnicas de análise que indiquem o avanço de uma falha a tempo de ser reparada;
- Manutenção Produtiva: destinada a garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos;
- Manutenção Proativa: esta é utilizada para otimizar processos e projetos de novos equipamentos, buscando melhoria contínua;
- Manutenção Detectiva: sua função é identificar falhas que podem ter ocorrido em um equipamento, mas que não foram previamente percebidas/ identificadas.

### **2.2.3 Engenharia de Manutenção**

Segundo Viana (2002), a Engenharia de Manutenção engloba fatores de grande importância para o desenvolvimento na manutenção industrial. Seu objetivo é propor o desenvolvimento tecnológico da manutenção, utilizando metodologias científicas para a solução de complexidades envolvidas nos processos e equipamentos, buscando melhorias da manutenabilidade e

produtividade. Para Kardec (2009), a Engenharia de Manutenção possui o significado “perseguir *benchmarks*, aplicando técnicas modernas, alinhando com a manutenção de Primeiro Mundo”.

Ainda segundo Kardec (2009), as atribuições da Engenharia da Manutenção podem aumentar a disponibilidade, a confiabilidade, a manutenibilidade, aumentar a capacitação das pessoas que estão envolvidas no processo, acabar com os problemas recorrentes e aplicar e acompanhar os indicadores de desempenho.

Quando se trata do aumento da disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade podemos associá-las com técnicas e metodologias, dentre elas, a Manutenção Centrada na Confiabilidade.

### **2.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade**

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), conhecida também como RCM (*Reliability Centered Maintenance*), se iniciou no setor aeronáutico, no desenvolvimento de aviões. Seu primeiro registro foi feito por Stan Nowln e Howard Heap em 1978, em que analisaram a política da manutenção no setor de aviação, constatando que as taxas de falhas não estavam apenas relacionadas com a idade do equipamento (COSTA, 2013).

A MCC é uma ferramenta importante para tomar decisões, com procedimentos de manutenção a serem seguidos em um processo industrial. Esta metodologia visa investigar as diversas formas com que o equipamento ou componente possa vir a falhar, e por meio disto, estabelecer as ações para a tomada de decisões (VIANA, 2002).

Para RIBEIRO e FOGLIATTO (2009, p. 217), a Manutenção Centrada na Confiabilidade é definida como:

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

Para que seja possível utilizar a MCC são necessárias informações. Portanto, é fundamental que exista um banco de dados que registre, armazene e classifique as falhas, de maneira que possam ser realizados estudos de confiabilidade para embasar as atividades de manutenção (GAIO, 2016).

#### **2.3.1 Disponibilidade dos ativos**

A disponibilidade, segundo a norma regulamentadora NBR-5462 de 1994, é a capacidade de um item possuir condições de executar determinada função, em um instante ou determinado

período de tempo, considerando alguns aspectos combinados da confiabilidade e manutenibilidade. O cálculo da disponibilidade física dos ativos, é necessário o total de horas do período e as horas referentes as manutenções (SANTOS, 2019).

### **2.3.2 Tempo médio entre falhas (MTBF)**

A sigla MTBF vem de *Mean Time Between Failures*, que em tradução livre significa Tempo Médio entre Falhas. Para Viana (2002), o tempo médio entre falhas tem como definição como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento, pela quantidade de intervenções corretivas.

Com este índice, pode-se observar o comportamento do equipamento, perante as ações mantenedoras. Caso o valor do MTBF aumente com o tempo, é um ponto positivo para a manutenção, pois demonstra que o número de interferências relacionadas às corretivas segue diminuindo, e consequência disto as horas disponíveis para a execução do trabalho aumentam (VIANA, 2002).

### **2.3.3 Tempo médio de reparo (MTTR)**

MTTR é a sigla que vem de *Mean Time to Repair*, que significa Tempo Médio de Reparo. Por meio do MTTR é possível delimitar quanto tempo o ativo ficou em manutenção, contabilizando desde o momento da notificação da falha até a solução do problema e funcionamento do equipamento (DUTRA, 2017).

Segundo Viana (2002), o tempo médio de reparo é definido como a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade do ativo por conta da manutenção, pelo número de intervenções corretivas durante o período que esteve parado.

A ferramenta Manutenção Centrada na Confiabilidade e seus indicadores, podem apresentar resultados significativos para as empresas que buscam melhorias em seus equipamentos. A MCC pode ser utilizada no setor florestal afim de gerar indicadores importantes em busca de melhorias no setor de colheita de eucaliptos.

## **2.4 Máquinas de Colheita Florestal**

A colheita de madeira é uma operação de grande importância para o ramo florestal, por ser uma das primeiras etapas a serem realizadas. Ela deve possuir um bom planejamento e gerenciamento, garantindo as condições dos serviços e dos produtos. Quando não é executada corretamente, pode haver prejuízos à produtividade do setor, aumentando os custos e comprometendo os serviços posteriores (RODRIGUES, 2018).

Para Moraes (2012), sistemas operacionais bem desenvolvidos podem reduzir os custos na colheita florestal. A escolha adequada do melhor maquinário para as etapas de corte, extração

e transporte inicial deve estar ligada aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, como forma de minimizar os impactos gerados.

As máquinas florestais possuem atributos que aumentam suas vantagens em relação aos tratores agrícolas convencionais. Estas máquinas são capazes de desenvolver atividades com maior velocidade de deslocamento, possibilitando o aumento da mobilidade e capacidade operacional. Dentre as principais alternativas para derrubada de árvores, podem ser destacados o corte semimecanizado ou mecanizado, detalhados a partir do próximo tópico.

#### **2.4.1 Corte semimecanizado**

É um processo que foi muito utilizado antigamente. Seu uso normalmente ocorre em regiões de difícil acesso a sistemas mecanizados, seja por conta da região, das condições do solo ou até mesmo das dimensões das árvores (RODRIGUES, 2018). No corte semimecanizado, conforme representado na Figura 4, a derrubada das árvores é feita pelo uso de motosserras, que também pode ser utilizada para o desgalhamento e traçamento das árvores.

Figura 4 – Motosserra para o corte de árvores



Fonte: Adaptado de DINO, 2018.

#### **2.4.2 Corte Mecanizado**

O *Harvester*, visto na Figura 5 tem como finalidade cortar e processar árvores, como desgalhar, traçar e empilhar. Seu funcionamento consiste em cortar a árvore, posicioná-la e movimentá-las por meio de rolos dentados na horizontal. Este procedimento é feito em um movimento alternativo esquerda e direita, com o objetivo do desgalhamento e descasque das toras de árvores (MORAIS, 2012).

Figura 5 – Modelo de *Harvester*

Fonte: Adaptado de DEERE, 2022b.

O *Feller Buncher*, visto na Figura 6, é uma máquina conhecida como trator derrubador-acumulador, que corta e acumula várias árvores em seu cabeçote, formando feixes de árvores. O processo de corte das árvores consiste em fixá-las por duas garras que estão dispostas a cerca de 1,30 m do solo, e posteriormente realizar o corte rente ao solo. Ao realizar o corte, o braço acumulador é acionado, fazendo com que os troncos cortados sejam acumulados no cabeçote, deixando as garras disponíveis para realizar um novo corte, até que o cabeçote atinja sua capacidade máxima (MORAIS, 2012).

Figura 6 – Modelo de *Feller Buncher*

Fonte: DEERE, 2021.

O *Feller Buncher* pode operar em conjunto com alguns modelos de implementos, sendo

eles: disco, sabre e tesoura, representados na Figura 7. O equipamento em conjunto com os braços acumuladores, é acionado pelo sistema hidráulico (RODRIGUES, 2018).

Figura 7 – Implementos para o *Feller Buncher*



(a) Disco



(b) Sabre



(c) Tesoura

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, 2018.

O modelo de *Feller Buncher* que utiliza o implemento de disco Figura 7-a é acionado por um motor hidráulico e possui dentes nas bordas do seu perímetro. O implemento de sabre Figura 7-b funciona de maneira similar a uma motosserra, acionada pelo motor hidráulico. Já o modelo de tesoura Figura 7-c pode possuir variações de lâminas e sentido de corte (RODRIGUES, 2018).

Através das máquinas florestais é possível com que sejam geradas informações do seu funcionamento, e que podem ser transformados em indicadores de manutenção. Estes indicadores podem ser apresentados de maneira intuitiva em *softwares* como o Power BI.

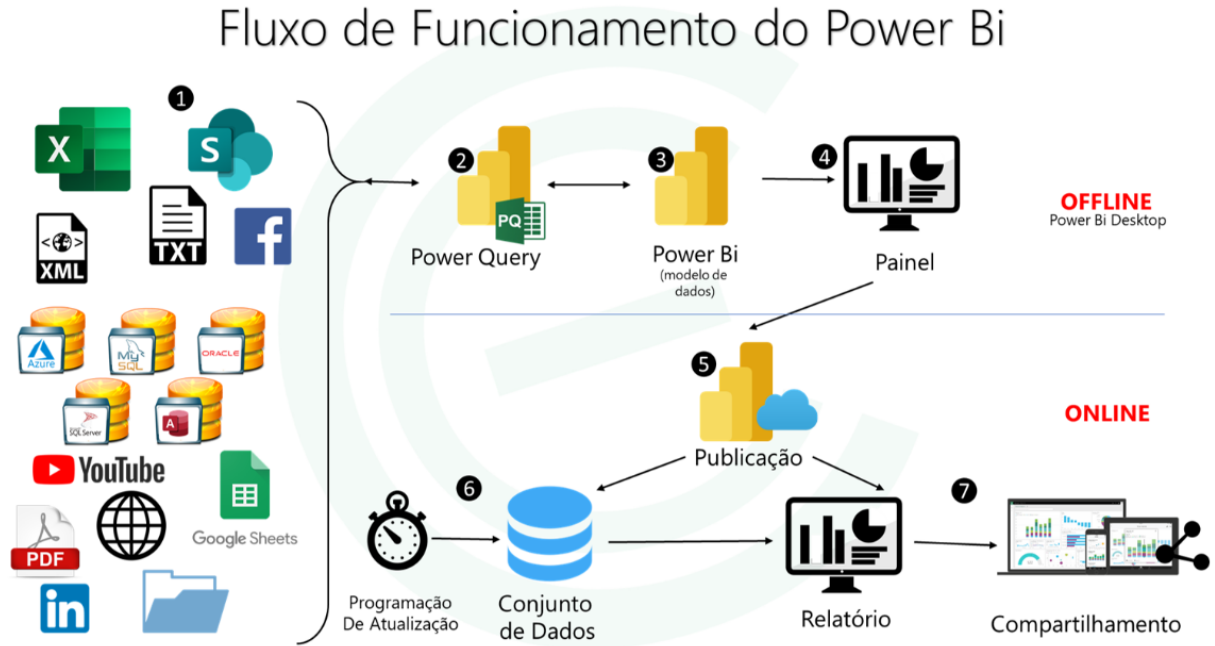
## 2.5 Power BI

O *software* Power BI foi desenvolvido para atender o mercado de tecnologia. O *software* é capaz de analisar diversos dados, com possibilidade de organizá-los, tratá-los e apresentá-los em *dashboards*.

A ferramenta BI possibilita que os dados coletados sejam tratados de maneira objetiva, conforme o desejo do cliente ou empresa. Com este *software*, é possível conectar e organizar várias fontes de dados diferentes. A Figura 8 representa um fluxo de informações que podem ser utilizadas e transformadas. No lado esquerdo da Figura 8, estão as bases de dados, que são transformadas em indicadores e informações úteis (MICROSOFT, 2022).



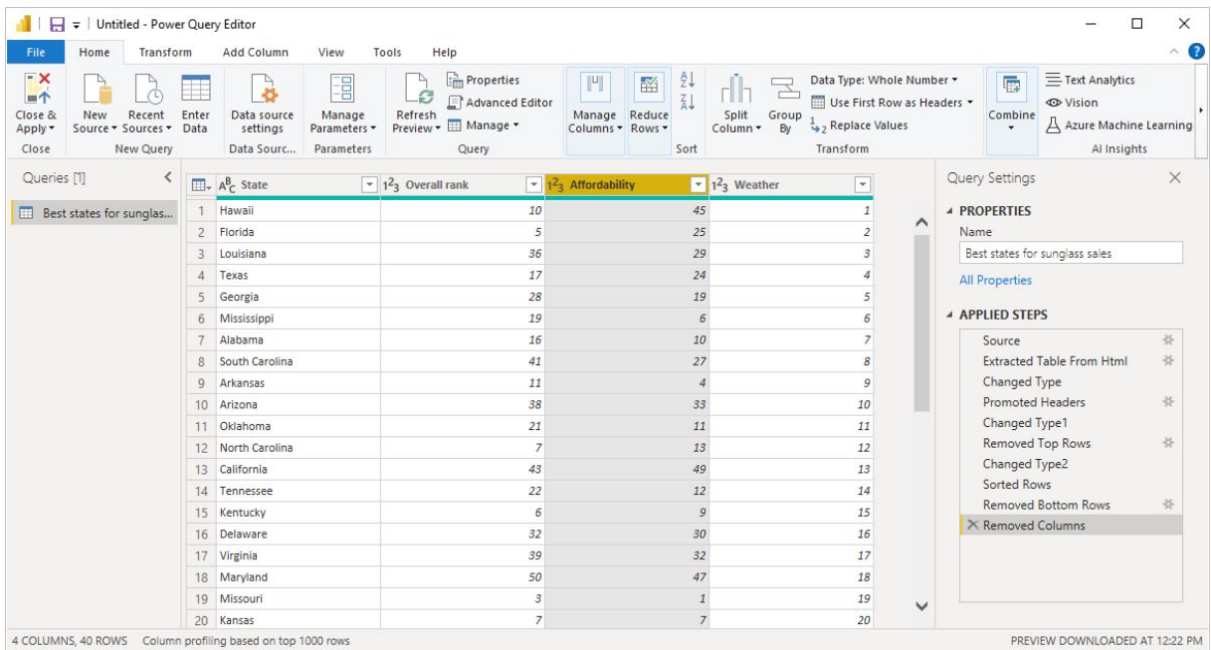
Figura 8 – Fluxo do Power BI



Fonte: EXCELENCIA, 2022.

O *Power Query* é a interface do Power BI que possibilita inserir os dados coletados para tratamento. É uma interface bem intuitiva, sem necessidade de utilizar linguagem de programação diretamente. A Figura 9 apresenta um exemplo da interface do *Power Query* e tratamento de dados.

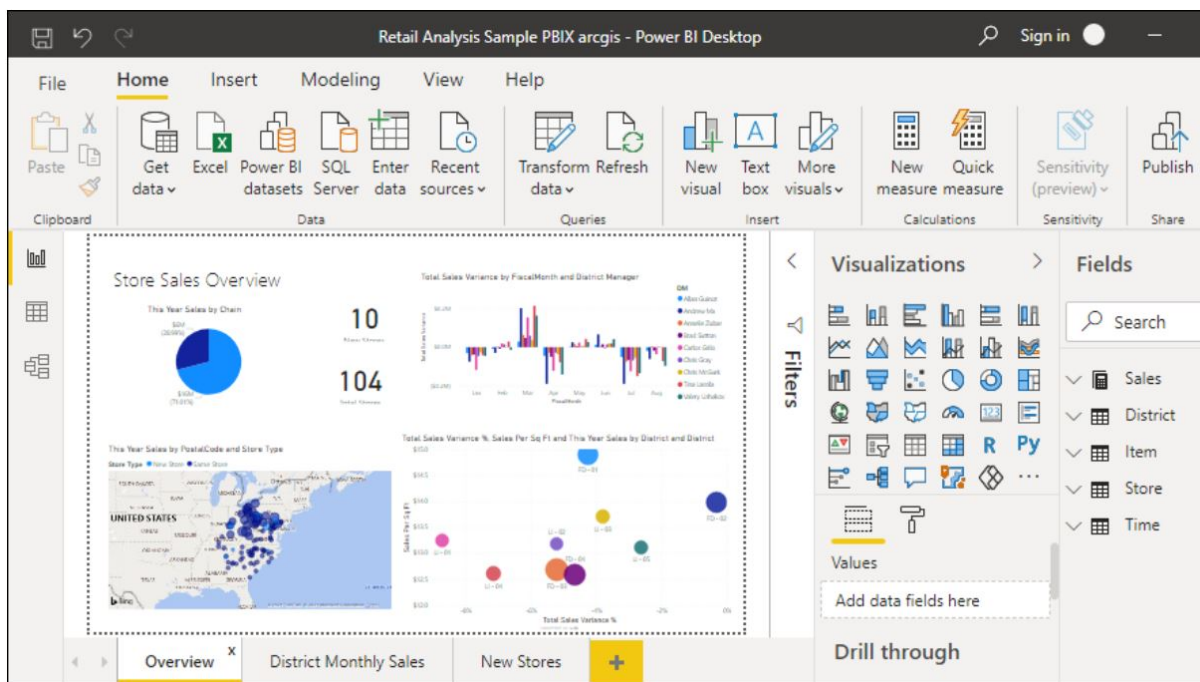
Figura 9 – Interface *Power Query*



Fonte: MICROSOFT, 2022.

Já na interface *Power View*, possibilita o levantamento dos dados por diferentes modelos de visualizações, como gráficos de pizza, de barras, tabelas e outros. Nesta interface também existem vários modelos de filtros, para que se utilize o mais adequado para cada situação. A Figura 10 ilustra a interface.

Figura 10 – Interface *Power View*



Fonte: MICROSOFT, 2022.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da empresa

A empresa estudada está localizada no interior de Minas Gerais, na produção de carvão vegetal oriunda de florestas de eucalipto. O carvão é utilizado para uso na siderurgia, em que são fabricados importantes produtos para construção civil, como vergalhões, molas, parafusos e outros.

#### 3.2 Determinação dos equipamentos

O equipamento estudado neste trabalho é o *Feller Buncher* 903 M em conjunto com o implemento de corte. As características do *Feller Buncher* podem ser encontradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características técnicas e dimensionais do *Feller Buncher* e Cabeçote

| Equipamento                                    | Máquina Base | Cabeçote   |
|--|--------------|------------|
| Marca  | John Deere   | John Deere |
| Modelo   | 903 M        | FR22B      |
| Potência Nominal (HP)                          | 286          | -          |
| Cilindrada (L)                                 | 9            | -          |
| Rodados  | Esteira      |            |
| Alcance da lança (m)                           | 7,01         | -          |
| Número de dentes cortantes                     | -            | 18         |
| Capacidade máxima de acúmulo (m <sup>3</sup> ) | -            | 0,48       |
| Capacidade máxima de corte (mm)                | -            | 559        |
| Massa (kg)                                     | -            | 3840       |
| Velocidade da serra (rpm)                      | -            | 1150       |

Fonte: DEERE, 2022a

O estudo foi realizado com a coleta de dados de dois *Feller Buncher* conforme as características do Quadro 1. As máquinas trabalham em turnos, portanto, estão disponíveis 24h para realizar o seu trabalho, desde que não haja nenhum imprevisto ou falha no equipamento.

#### 3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados é uma etapa importante para aplicação de indicadores da MCC. O apontamento e registro de falhas acabam sendo dois dos principais problemas que atrapalham na análise dos equipamentos quando não são efetuados corretamente. Portanto, é importante ter uma base de dados bem fundamentada.

Foram coletados dados como o tempo de paradas devido a falhas, horas em bom funcionamento e quantidade de falhas totais durante o período estudado, sendo ele de março a agosto

de 2022.

Os dados coletados foram tratados diretamente dentro do Power BI para melhor organização, buscando minimizar erros na construção do *dashboard*. Nele, foi possível aplicar indicadores da MCC para cada máquina estudada e as perdas por conta de não estarem produzindo.

Para análise das perdas de cada *Feller Buncher*, foi considerada uma média de corte de 80 m<sup>3</sup> de madeira por hora, podendo haver variação do volume médio individual (VMI), em função de fatores como espessura madeira, terreno, operador, disponibilidade da máquina e capacidade de corte do cabeçote. Para fins de cálculo, foi estipulado um valor médio de 30 reais, relativo ao metro cúbico de madeira extraída.

### 3.4 Cálculo do MTBF e MTTR

Para realizar o cálculo do MTBF e MTTR, são necessários dados do funcionamento do equipamento e o número de falhas que ocorreram em determinado período. Para efeito de cálculo, será considerado o período de março a agosto de 2022 para cada equipamento estudado.

O cálculo do MTBF segundo Dutra (2017), pode ser realizado pela Equação 3.1:

$$MTBF = \frac{SHTF}{NF} \quad (3.1)$$

Onde:

- SHTF: Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento;
- NF: Número de falhas.

O valor encontrado no MTBF indica o tempo médio entre duas falhas sucessivas, de forma que quanto maior é o valor de MTBF, maior é o tempo de funcionamento do equipamento entre uma falha e outra.

O cálculo do MTTR, para Dutra (2017), é realizado por meio da Equação 3.2:

$$MTTR = \frac{STRF}{QIR} \quad (3.2)$$

Onde:

- STRF: Somatório dos tempos de reparo das falhas funcionais;
- QIR: Quantidade de intervenções realizadas.

O valor do MTTR representa o tempo médio de reparos, e quanto menor é este valor, menor é tempo levado para realizar a manutenção, indicando que a equipe de reparos foi mais eficiente.

### 3.5 Cálculo da Disponibilidade Física

A disponibilidade é um dos principais indicadores de manutenção, pois pode afetar diretamente a eficiência do equipamento como um todo. Para Santos (2019), o cálculo da disponibilidade física do ativo é feita pela Equação 3.3:

$$Disponibilidade(\%) = \left[ \frac{(THR - HM)}{THR} \right] \times 100\% \quad (3.3)$$

Onde:

- THR: Total de horas do período;
- HM: Horas de manutenção.

A disponibilidade física apresenta um percentual importante do equipamento, que é a taxa com que o equipamento está apto a desenvolver seu trabalho.

## 4 RESULTADOS

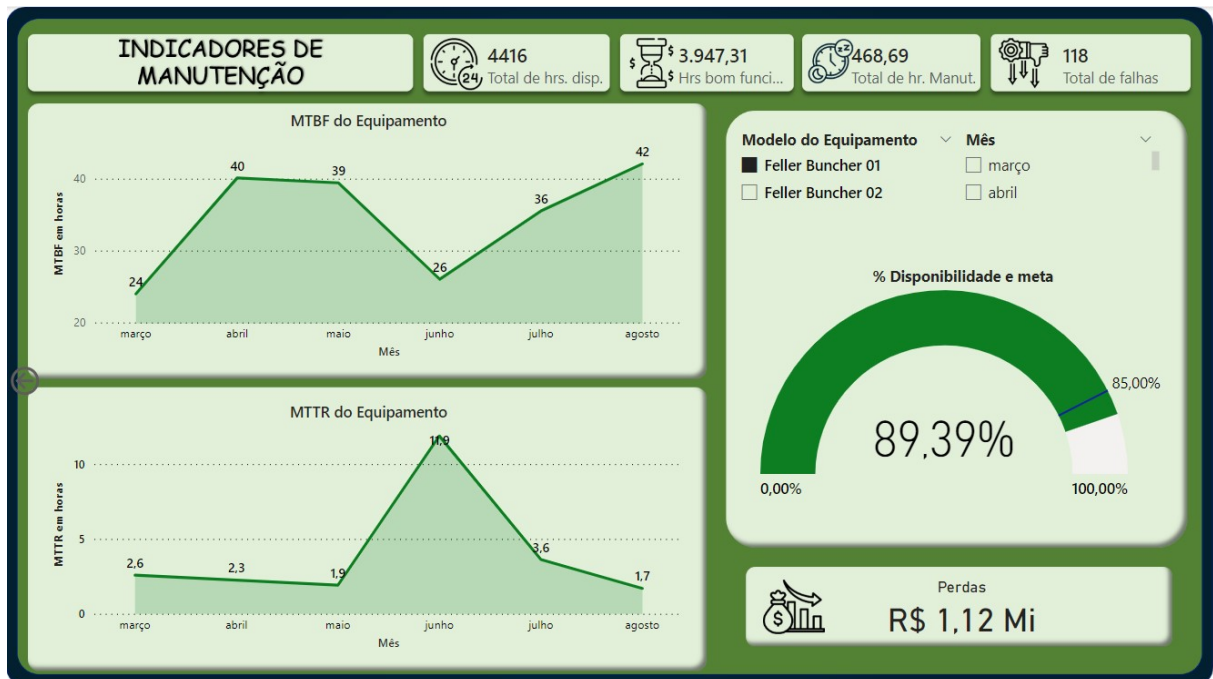
Neste capítulo será abordado o resultado gerado através da coleta de dados, que é a construção de *dashboard* a partir da utilização de indicadores e metodologias da MCC.

Para elaboração do dashboard são necessários dados do funcionamento da máquina. Os dados coletados em horas foram, o tempo que a máquina tem disponível para realizar seu trabalho, o tempo que esteve em manutenção e o número de paradas corretivas. São apresentados resultados de MTBF, MTTR, disponibilidade, horas disponíveis para o trabalho, horas de manutenção, quantidade de falhas e perdas financeiras por não estarem produzindo.

### 4.1 Dashboards

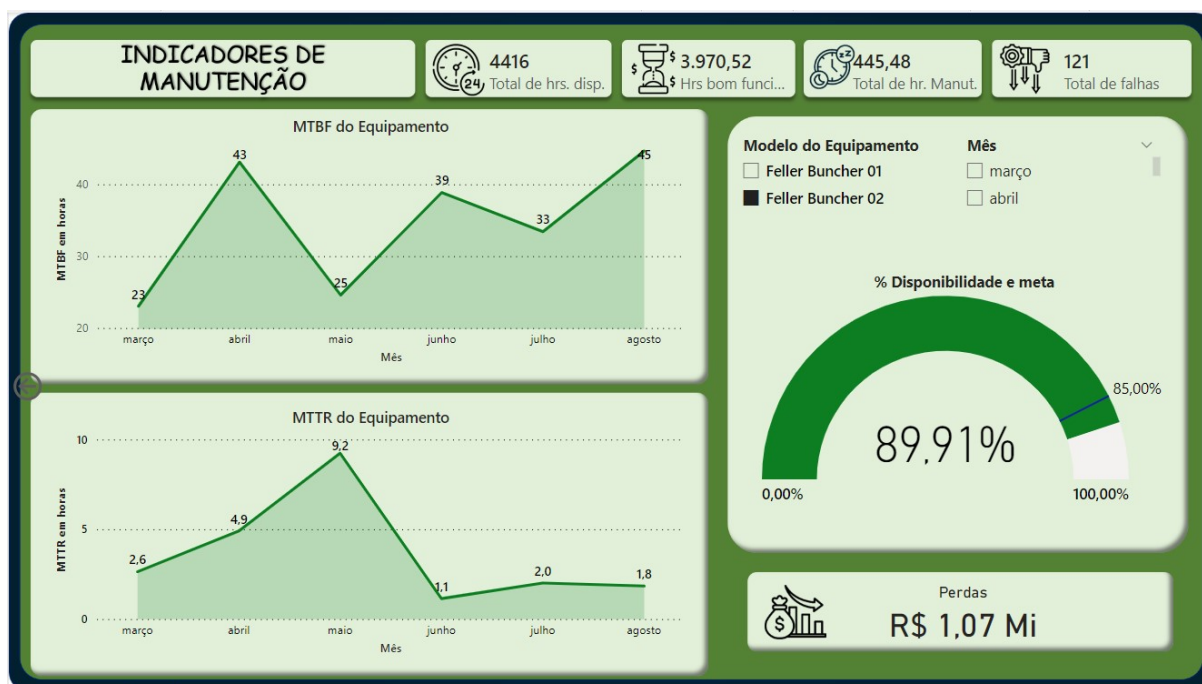
Os *dashboards* possibilitam diversas aplicações com diferentes gráficos. Com um único *dashboard* é possível apresentar dados dos dois *Feller Bunchers*, de forma individual ou consolidada. Na Figura 11, pode ser visto o *dashboard* do *Feller Buncher 01* com todos os dados de indicadores e perdas.

Figura 11 – Dashboard completo *Feller Bunchers 01*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Os indicadores do *Feller Buncher 02*, podem ser visualizados na Figura 12.

Figura 12 – Dashboard completo *Feller Bunchers* 02

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## 4.2 Análise das manutenções

Durante o período analisado, a máquina passou por diversas paradas para manutenção. Conforme a Tabela 1, é detalhado a quantidade de falhas, o total de horas em que a máquina ficou em manutenção, o total de horas que ela tem disponível e as horas de bom funcionamento.

Tabela 1 – Base de dados coletados do *Feller Buncher* 01 e 02

| Critério                     | <i>Feller Buncher</i> 01 | <i>Feller Buncher</i> 02 |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Total de horas disponível    | 4416                     | 4416                     |
| Horas em bom funcionamento   | 3.947,31                 | 3.970,52                 |
| Total de horas em manutenção | 468,69                   | 445,48                   |
| Total de falhas              | 118                      | 121                      |

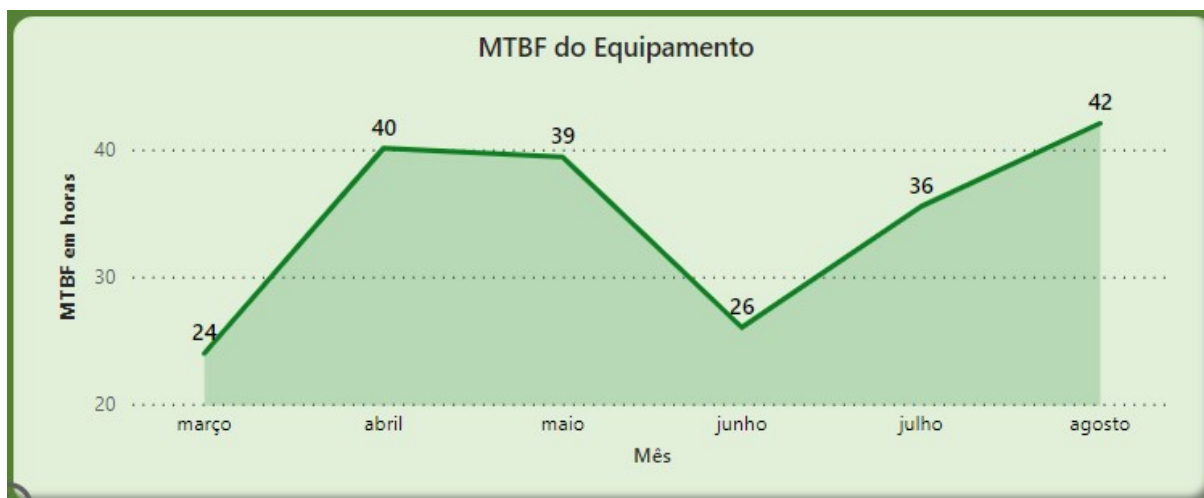
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Nota-se que as informações sobre falhas totais e horas de manutenção são bem próximas do *Feller* 01 e *Feller* 02.

## 4.3 Análise de MTBF e MTTR

A Figura 13 representa os dados obtidos para o *Feller Buncher* 01. Entre os meses analisados, o maior MTBF foi em agosto, em que a máquina teve um maior período de trabalho sem apresentar falhas. Para os meses com o menor valor de MTBF, a máquina trabalhou menor período de tempo entre uma falha e outra.

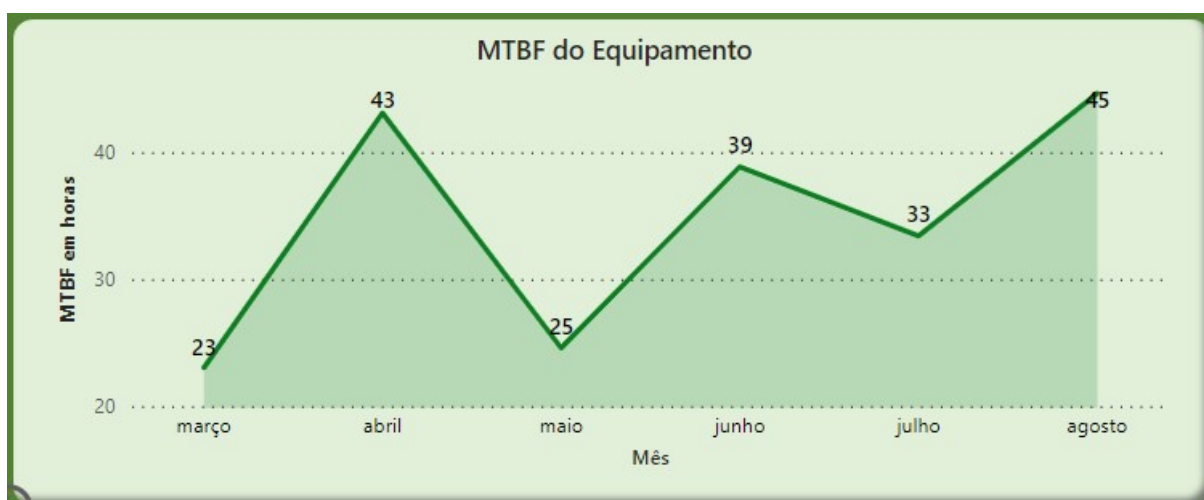
Figura 13 – MTBF do Feller Buncher 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O MTBF para o *Feller Buncher 02* pode ser visualizado na Figura 14. Para o *Feller 02*, o mês que apresentou maior valor foi o de agosto, em que teve um maior período de trabalho sem ser interrompido por falhas, sendo o mesmo período do *Feller Buncher 01*. Destaca-se os meses de março e maio como os meses com menor MTBF, sendo os períodos em que a máquina trabalhou menor tempo entre uma falha e outra.

Figura 14 – MTBF do Feller Buncher 02

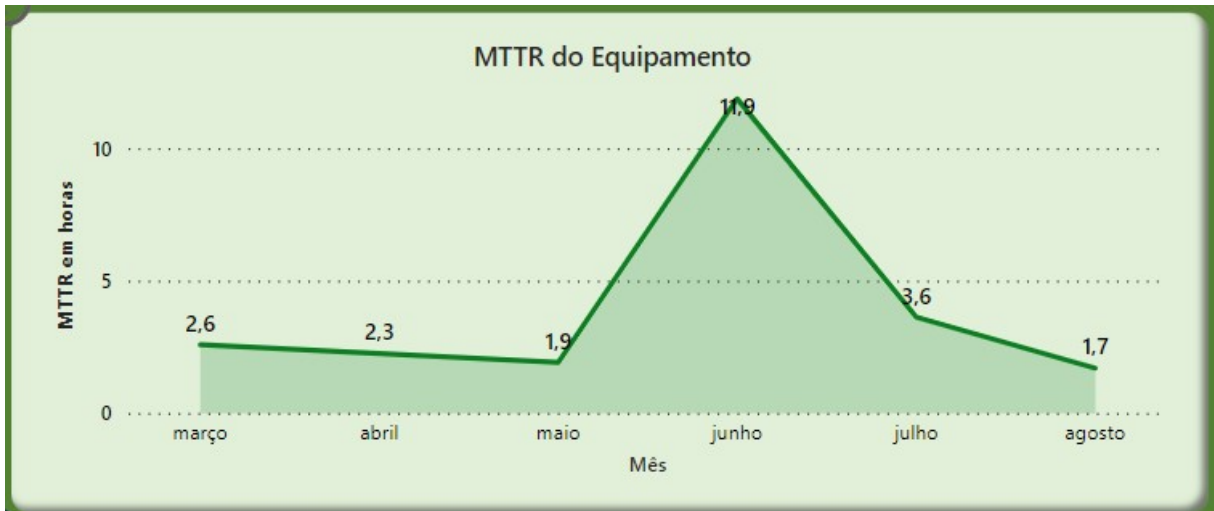


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Foram gerados gráficos de MTTR para ambos os *Fellers*. Na Figura 15, é possível identificar o gráfico de MTTR para o *Feller 01*. Ao analisar o gráfico, podemos notar que o mês de junho apresentou o maior tempo médio de reparo, ou seja, foi o mês em que os mecânicos levaram mais tempo para realizar as manutenções nas máquinas.



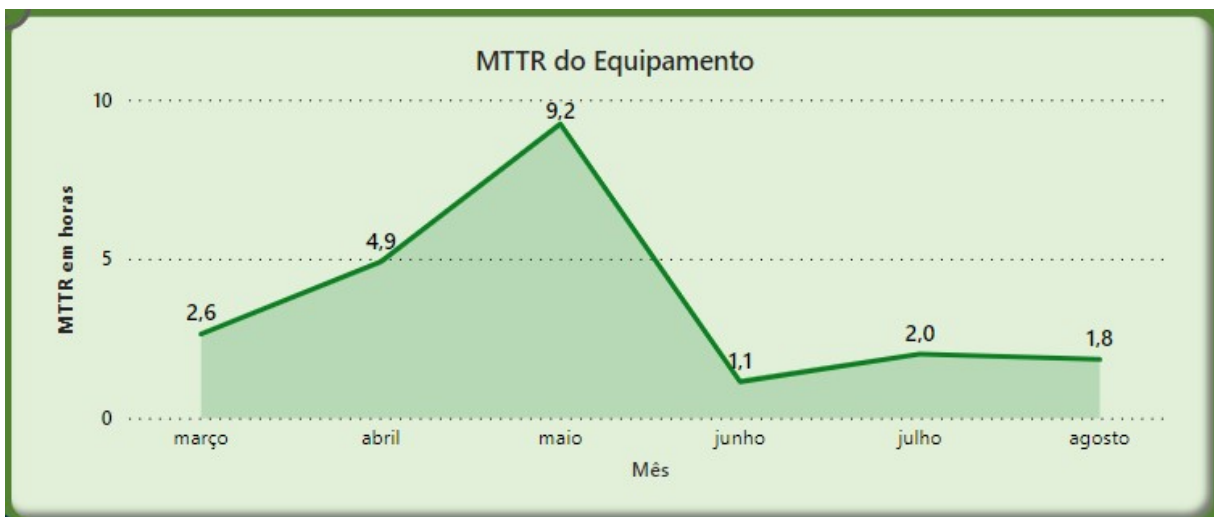
Figura 15 – MTTR do Feller Buncher 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para o *Feller 02*, também foi gerado um gráfico de MTTR que pode ser visualizado na Figura 16. Pelo gráfico, pode-se identificar que o mês que apresentou maior tempo médio de reparo foi o de maio. No período em que as duas máquinas alcançaram maiores resultados de MTTR, é possível que as manutenções tenham sido mais complexas e que necessitaram de maior tempo para conclusão.

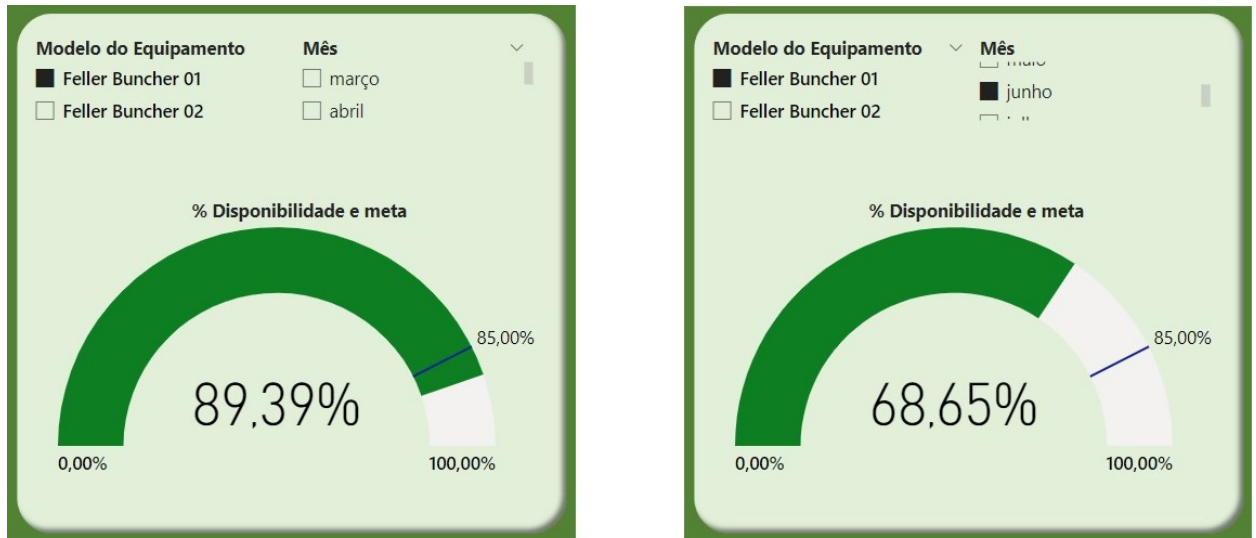
Figura 16 – MTTR do Feller Buncher 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

#### 4.4 Análise de Disponibilidade

A disponibilidade apresentada representa um valor médio entre os meses analisados, considerando o trabalho 24 horas durante os 7 dias da semana. Para o *Feller 01*, a disponibilidade geral pode ser vista na Figura 17-a. Cada empresa adota uma meta para disponibilidade dos seus ativos, no estudo em questão é adotado o valor 85% para cada máquina.

Figura 17 – Disponibilidades *Feller Buncher* 01

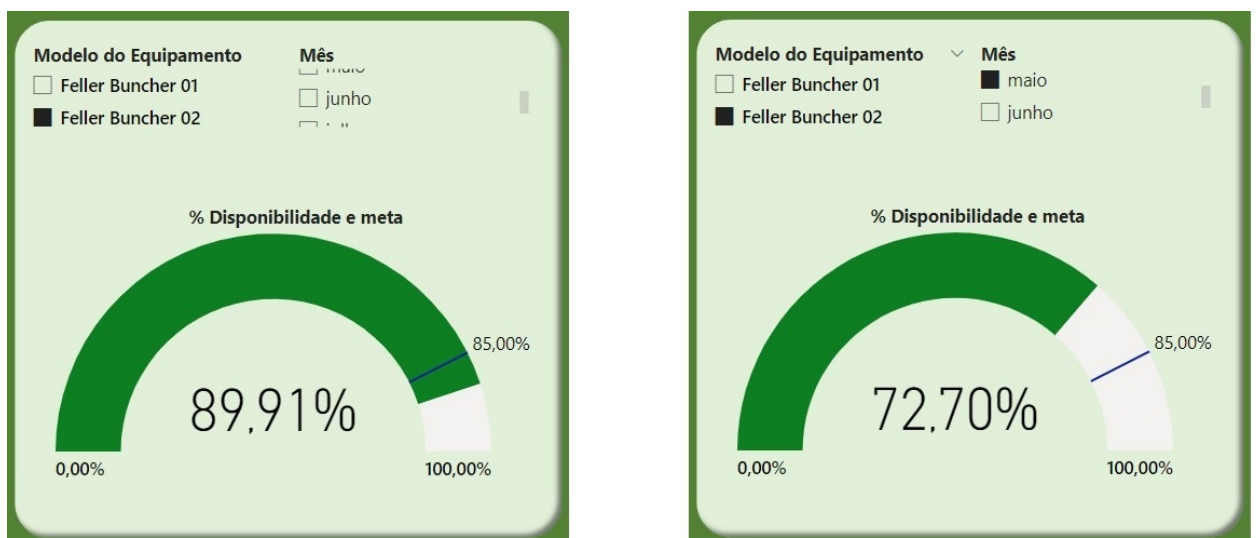
a) Disponibilidade Geral

b) Menor Disponibilidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Destaca-se, também, o mês em que foi obtida a menor disponibilidade durante o período estudado, como o mês de junho, ilustrado na Figura 17-b.

Para o *Feller Buncher*, 02 sua disponibilidade média geral pode ser visualizada na Figura 18-a.

Figura 18 – Disponibilidades *Feller Buncher* 02

a) Disponibilidade Geral

b) Menor Disponibilidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A menor disponibilidade que o *Feller* 02 apresentou foi no mês de maio, conforme a Figura 18-b.

#### 4.5 Análise de Perdas

No período estudado, cada máquina trabalhou ao máximo sem interrupções, ao ser parada por motivo de falha, deixou de gerar ganhos e teve sua produtividade comprometida. Levando em consideração o tempo em que esteve parada por motivos de falhas, valor médio de corte de madeira e o valor aproximado do metro cúbico, pode-se estimar a perda de receita ocasionada por máquinas paradas. Para o *Feller Buncher* 01 o valor aproximado foi de R\$ 1,12 milhões e para o *Feller Buncher* 02 o valor foi de R\$ 1,07 milhões. Portanto, a empresa, no período analisado, com as duas máquinas, teve perdas de receita com valor aproximado de R\$ 2,19 milhões.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado foi voltado para a Manutenção Centrada na Confiabilidade em conjunto com o Power BI aplicada no setor de máquinas de colheita de eucalipto. A utilização adequada dos indicadores de manutenção são de total importância, pois com eles é possível demonstrar resultados que fazem total diferença, embasando ações com vistas a manter os ativos sempre disponíveis para realizar seu trabalho com o melhor desempenho.

Durante o trabalho, foram estudadas duas máquinas conhecidas como *Feller Buncher*, responsáveis pela extração de eucalipto. As informações coletadas são limitadas, não sendo suficiente para aplicação de outras ferramentas e indicadores de manutenção, ainda que tenham sido apresentados alguns indicadores da MCC, foi possível obter resultados importantes e relevantes. Para estudos mais detalhados, é possível realizar uma coleta mais ampla de dados sobre as manutenções e informações contidas em ordens de serviço, possibilitando aplicar ferramentas como, FMEA - Análise dos Modos e Efeitos de Falha e indicadores como, a taxa de falhas, confiabilidade entre outros.

O estudo apresentou conceitos importantes sobre a Manutenção Centrada na Confiabilidade, para aplicação no setor de colheita de eucaliptos. Os resultados apresentados são importantes, e com eles as decisões pela empresa podem ser diferentes, buscando melhorias no setor de planejamento, aumentando a disponibilidade e confiabilidade do equipamento, destacando a potencial perda financeira em caso de máquina parada. É imprescindível a coleta de dados, que utilizados de maneira correta, aplicados em sistemas como Power BI, trazem resultados mais objetivos e de melhor compreensão. Apesar da limitação de alguns dados, foi possível estimar aproximadamente as perdas de cada máquina referente ao período estudado, ocasionada pelas paradas e intervenções de manutenção, ressaltando a importância do planejamento e controle das manutenções, buscando melhores resultados e diminuindo as perdas financeiras indesejadas pela empresa.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. da C. **APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE NA FUNÇÃO TRANSMISSÃO A FIM DE REDUZIR O TEMPO DE INDISPONIBILIDADE**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2009.
- BRANDT. **John Deere Feller Bunchers 903M**. 2022. Disponível em: <<https://www.brandt.ca/Divisions/Tractor/Products/Feller-Bunchers/M-Series/903M>>. Acesso em: 05 de Dezembro de 2022.
- COSTA, M. d. A. Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. 2013. 104 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais**, 2013. 2013.
- DEA, J. P. Manutenção centrada em confiabilidade aplicada à redução dos modos de falha e aumento da eficiência dos equipamentos de uma empresa do setor bebidas. 2021. 2021.
- DEERE, J. **John Deere updates M-Series tracked feller bunchers, harvesters, and shovel loggers**. 2021. Disponível em: <<https://www.woodbusiness.ca/john-deere-updates-m-series-tracked-feller-bunchers-harvesters-and-shovel-loggers/>>. Acesso em: 05 de Dezembro de 2022.
- DEERE, J. **Feller Buncher de Esteira**. 2022. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/feller-bunchers/903m/>>. Acesso em: 04 de Maio de 2022.
- DEERE, J. **Harvester de Esteira**. 2022. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/harvesters/859mh/>>. Acesso em: 04 de Maio de 2022.
- DINO. **CONHEÇA A MOTOSSERRA IDEAL PARA CADA APLICAÇÃO**. 2018. Disponível em: <<http://www.madeiratotal.com.br/conheca-motosserra-ideal-para-cada-aplicacao/>>. Acesso em: 04 de Maio de 2022.
- DUTRA, J. T. **Planejamento e Controle de Manutenção**. Brasília-DF: João Romero Alvarenga, 2017.
- EXCELENCIA, C. **POWER BI ESSENCIAL - CRIAÇÃO DE PAINÉIS INTELIGENTES**. 2022. Disponível em: <[https://www.consultoriaexcelencia.com.br/detalhes\\_pbi.php](https://www.consultoriaexcelencia.com.br/detalhes_pbi.php)>. Acesso em: 10 de Outubro de 2022.
- GAIO, E. D. Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade. 2016. 66 p. **Monografia**

**(Bacharelado em Engenharia Mecânica)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. 2016.**

IEWENGENHARIA. **Manutenções Corretivas, Preventivas e Preditivas.** 2021. Disponível em: <<https://www.iewengenharia.com/soluC3A7C3B5es/manutenC3A7C3B5es-preventivas-corretivas-e-preditivas>>. Acesso em: 25 de Maio de 2022.

KARDEC, A. **Manutenção: função estratégica.** alan kardec, júlio nascif.—3 ed. ver. e ampl. **Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009. 2009.**

MICROSOFT. **O que é o Power BI Desktop?** 2022. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/desktop-what-is-desktop>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2022.

MORAIS, M. G. A. d. **Colheita e transporte de madeira: terceirização X verticalização das operações.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012.

MORO, E. M. N.; AURAS, M. T. M. A. P. **Introdução à.** 2007. 2007.

NBR-5462, A. B. de N. T. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade.** [S.l.]: ABNT, 1994.

PAZINI, F. A. **PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA EM FERROVIAS DE CARGA.** Tese (Doutorado) — INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, 2008.

RIBEIRO, J.; FOGLIATTO, F. **Confiabilidade e manutenção industrial.** **Belo Horizonte: Elsevier, 2009. 2009.**

RODRIGUES, C. K. **Colheita e transporte florestal.** **Curitiba:[sn], 2018. 2018.**

SANTOS, H. V. d. **Business intelligence aplicado no desenvolvimento de indicadores da manutenção.** 2019. 2019.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação.** [S.l.]: Qualitymark, 2005.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade.** [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2014.

VIANA, H. R. G. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção.** [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002.