

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

Anderson Fernandes Pacheco

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA MINIMIZAÇÃO DE  
INTERVENÇÕES CORRETIVAS**

Betim  
2023

ANDERSON FERNANDES PACHECO

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA MINIMIZAÇÃO DE  
INTERVENÇÕES CORRETIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Eng. Me. Bruno de Souza  
Baptista

Betim

2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

P116i	Pacheco, Anderson Fernandes A importância da manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas / Anderson Fernandes Pacheco. – 2023.  46 f. : il.  Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2023.  Orientador: Prof. Me. Bruno de Souza Baptista  1. Manutenção preventiva. 2. Máquinas - Manutenção e reparos. 3. Equipamentos industriais. 4. Engenharia mecânica. I. Pacheco, Anderson Fernandes. II. Título.  CDU: 658.58
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Denísio P. Marcos CRB-6/3142



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
**Campus Betim**  
**Diretoria de Ensino**  
**Docentes Mecânica**  
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG  
3135976360 - www.ifmg.edu.br

## **ATA DE DEFESA DO TCC**

Aos 06 dias do mês de dezembro do ano de 2023, às 19:00 horas, sob a presidência de Bruno de Souza Baptista, o discente **Anderson Fernandes Pacheco**, do Curso de **Engenharia Mecânica**, R.A nº **0029665** do IFMG – Campus Betim, defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA MINIMIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES CORRETIVAS**” e foi **APROVADO** com a nota **80**, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC.

Caso seja aprovado, deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações em formato pdf, em **26/12/2023** (20 dias corridos após a data da defesa) à Coordenação de TCC. O não cumprimento dos procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, implica em atribuição de nota ZERO e consequente **REPROVAÇÃO**.

Alterações sugeridas pela banca examinadora e outras observações pertinentes à defesa foram entregues ao discente no dia da defesa.

Betim, 14 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Baptista, Professor**, em 14/12/2023, às 14:31, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Magno de Carvalho Fonseca, Professor**, em 14/12/2023, às 16:13, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Ferreira Rezende, Professor Visitante**, em 14/12/2023, às 18:48, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1773151** e o código CRC **877F55F1**.

23792.000325/2023-13

1773151v1

Dedico este trabalho a todos que sempre me acompanharam e me apoiaram nesta jornada, a meus pais que sempre incentivaram, a minha avó Terezinha que sempre rezou para dar certo, a minha namorada, Amanda, que acompanhou deste o primeiro dia de aula e sempre me motivou e em especial à memória de meu avô “Juca”, que certamente está com uma expressão de alegria ao lado do Pai.

## RESUMO

Este trabalho apresenta a crucial importância da adoção de estratégias de manutenção preventiva em comparação com as práticas de manutenção corretiva. A revisão bibliográfica apresentada revela o consenso na literatura quanto às vantagens substanciais oferecidas pela manutenção preventiva, destacando-a como uma abordagem proativa para preservar a integridade e eficiência dos equipamentos.

O estudo inicia-se explorando os conceitos fundamentais de manutenção, diferenciação dos tipos e delineando suas características distintas. A análise dos dados de comparação da efetividade da execução de manutenção preventiva em equipamentos com operações similares e conceitos destacados na literatura, revelam que a manutenção preventiva não apenas minimiza o tempo de inatividade, mas também contribui para a prolongação da vida útil dos ativos. Ao examinar as vantagens econômicas, observa-se que a manutenção preventiva resulta em custos totais significativamente inferiores, se comparados aos demais tipos. A antecipação e prevenção de falhas possibilitam a gestão eficaz dos recursos financeiros, evitando despesas imprevistas relacionadas a reparos não planejados. A revisão abrange também aspectos relacionados à segurança operacional e a otimização do desempenho produtivo.

Em síntese, este trabalho sustenta, de maneira consistente, as vantagens da manutenção preventiva em comparação com a manutenção corretiva. A abordagem proativa, aliada aos benefícios econômicos, de segurança e desempenho operacional, reforça a necessidade e eficácia da implementação de programas de manutenção preventiva como prática padrão na gestão de manutenção.

**Palavras-chave: Equipamentos. Falhas. Manutenção Preventiva. Gestão da Manutenção. Plano de Manutenção**

## **ABSTRACT**

This job clarifies the pivotal significance of embracing preventive maintenance strategies compared to corrective maintenance practices. The literature review presents a consensus in scholarly discourse regarding the noteworthy advantages inherent in preventive maintenance, positioning it as a proactive methodology aimed at conserving the integrity and efficacy of equipment.

The study begins by exploring the foundational concepts of maintenance, elucidating differentiations between types, and delineating their unique characteristics. Analysis of comparison data on the effectiveness of carrying out preventive maintenance on equipment with similar operations and highlighted literature concepts reveals that preventive maintenance not only mitigates downtime but also contributes to the elongation of asset lifespan. From an economic perspective, it is apparent that preventive maintenance yields significantly diminished overall costs when compared to alternative methodologies. Anticipation and prevention of failures facilitate judicious financial resource management, precluding unforeseen expenditures related to unscheduled repairs. The review additionally encompasses aspects pertinent to operational safety and the optimization of productive performance.

In essence, this work systematically the considerable advantages of preventive maintenance over corrective maintenance. The proactive approach, coupled with economic, safety, and operational performance benefits, underscores the imperativeness and efficacy of incorporating preventive maintenance programs as standard practice in maintenance management.

**Keywords: Equipment. Failures. Preventive Maintenance. Maintenance Management. Maintenance Plan.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Demonstrativo da evolução temporal das gerações de manutenção, após a Segunda Guerra Mundial.....	14
<b>Figura 2</b> - Analogia entre saúde humana x máquina.....	20
<b>Figura 3</b> - Classificação da Manutenção.....	21
<b>Figura 4</b> - D8T Caterpillar.....	28
<b>Figura 5</b> - D155 Komatsu.....	28
<b>Figura 6</b> - 545C Caterpillar.....	29
<b>Figura 7</b> – Planos de Manutenção cadastrados no sistema de gestão.....	30
<b>Figura 8</b> – Exemplo do Plano de Manutenção Equip. TE018.....	30
<b>Figura 8.1</b> – Insumos a serem substituídos na Preventiva de 250H - TE018.....	30
<b>Figura 8.2</b> – Etapas a serem realizadas na Preventiva de 250H - TE018.....	31
<b>Figura 9</b> – Fluxograma para análise do nível de criticidade.....	34
<b>Figura 10</b> - Modelo de recomendação de inspeções preventivas fornecidas pelo fabricante de um Grupo Gerador de 28,75 kVA.....	35
<b>Figura 11</b> – Sistema de gestão de ativos implementado na empresa.....	36
<b>Figura 12</b> – Sistema de monitoramento via Telemetria – KOMATSU.....	36
<b>Figura 13</b> – Sistema de monitoramento via Telemetria – CATERPILLAR.....	37
<b>Figura 14</b> – Registro de abertura de Corretivas para o Equip. – TE018.....	37
<b>Figura 15</b> – Registro de abertura de Corretivas para o Equip. – TE017.....	38
<b>Figura 16</b> – Registro de abertura de Corretivas para o Equip. – TF001.....	38
<b>Figura 17</b> – Registro de Alertas – SOTREQLINK – TE018.....	39
<b>Figura 18</b> – Registro de Alertas – SOTREQLINK – TE017.....	39
<b>Figura 19</b> – Legenda alertas SOTREQLINK.....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Utilização de indicadores de manutenção.....	26
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> – Evolução da Manutenção.....	16
<b>Tabela 02</b> – Mapeamento dos Equipamentos.....	32
<b>Tabela 03</b> – Análise de Criticidade ABC.....	33
<b>Tabela 04</b> – Descrição de Ordens de Serviços – TE018.....	40
<b>Tabela 05</b> – Descrição de Ordens de Serviços – TE017.....	40
<b>Tabela 06</b> – Comparativo de dados – TE018.....	42

## LISTA DE EQUAÇÕES

(1) – Fórmula para cálculo de MTBF.....	26
(2) – Fórmula para cálculo de MTTR.....	26
(3) – Fórmula para cálculo de DF.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais  
NBR - Normas Técnicas Brasileiras  
TCC - Trabalho de Conclusão de Curso  
MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade  
TBM – *Time Based Maintenance* (Manutenção Baseada em Tempo)  
ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção  
JIT – *Just in Time*  
SGQ – Sistema Gestão da Qualidade  
TPM – Manutenção Produtiva Total  
PCM – Planejamento e Controle de Manutenção  
MTBF – Tempo Médio entre Falhas  
MTTR – Tempo Médio Para Reparo  
DF – Disponibilidade Física  
CMFT – Custo de Manutenção por Faturamento  
PQO – Plano de Qualidade de Obra

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo Geral.....	18
1.1.1	Objetivos Específicos.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	Manutenção.....	19
2.2	Tipos de Manutenção.....	20
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	21
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	22
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	24
2.3	Gestão de Manutenção.....	25
2.3.1	Indicadores de Manutenção.....	26
2.3.2	Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).....	27
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	Escolha dos Equipamentos.....	28
3.2	Análise dos Planos de Manutenção Preventiva.....	29
3.2.1	Benefícios da adoção do Plano de Manutenção Preventiva.....	31
3.2.2	Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva.....	31
3.3	Coleta de Dados para análise.....	35
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	41
5	CONCLUSÃO.....	43
6	REFERÊNCIAS.....	44

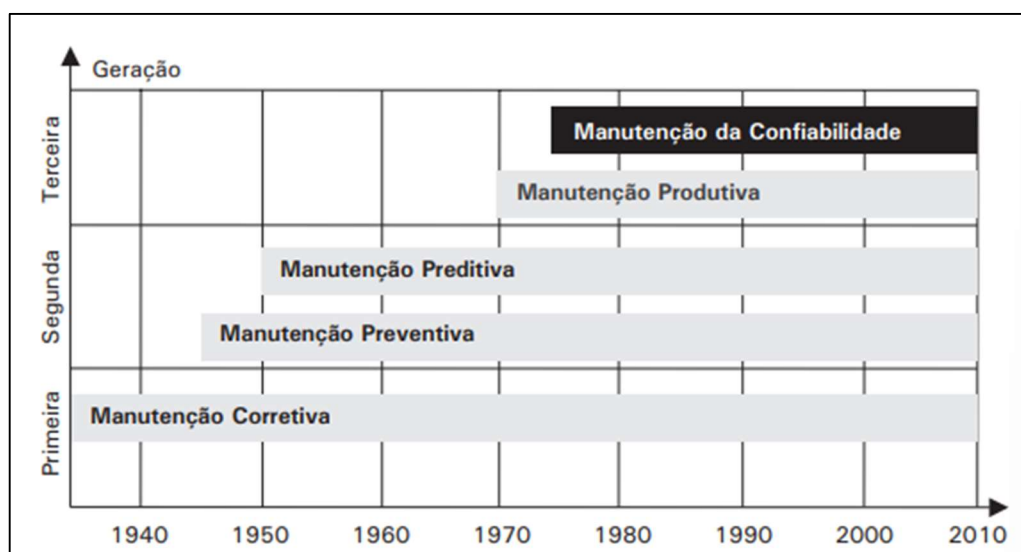
## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção dentro de um ambiente industrial é de extrema importância no planejamento de tempo de espera, de entrega, estoque, logística de transporte e entrega final seguindo as normas de segurança e atividades relacionadas ao controle das peças de reposição e gestão de riscos, em todas as decisões e em todos os níveis da organização. As atividades relacionadas às falhas, como a prevenção, detecção e investigação das causas, mantêm o bom funcionamento dos equipamentos, otimizam a operação e garantem que as metas sejam atingidas.

Os pensamentos relacionados a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) surgiram logo após a Segunda Guerra Mundial – final do ano 1945, com a evolução das pesquisas da indústria bélica americana, sequenciada pela necessidade de automação industrial em escala mundial para atendimento das demandas de mercado.

Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção passou por três gerações distintas. A primeira delas, chamada de Mecanização, utilizava conceitos de Manutenção Corretiva, sem nenhum tipo de planejamento de prevenção, ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial por volta dos anos de 1940 a 1950, conforme evolução demonstrada na Figura 1.

**Figura 1** – Demonstrativo da evolução temporal das gerações de manutenção, após a Segunda Guerra Mundial.



Fonte: Siqueira (2005, p. 30)

Após o final da Segunda Guerra Mundial, aproximadamente no ano de 1950, a necessidade de industrialização pós-guerra e a necessidade de disponibilização de produtos, gerou crescente dependência da sociedade em relação aos produtos e processos industriais, sendo registrado o primeiro colapso de mão de obra especializada decorrente da velocidade de implantação da automação de processos. Nesta fase, conhecida como Industrialização, os entendimentos de disponibilidade de equipamentos, maior vida útil e menores custos surgiram de forma mais incisiva, sendo nesta época (1950) criados os conceitos de Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva.

Como necessidade de organização e estruturação desta fase, na década de 70, as técnicas criadas na segunda geração foram integradas pela Manutenção Produtiva Total (*TPM – Total Productive Maintenance*), propiciando a origem da terceira geração.

A terceira geração, chamada de Automatização, surgiu devido a necessidade de evolução das gerações passadas, principalmente, da incapacidade das técnicas instauradas em comparação com as exigências e necessidades da automação implantada na indústria a partir de 1975. Nesta época, os registros de dependência e consumo em larga escala de produtos industrializados, defasaram os conceitos de dimensionamento de equipamentos de acordo com a necessidade de cada processo como era implementado nas gerações passadas. Desta forma, a necessidade de aumento de produção e maior disponibilidade dos equipamentos, destacaram ainda mais a importância de uma manutenção eficaz, para o atendimento global.

Segundo Siqueira (2005), nesta época que os conceitos de JIT (*just-in-time*) se intensificaram e consolidaram as mudanças necessárias para a terceira geração da manutenção. Neste momento, além da necessidade de produção total dos equipamentos, a sociedade passou a adotar cobranças de melhor qualidade e desempenho dos produtos, além de conceitos ambientais e de segurança tanto para pessoas, quanto para processos industriais. Para atendimento destas referidas necessidades, fortaleceu-se o surgimento da metodologia Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), marco para a terceira geração. Os autores, Kardec e Nascif (1998), compartilharam os destaques de cada uma das gerações através da Tabela 1, possibilitando melhor compreensão e análise comparativa entre gerações.

**Tabela 01 – Evolução da Manutenção**

<b>EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO</b>			
<b>Geração</b>	<b>Primeira Geração</b>	<b>Segunda Geração</b>	<b>Terceira Geração</b>
<b>ANO</b>	1940 - 1950	1950 - 1970	1970 - 1990
<b>Aumento das expectativas em relação a Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserto após a falha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Maior vida útil do equipamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> </ul>
<b>Visão quanto à falha do ativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de 6 padrões de falhas</li> </ul>
<b>Mudança nas técnicas de Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades voltadas para o reparo</li> <li>• <b>Manutenção Corretiva Não Planejada</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento manual de manutenção</li> <li>• <b>Manutenção Preventiva por Tempo</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da condição</li> <li>• Análise de risco</li> <li>• <b>Manutenção Preditiva</b></li> </ul>

Fonte: Kardec e Nascif (1998, ADAPTADO pelo autor)

Para Fogliatto (2009) o MCC têm sido reconhecido como um conjunto de técnicas de engenharia necessárias para assegurar que os equipamentos continuem realizando suas funções determinadas. Com isso, os conjuntos de técnicas abordadas pelo MCC têm disso reconhecidas como uma das formas mais eficientes para controles de manutenção, levando em consideração as suas abordagens racionais e sistemáticas.

O simples fato da realização da manutenção preventiva reduz o risco de paradas não programadas devido às falhas nos equipamentos e mantendo as instalações em condições satisfatórias de operação, garantindo exercer as funções desejadas pelos usuários, ou seja, atendendo as diversas necessidades e expectativas do setor produtivo, quanto à capacidade de produção e qualidade dos produtos.

No intuito de garantir a manutenção adequada, é necessário que se promova o seu controle eficiente, parametrizando seus aspectos para tomar as decisões de maneira assertiva, na melhoria da eficiência operacional dos equipamentos, percorrendo como foco de capacitação todos os envolvidos nos processos produtivos, e assim, permitindo extensa melhoria aplicada.

De acordo com Toledo (2005), para melhor controle da manutenção, devemos incluir as ferramentas do SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) como instrumentos fundamentais para o desenvolvimento da manutenção. A utilização dos instrumentos, ampliam as condições de gestão organizacional e tem sido de relevância para obtenção de resultados sobre a qualidade dos produtos e processos industriais, resultando também no aumento de competitividade no mercado (MIGUEL, 2001).

Levando em consideração este mesmo entendimento, se aplicadas de forma correta, o uso de ferramentas relacionadas com a qualidade pode trazer inúmeros benefícios nos processos produtivos industriais, resultando em melhores fatores econômicos e financeiros decorrentes da melhoria de processos (CAMPOS, 2009).

Por fim, pode-se concluir que, quando fazemos manutenção preventiva aliada aos conceitos e ferramentas da qualidade, estamos executando uma tarefa antes que ocorra uma falha, proporcionando menores impactos e maiores resultados na produtividade. Essa tarefa pode ter como objetivo evitar uma falha, minimizar as consequências da falha ou avaliar o risco da ocorrência da falha.

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica que tem caráter qualitativo por se tratar do estudo da gestão da manutenção, sendo ainda bibliográfica e documental dos conceitos e práticas associados ao tema. Durante leitura deste, será comprovado os benefícios e eficácia da manutenção preventiva para a utilização dos equipamentos.

## **1.1 Objetivo Geral**

Evidenciar que a aplicação correta da Manutenção Preventiva apresenta inúmeros benefícios ao sistema produtivo e reduz a quantidade de intervenções caracterizadas como Manutenção Corretiva.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho em questão incluem as seguintes análises:

- a) Entender os conceitos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva e a diferença de aplicação de cada uma delas.
- b) Entender as técnicas aplicadas na manutenção preventiva.
- c) Identificar as medidas que possam ser adotadas para evitar falhas ou degradação do sistema.
- d) Avaliar os benefícios da utilização da manutenção preventiva.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manutenção

De forma originária, a palavra manutenção vem do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, e está presente na realidade humana deste seu princípio.

Segundo Tavares (1999), os conceitos de manutenção vêm acompanhando a evolução da humanidade desde os seus primórdios. Os primeiros registros de reparos datam no final do século XIX, período citado como a mecanização da indústria, contudo, a manutenção não era uma estratégia prioritária e era realizada pelo próprio operador.

Nos conhecimentos de Monchy (1987), a manutenção deve ser o conceito base para garantia de uma alta produtividade e garantia da confiabilidade e duração do produto ou objetivo final do equipamento, sendo um desafio que rediscute as estruturas inertes atuais e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais. Ainda de acordo com o autor, as atividades de manutenção devem ser eficientes e eficazes para manter com precisão as funções do equipamento para uso operacional, evitar o tempo de inatividade e reduzir o risco de paradas não programadas.

Monchy (1987) ainda trouxe em sua abordagem uma analogia entre a saúde humana e a saúde da máquina, conforme mostrado na Figura 2:

**Figura 2 – Analogia entre saúde humana x máquina**



Fonte: Monchy (1987, ADAPTADO pelo autor)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define por meio da NBR 5462/1994 a manutenção como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, o que inclui também as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar o equipamento em condições no qual consiga desempenhar a função requerida”.

O conceito de manutenção evoluiu de acordo com as expectativas do setor produtivo quanto à aplicação de tecnologias que garantam o atendimento de novas demandas em caso de interrupção programada da manutenção e parâmetros de monitoramento que indiquem o momento ideal para a realização da manutenção, a fim de evitar falhas.

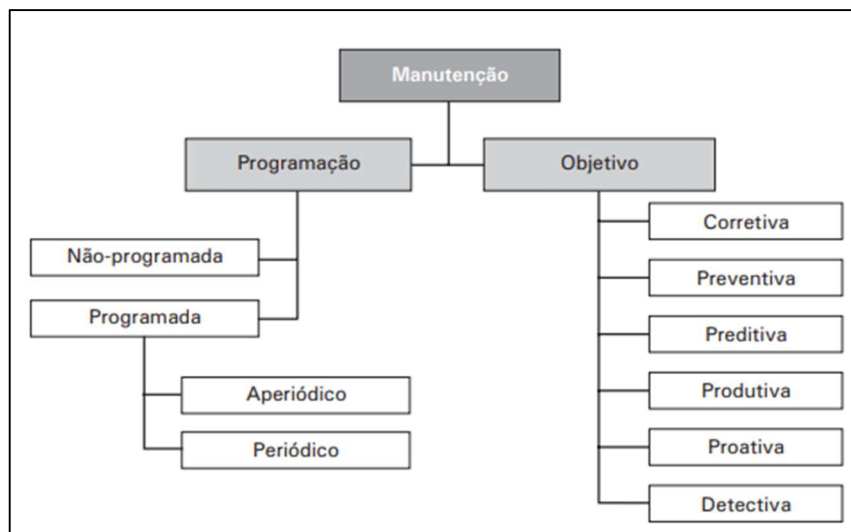
A manutenção bem planejada e executada, pode prolongar a vida útil dos equipamentos, otimizar o uso dos recursos disponíveis e das ferramentas de manutenção, além de evitar investimentos desnecessários por parte da empresa.

## 2.2 Tipos de Manutenção

De acordo com a maneira que a manutenção será realizada, é possível determinar o seu tipo através de grandes grupos pré-definidos, nota-se através da Figura 3 a classificação dos tipos de manutenção, sendo partilhada em quesitos de

programação de parada e objetivo da intervenção. Neste trabalho, serão abordados os três principais tipos de acordo com os conhecimentos apresentados por diversos autores: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

**Figura 3** – Classificação da Manutenção



Fonte: Siqueira (2005)

### 2.2.1 Manutenção Corretiva

Com base nos conceitos da Evolução da Manutenção, este tipo pode ser considerado como o primórdio que, de forma simples, consiste na correção de uma falha existente em decorrência de uma situação não esperada.

De acordo com a NBR 5462 (1994), entende-se a corretiva como “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Para Otani e Machado (2008), descreve-se a manutenção corretiva como a primeira técnica a ser utilizada devido à falta de estudos e planejamento dos setores de manutenção e, a aplicação desta técnica, gera consequentemente maiores custos e grandes impactos nos sistemas de produção.

Compartilha deste conhecimento, Almeida (2016), que diz que comumente este tipo de manutenção gera custos mais altos devido às falhas inesperadas que podem ter grandes consequências nos números de produção e, até mesmo, queda da qualidade do produto final.

Podemos dividir a manutenção corretiva em dois tipos: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada.

A manutenção corretiva não planejada só será realizada após a ocorrência do problema, sem nenhuma atividade de acompanhamento realizada anteriormente. Essa técnica implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção, pois gera perda de tempo para realizar as atividades devidas, perda de qualidade e custos indiretos de manutenções (Otani e Machado, 2008).

Segundo Kardec e Nascif (2009), os impactos ocorridos por intervenções corretivas em processos industriais de forma contínua são irreparáveis, as paradas inesperadas resultam em interrupções dos processos, atrasos de entrega, queda de produção e até mesmo interferem na qualidade do produto final.

Ressalta-se como principal aspecto negativo deste tipo de manutenção que quando o maior número de paradas se dá por manutenções corretivas, principalmente de classe não planejada, a empresa tem seu departamento de manutenção gerenciado pelos equipamentos, tornando-se refém deles, é comandada por eles, e não ao contrário, como deveria acontecer, e o desempenho empresarial da Organização perde muita competitividade (KARDEC e NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva planejada é caracterizada por ser uma decisão gerencial. Esta, assim como a não planejada, é realizada para correção de uma falha, porém se baseia na mudança de parâmetros observados pela manutenção preditiva (Kardec e Nascif, 2009). Para os autores Pinto e Xavier (1998), o simples fato de ser realizada de forma planejada, já proporciona menores custos, maior segurança e rapidez de liberação.

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva é caracterizada por ser feita de forma regular, de acordo com critérios pré-estabelecidos pelo fabricante, visando reduzir ou eliminar a incidência de falha ou degradação do funcionamento de um equipamento.

Compartilha deste pensamento os autores Slack Chambers e Johnston (2002) ao reforçar que a manutenção preventiva visa extinguir ou minimizar as possibilidades de falhas através da manutenção das máquinas em espaços pré-definidos, evitando sua deterioração, mantendo um bom estado de desempenho.

Segundo Majewski (2006), a manutenção preventiva é a preparação e planejamento antes de uma possível falha em que procedimentos e medidas de atividade são usados para evitar ou reduzir a necessidade de um conjunto de intervenções não programadas.

Os autores Lara (2002) e Majewski (2006) compartilham dos entendimentos de que a manutenção preventiva é importante para prolongar a vida útil do equipamento, reduzindo custos e melhorando a segurança e o desempenho, além de reduzir a necessidade de recursos físicos, humanos e financeiros. A manutenção preventiva é crítica, pois identifica os meios para prever falhas de peças e equipamentos antes que se tornem um grande problema que causem paradas dos equipamentos.

Para Moraes (2010), este tipo de manutenção é baseado em uma ação realizada nos mecanismos fundamentada em uma estratégia de datas definidas, ou seja, um tipo de manutenção baseada no tempo (*Time Based Maintenance – TBM*). Desta forma, ações são realizadas em intervalos de tempo definidos que incluem atividades de inspeção e verificações de condições, atividades de calibração, ajustes ou reparos e, se necessário, substituição de componentes (DHILLON, 2006).

Segundo Viana (1991), muitas empresas ainda consideram a implementação dos processos relacionados à manutenção preventiva como um esforço adicional e evitem a implementação de procedimentos técnicos devido ao alto custo. Este pensamento pode ser facilmente desconsiderado, se analisado os prejuízos que podem vir a ocorrer em casos de paradas não programadas, consequentes perdas de produção e até mesmo a deterioração do equipamento.

Por meio da manutenção preventiva, todo o processo produtivo pode ser padronizado e planejado, evitando o problema de atrasos que resultam em perda de capacidade produtiva e perda de competitividade com concorrentes.

O autor Xenos (1998, p. 24), destaca as vantagens da manutenção preventiva em relação à manutenção corretiva:

“(…) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos.”

Por fim, a adoção dos métodos de manutenção preventiva possui como vantagem em relação às demais, os conceitos de controle e administração, pois

permite o melhor planejamento e gestão dos gastos devido ao planejamento estipulado previamente contendo a periodicidade das manutenções a serem realizadas, o material necessário, as peças a serem substituídas, o tempo de parada e os profissionais requeridos. Além disso, eleva-se a confiabilidade de funcionamento dos equipamentos e adota-se o planejamento de custos (ALMEIDA, 2015).

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva é caracterizada por se basear em um estudo e acompanhamento de parâmetros associados ao funcionamento do equipamento.

Kardec e Nascif (2009) ressaltam que para aplicação da manutenção preditiva, algumas condições básicas devem ser permitidas pelo equipamento: o sistema e instalação deve permitir o monitoramento dos parâmetros através de medições periódicas, as falhas devem ser originadas de causas que possam ser supervisionadas e ter seu progresso acompanhado.

Ainda segundo Kardec e Nascif (2009, p. 45):

“Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à Manutenção Preditiva é o de prever as condições dos equipamentos. Ou seja, a Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo.”

Para realização da preditiva, se faz necessário inspeções básicas de temperatura, vibração e ruídos anormais, análises periódicas das substâncias e elementos presentes nos óleos, com a utilização de ferramentas apropriadas para a função. Decorrente a análise dos resultados, se faz possível a identificação das condições de operação do equipamento, resultando na maximização do tempo produtivo, maior segurança para operação, redução de perdas produtivas e redução dos custos de manutenção (ALMEIDA, 2015).

Pereira (2011), define que, por intermédio dos constantes monitoramentos dos equipamentos, a manutenção preditiva reduz consideravelmente a troca desnecessária de componentes, permite identificar defeitos antes que ocorram,

garante maior segurança na operação e maior disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

### 2.3 Gestão de Manutenção

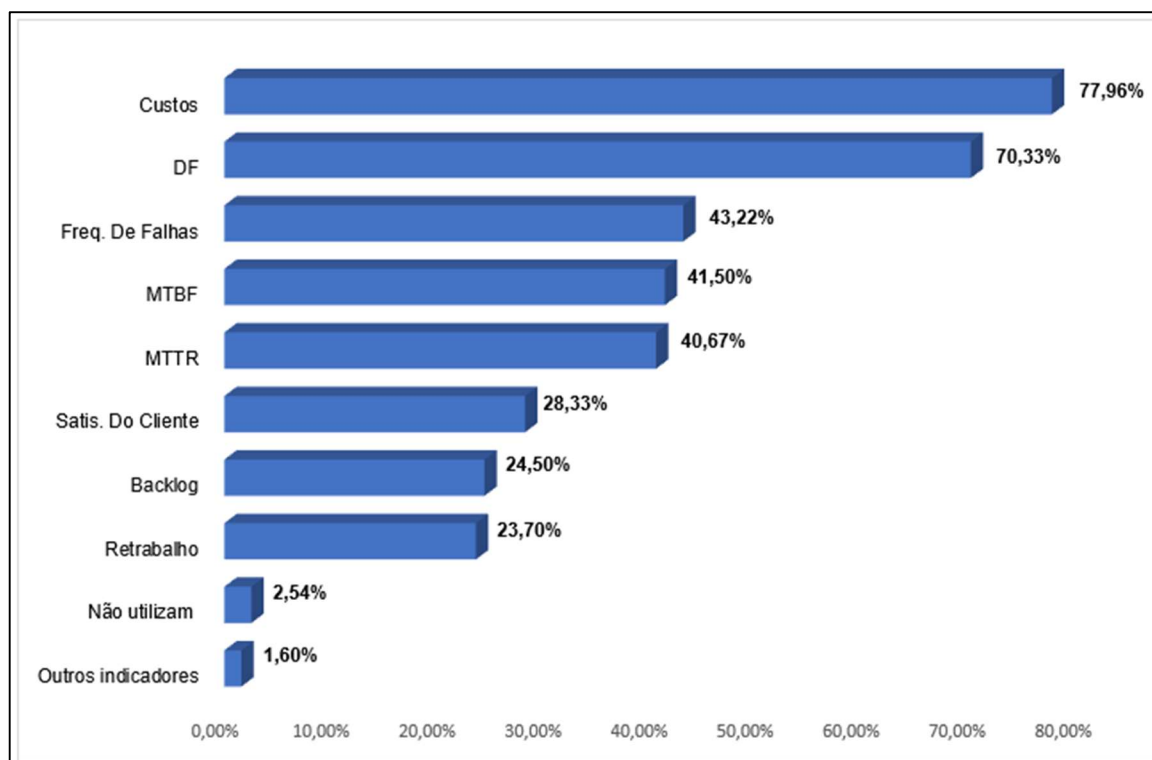
De acordo com a ABNT (1994), através da NBR 5462, os conceitos de manutenção, defeito e falha podem ser descritos como:

- **Manutenção:** Uma combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.
- **Defeito:** Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos, ou seja, as condições do item podem sofrer algum desvio de padrão, mas isso não impede o seu funcionamento, porém a curto ou longo prazo pode gerar sua indisponibilidade.
- **Falha:** É definida como o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida, ou seja, uma ocorrência pode acarretar uma perda parcial da função ou perda total da função, interferindo diretamente no escopo do projeto inicial.

Conhecendo destes conceitos, é possível obter uma gestão eficiente de manutenção e realizar de forma segura o planejamento estratégico da empresa.

Outra forma de auxiliar o planejamento estratégico, é com base nos indicadores de manutenção, que de acordo com Branco Filho (2006), os indicadores servem como base para acompanhamento se o que está sendo feito, se enquadra nas condições inicialmente estipuladas.

Compartilham de entendimentos similares, Tavares (1999) e Viana (2002), que destacam entre os vários indicadores existentes, os seguintes como “índices de classe mundial”: Tempo médio entre falhas, do inglês *Mean Time Between Failures* (MTBF), Tempo médio para reparo, do inglês *Mean Time to Repair* (MTTR), Disponibilidade Física (DF) e Custo de manutenção por faturamento (CMFT). De acordo com um estudo realizado por Branco Filho (2006), os indicadores mais utilizados nas empresas destacam-se no Gráfico 1.

**Gráfico 1** – Utilização de indicadores de manutenção

Fonte: Branco Filho (2006, ADAPTADO pelo autor)

## 2.3.1 Indicadores de Manutenção

### 2.3.1.1 Tempo Médio entre Falhas (MTBF)

Conhecido como MTBF, tem como objetivo demonstrar a regularidade de intervenções no equipamento durante determinado tempo (MARTINS, 2002).

$$MTBF = \frac{T_{total}}{N} \quad (1)$$

Onde,

Total = *Run Time* (tempo total que o equipamento deveria estar produzindo)

N = Número de intervenções

### 2.3.1.2 Tempo Médio de Reparos (MTTR)

Segundo Martins (2002), o MTTR tem como objetivo retratar o tempo médio em que o equipamento está indisponível devido a manutenção.

$$MTTR = \frac{T_{npman}}{N} \quad (2)$$

Onde,

T<sub>np</sub> = Tempo total de paradas não planejadas

N = Número de intervenções

### **2.3.1.3 Disponibilidade Física (DF)**

Ainda segundo Martins (2002), pode-se considerar a Disponibilidade Física do equipamento como indicador mais importante para a manutenção, pois o objetivo principal de uma gestão de manutenção, é garantir o pleno funcionamento dos equipamentos.

$$DF = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad (3)$$

Onde,

MTBF = Tempo Médio entre Falhas

MTTR = Tempo Médio de Reparos

### **2.3.2 Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)**

De acordo com Monchy (1987) considera-se o planejamento como item crucial para o departamento de manutenção, pois através dele, os principais problemas relacionados ao departamento são resolvidos e a consciência de que a definição de urgências e prioridades deve ser mais bem compreendida. Ainda de acordo com o autor, destacam-se os seguintes problemas a serem resolvidas pelo PCM:

- a) Paradas na fabricação;
- b) Prazos das restrições;
- c) Disponibilidade de peças de reposição;
- d) Supervisão dos trabalhos de manutenção;
- e) Definição de urgências de intervenções corretivas.

Para Vianna (2006), o PCM é considerado o principal apoio da manutenção, estando ligado de modo direto à coordenação do departamento. O reporte das informações concernentes aos serviços de manutenção, é de extrema importância para o gerenciamento do processo produtivo, pois com um banco de dados organizado, é possível acompanhar todo o histórico de um equipamento e os problemas existentes.

### 3 METODOLOGIA

Conforme descrito na seção 1.3, o objetivo principal deste trabalho é evidenciar os benefícios da correta aplicação de manutenção preventiva e a redução da quantidade de intervenções corretivas.

Para tal finalidade, foi realizado um estudo de caso sobre a aplicação de forma eficaz em dois modelos de equipamentos considerados críticos de uma prestadora de serviços de locação de equipamentos para uma mineradora de bauxita, principal fonte natural para fabricação de alumínio, localizada no Pará.

#### 3.1 Escolha dos Equipamentos

Com base no PQO (Plano de Qualidade de Obra) estabelecido no contrato de prestação de serviços, são definidos os chamados Equipamentos Críticos, ou seja, aqueles que devem ser garantidos a DF do equipamento ou de um com mesmas especificações de forma reserva.

Diante disto, foram selecionados os modelos de Trator de Esteiras (Figuras 4 e 5) e Trator Florestal (Figura 6) estipulados no PQO, são eles:

- Trator de Esteiras D8T (TE018)

Fabricante: Caterpillar

Motor: CAT C15 ACERT

Combustível: Diesel

Potência: 328 HP a 1.900 rpm

**Figura 4 – D8T Caterpillar**



Fonte: Site oficial Caterpillar - Equipamentos

- Trator de Esteiras D155 (TE017)

Fabricante: Komatsu

Motor: Tier 3

Combustível: Diesel

Potência: 360 HP a 1.900 rpm

**Figura 5 – D155 Komatsu**



Fonte: Site oficial Komatsu - Equipamentos

- Trator Florestal Skidder 545c (TF001)

Fabricante: Caterpillar

Motor: CAT C7/C9

Combustível: Diesel

Potência: 225 HP a 2.200 rpm

**Figura 6** – 545C Caterpillar



Fonte: Site oficial Caterpillar - Equipamentos

### 3.2 Análise dos Planos de Manutenção Preventiva

O Plano de Manutenção Preventiva de um equipamento consiste em uma sequência de atividades de verificações, lubrificação e troca periódica de itens considerados de desgaste ou de filtragem, que devem ser estabelecidas de acordo com uma periodicidade predefinida, como demonstrado na Figura 7.

Este plano leva em consideração as necessidades de cada equipamento, permitindo agendar com antecedência as manutenções necessárias para potencializar seu funcionamento e minimizar os danos consequentes de possíveis paradas não planejadas. Um facilitador para a adoção da prática de Planos de Manutenção, são sistemas para gerenciamento de Frotas, onde é possível estabelecer todos os parâmetros do equipamento (Figura 8), além do registro de todas atividades e trocas a serem realizadas (Figura 8.1 e Figura 8.2).

**Figura 7 – Planos de Manutenção cadastrados no sistema de gestão**

	Bem	Nome Bem	Serviço	Nome Serviço	Sequência	Nome Manut.	Área Manut.
●	TE018	TE018	PRE	PREVENTIVA	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 250 HORAS	MAN001
●	TE018	TE018	PRE	PREVENTIVA	2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 500 HORAS	MAN001
●	TE018	TE018	PRE	PREVENTIVA	3	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 1000 HORAS	MAN001
●	TE018	TE018	PRE	PREVENTIVA	4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 2000 HORAS	MAN001
●	TE018	TE018	PRE	PREVENTIVA	5	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 6000 HORAS	MAN001
●	TE041	TE041	PRE	PREVENTIVA	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 250 HORAS	MAN001
●	TE041	TE041	PRE	PREVENTIVA	2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 500 HORAS	MAN001
●	TE041	TE041	PRE	PREVENTIVA	3	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 1000 HORAS	MAN001
●	TE041	TE041	PRE	PREVENTIVA	4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 2000 HORAS	MAN001
●	TE041	TE041	PRE	PREVENTIVA	5	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 4000 HORAS	MAN001
●	TF001	TF001	PRE	PREVENTIVA	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 250 HORAS	MAN001
●	TF001	TF001	PRE	PREVENTIVA	2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 500 HORAS	MAN001
●	TF001	TF001	PRE	PREVENTIVA	3	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 1000 HORAS	MAN001
●	TF001	TF001	PRE	PREVENTIVA	4	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 2000 HORAS	MAN001
●	TF001	TF001	PRE	PREVENTIVA	5	MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 6000 HORAS	MAN001

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 8 – Exemplo do Plano de Manutenção Equip. TE018**

Manutencao - VISUALIZAR

Outras Ações Cancelar Confirm

Manutencao	Tarefas	Dependências	Insumos	Etapas
Bem * TE018	Nome Bem TE018	Serviço * PRE	Nome Manut. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE 250 HORAS	
Nome Serviço PREVENTIVA	Sequência 1	Área Manut. * MAN001	PERIODICIDADE TIPO DE MANUTENÇÃO Nome do Tipo PREVENTIVA	
Man. Padrão S - Sim	Seq. Padrão 1	Última Man. * 28/04/2022	Tipo de Man. * P01	
Nome da Área MANUTENÇÃO	Nome Calend. CALENDARIO MANUTENÇÃO	Tipo Acomp. * C - Contador	Parada Bem N - Nao	
Calendário * 24H	Parada Antes 0	Unid. Antes HORIZMETRO ATUAL Cont.Manut. 12.617	Parada Dep. 0	
Unid. Manut.	Unid. Depois 0	Tempo Manut. 0	OTD DE HORAS QUE DEVE SER GERADO O ALERTA Incr. Man. 250	
			Dia não Útil* A - Adianta	
			Prioridade ZZZ	

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 8.1 – Insumos a serem substituídos na Preventiva de 250H - TE018**

Manutencao - VISUALIZAR

Tarefa	Tipo Insumo	Código	Descr. Cód.	Quant. Rec.	Quantidade	Unidade	Gera Reserva	Destino	Quant. Gar.	Unid. Garant.	Cont. Gara
LUB	Produto	0501000130	FILTRO 2098217	0	1,00	UN	Sim	Troca	0		
LUB	Produto	0501000201	FILTRO DE AR DA CABI	0	1,00	UN	Sim	Troca	0		
LUB	Produto	0503000016	FILTRO DE OLEO MOTOR	0	1,00	UN	Sim	Troca	0		
LUB	Produto	0901000002	OLEO LUBRIFICANTE 15	0	37,90	L	Sim	Troca	0		

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 8.2 – Etapas a serem realizadas na Preventiva de 250H - TE018**

Manutencao		Tarefas	Dependências	Insumos	Etapas		
Tarefa	Etapa	Descr. Etapa			Tipo Opções	Seq. Etapa	Alias
LUB	LUB186	VERIFICAR NIVEL DE OLEO DO SISTEMA DO TREM DE FORÇA			Exclusiva		STH
LUB	LUB185	LUBRIFICAR TRAIANTE DE INCLINAÇÃO E CILINDROS DE INCLINAÇÃO DA LAMINA			Exclusiva		STH
LUB	LUB187	VERIFIQUE O NIVEL DO OLEO DO ENO DE ARTICULAÇÃO			Exclusiva		STH
MEC	MEC063	INSPECIONAR CNTO DE SEGURANCA			Múltiplas		STH
MEC	MEC049	INSPECIONAR BORDAS CORTANTES			Múltiplas		STH
LUB	LUB181	LIMPAR FILTRO TELA DO TREM DE FORÇA			Exclusiva		STH
LUB	LUB159	LIMPEZA DO FILTRO-TELA DO RESERVATORIO HIDRAULICO			Exclusiva		STH
LUB	LUB182	LUBRIFICAR ARTICULAÇÕES E MANCAIS DO CILINDRO DO RIPER			Exclusiva		STH
LUB	LUB184	LUBRIFICAR ROLETES DE GUIA DO GUINCHO			Exclusiva		STH
LUB	LUB183	LUBRIFICAR MANCAIS DO GARFO DO CILINDRO DE LEVANTAMENTO			Exclusiva		STH
MEC	MEC401	INSPECIONAR PONTA DO RIPER E PROTETOR DO PORTA-PONTA			Exclusiva		STH
MEC	MEC400	INSPECIONAR PINOS DE ESTERAS			Exclusiva		STH
MEC	MEC403	INSPECIONAR RODA-GUIA			Exclusiva		STH
MEC	MEC405	VERIFICAR ESTERA			Exclusiva		STH
MEC	MEC404	LIMPAR PROTETOR INFERIOR MECANICO			Exclusiva		STH
MEC	MEC319	VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DOS FREIOS			Exclusiva		STH
MEC	MEC076	VERIFICAR EXTINTOR DE INCENDIO			Múltiplas		STH
MEC	MEC362	VERIFICAR E LIMPAR ALETAS DO POS ARREFECEDOR E DO CONDENSADOR			Exclusiva		STH
MEC	MEC399	INSPECIONAR PINOS DA EXTREMIDADE DA BARRA EQUALIZADORA			Exclusiva		STH
MEC	MEC398	INSPECIONAR PINO CENTRAL DA BARRA EQUALIZADORA			Exclusiva		STH
ELE	ELE051	LIMPE E AJUSTAR CAMERA			Exclusiva		STH
ELE	ELE050	INSPECIONAR FUSIVIS E DISJUNTORES			Exclusiva		STH
LUB	LUB008	TROCAR FLTRO DE AR PRIMARIO			Exclusiva		STH
LUB	LUB013	TROCAR FILTRO DE OLEO DO MOTOR			Exclusiva		STH
LUB	LUB010	TROCAR FLTRO DE AR SECUNDARIO			Exclusiva		STH
ELE	ELE002	VERIFICAR ALARME SONORO DE MARCHA A RE			Múltiplas		STH
ELE	ELE001	TROCAR FLTRO ACUMULADOR DO AR CONDICIONADO			Exclusiva		STH
ELE	ELE003	VERIFICAR ESTADO DA BATERIA			Múltiplas		STH

Fonte: Próprio autor (2023)

### 3.2.1 Benefícios da adoção do Plano de Manutenção Preventiva

Conforme dados apresentados no decorrer deste trabalho, além dos benefícios relacionados a disponibilidade do equipamento, a adoção de Planos de Manutenção Preventiva remete para a organização:

- a) Redução de perdas produtivas;
- b) Redução de paradas decorrentes a falhas;
- c) Redução de custos não previstos;
- d) Aumento da vida útil do equipamento;
- e) Aumento da segurança de operação;
- f) Aumento de confiabilidade.

### 3.2.2 Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva

De forma simplificada, a adoção de um plano de manutenção preventiva para os equipamentos pode ser elaborada segundo os passos descritos abaixo:

### I. Mapeamento dos Equipamentos;

Para elaboração do plano de manutenção preventiva, deve-se de forma inicial, conhecer todos os equipamentos disponíveis. Para a realização, pode-se utilizar o modelo abaixo:

**Tabela 02** – Mapeamento dos Equipamentos

MAPEAMENTO DOS EQUIPAMENTOS				
TAG	MODELO	FABRICANTE	ESPECIFICAÇÃO	LOCAL

Fonte: Próprio autor (2023)

### II. Mapeamento dos serviços e processos realizados pelo Equipamento;

A compreensão da atividade exercida por cada equipamento irá auxiliar nas determinações de periodicidade e criticidade da manutenção.

### III. Análise do grau de criticidade na manutenção de cada equipamento

Para determinação da criticidade de manutenção de cada equipamento, pode-se utilizar a ferramenta “Curva de Análise ABC” conforme descrito abaixo:

Inicialmente, deve ser considerado os pontos abaixo para cada um dos equipamentos:

- a) **Segurança e meio ambiente:** qual impacto de uma falha para a segurança dos colaboradores e no meio ambiente;
- b) **Qualidade:** qual a consequência de uma falha no produto final;
- c) **Condição de operação:** análise do tempo de operação do equipamento em cada processo;
- d) **Condição de entrega:** qual impacto a indisponibilidade do equipamento irá gerar na cadeia de produção;
- e) **Confiabilidade:** cálculo do tempo médio entre falhas – MTBF
- f) **Manutenibilidade:** cálculo do tempo médio para reparo - MTTR

Diante disto, considera-se o preenchimento da Tabela 3 em:

- A – Alta Criticidade
- B – Média Criticidade
- C – Baixa Criticidade

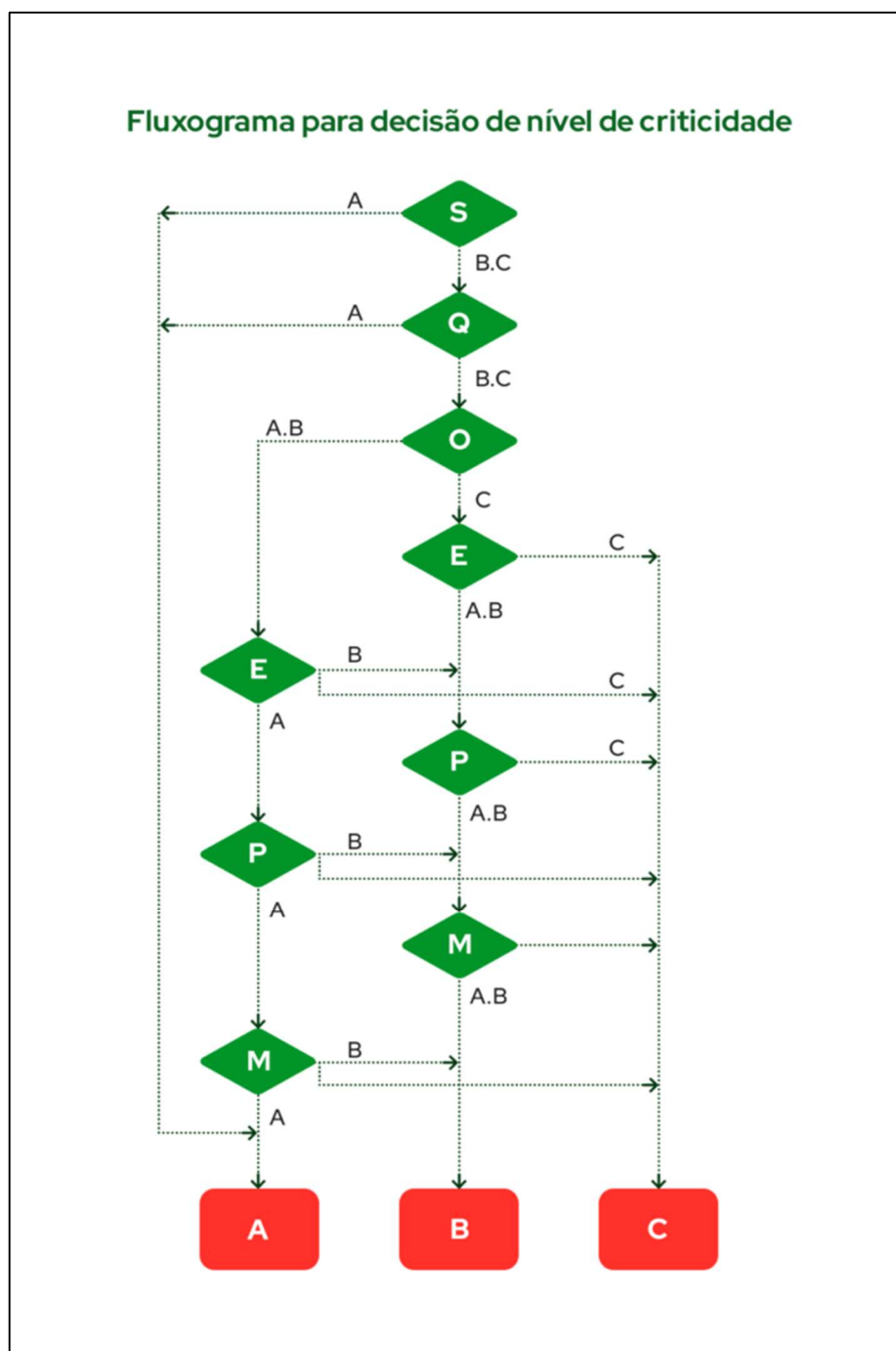
**Tabela 03** – Análise de Criticidade ABC

FATORES DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		
	A	B	C
<b>S</b>	Em caso de falhas, há alto risco de acidentes ou contaminação	Em caso de falhas, há risco moderado de acidentes ou contaminação	Em caso de falhas, não há risco moderado de acidentes ou contaminação
<b>Q</b>	Haverá queda de qualidade em caso de falhas	Pode haver queda de qualidade em caso de falhas, ou há risco apenas queda de qualidade de baixo impacto	Não haverá queda de qualidade em caso de falhas
<b>O</b>	Tempo de operação do ativo acima de 90% ao mês	Tempo de operação do ativo entre 50% e 90% ao mês	Tempo de operação do ativo inferior a 50% ao mês
<b>E</b>	Em caso de falhas, com certeza afetará a linha de produção	Em caso de falhas, talvez afetará a linha de produção, ou o impacto não será grave	Em caso de falhas, não afetará a linha de produção
<b>P</b>	Tempo médio entre as falhas abaixo de 15 horas	Tempo médio entre as falhas entre 15 e 30 horas	Tempo médio entre as falhas acima de 30 horas
<b>M</b>	Tempo médio para reparo acima de 2 horas	Tempo médio para reparo entre 1 e 2 horas	Tempo médio para reparo abaixo de 1 hora

**Fonte:** Internet - Disponível em: <https://www.produtivo.com.br/blog/como-fazer-um-plano-de-manutencao-eficiente> - acesso em 22 de set. 2023 – (ADAPTADO pelo autor)

Com base no preenchimento acima, considera-se os resultados conforme Figura 9.

**Figura 9** – Fluxograma para análise do nível de criticidade



**Fonte:** Internet - Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/como-fazer-um-plano-de-manutencao-eficiente> - acesso em 22 de set. 2023

- IV. **Elabore as atividades de verificação, inspeção e troca de insumos de acordo com as necessidades da operação ou recomendação do fabricante, como destaca-se na Figura 10:**

**Figura 10** – Modelo de recomendação de inspeções preventivas fornecidas pelo fabricante de um Grupo Gerador de 28,75 kVA

<b>FICHA INSPEÇÃO PERÍODICA GRUPO GERADOR</b>	
<b>CLIENTE</b>	
<b>SOLICITANTE</b>	
<b>ENDEREÇO</b>	
<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>DATA</b>
<b>KM RODADO</b>	<b>HORIMETRO</b>

**ESCOPO DOS SERVIÇOS:**

**SERVIÇOS MECÂNICOS**

**Sistema de lubrificação de óleo do motor:**

Checar vazamentos;  
 Checar nível de óleo;  
 Checar a pressão do óleo;  
 Checar se o filtro de óleo está cheio e sem restrições;  
 Substituir ou completar o óleo lubrificante, *quando necessário*.  
 Substituir o (s) filtro (s) de óleo lubrificante, *quando necessário*.

**Sistema de refrigeração do motor:**

Checar vazamentos;  
 Checar restrição de ar no radiador;  
 Checar mangueiras e conexões;  
 Checar o nível e a temperatura da água;  
 Checar condições e tensão das correias;  
 Checar as carenagens do radiador;  
 Checar o termostato e a tampa do radiador;  
 Checar a bomba de água.

**Sistema de admissão de ar do motor:**

Checar vazamentos;  
 Checar a restrição do filtro de ar;  
 Checar toda a tubulação do ar de admissão;  
 Substituir o filtro de ar, *quando necessário*;  
 Checar a turbina.

Fonte: Manual de Operações – Branco Geradores (ADAPTADO pelo autor 2023)

- V. **Determine a periodicidade de realização de acordo com as recomendações do fabricante**
- VI. **Realize o planejamento de disponibilidade de insumos junto ao setor responsável de acordo com a periodicidade de execução das manutenções preventivas.**

### 3.3 Coleta de Dados para análise

Foi realizada a coleta de dados a partir do sistema de gestão de ativos implementado na empresa (Figura 11), realizando a coleta de dados em relatório

referente a abertura de Ordens de Serviços e informações de monitoramento via Telemetria, ao qual é uma tecnologia para monitoramento de dados, condições e indicadores de forma remota e, em muitas vezes, em tempo real, como demonstrado na Figura 12 e Figura 13.

**Figura 11** – Sistema de gestão de ativos implementado na empresa

Bem	Tipo Modelo	Família	Nome do Bem	Centro Custo
TE 018	IMP063	IMP	TE 018	0303
TE001	TRE001	TRA	TE001	0303
TE003	TRE001	TRA	TE003	0403
TE004	TRE001	TRA	TE004	0303
TE005	TRE001	TRA	TE005	0302
TE006	TRE001	TRA	TE006	0403
TE007	TRE001	TRA	TE007	0302
TE008	TRE001	TRA	TE008	0403
TE009	TRE001	TRA	TE009	0303
TE010	TRE001	TRA	TE010	0303
TE011	TRE003	TRA	TE011	0302
TE012	TRE003	TRA	TE012	0302
TE013	TRE003	TRA	TE013	0503
TE014	TRE003	TRA	TE014	0303
TE015	TRE002	TRA	TE015	0403

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 12** – Sistema de monitoramento via Telemetria – KOMATSU

Modelo	Nº de série	SMR	Data De Entrega	TE
D61EX-15E0	B46482	16891 H	08/07/2011	TE 003
D61EX-15E0	B47354	14129.3 H	16/10/2012	TE 005
D61EX-15E0	B47369	15855.1 H	05/12/2012	TE 006
D61EX-15E0	B47400	13266.1 H	01/03/2013	TE 008
D61EX-15E0	B47450	1071 H	02/07/2013	TE 009
D61EX-15E0	B47544	12197.7 H	30/07/2014	TE 010

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 13** – Sistema de monitoramento via Telemetria – CATERPILLAR

Série	Fabricante	Frota	Modelo	Produto	Unidade	Última Localização (Último Mês)	Horímetro	Data do Horímetro	Status	Atendimento	Peça	Detalhes
SP900468	CATERPILLAR	EH 055	336	ESCAVADEIRAS	Mineração Rio do Norte	Terra Santa - Pará, 68285-000	5788	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
JPA05447	CATERPILLAR	MT 020	140K	MOTONIVELADORAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná, BR 68270	5284	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
JPA05446	CATERPILLAR	MT 019	140K	MOTONIVELADORAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná, BR 68270	5856	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
SP900470	CATERPILLAR	EH 057	336	ESCAVADEIRAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná - PA, 68270-000	8732	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
JPA05448	CATERPILLAR	MT 021	140K	MOTONIVELADORAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná - PA, 68270-000	4728	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
JPA05443	CATERPILLAR	MT 017	140K	MOTONIVELADORAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná, BR 68270	5100	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
JPA05441	CATERPILLAR	MT 016	140K	MOTONIVELADORAS	Mineração Rio do Norte	R. Portugal, Juruti - PA, 68170-000	5269	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗
SP910264	CATERPILLAR	EH 068	336	ESCAVADEIRAS	Mineração Rio do Norte	Oriximiná - PA, 68270-000	5243	22/11/2023	Reportando	Solicitar	Solicitar	🔗

Fonte: Próprio autor (2023)

Com a finalidade de produzir os dados para o presente trabalho, foram coletados dados das últimas preventivas realizadas em cada um dos equipamentos e o histórico de abertura de Ordens de Serviços referentes aos dias anteriores e dias subsequentes à realização da intervenção preventiva (Figuras 14, 15 e 16), a fim de verificar o quantitativo de intervenções realizadas de caráter corretivo antes da realização da preventiva e posterior a sua realização.

**Figura 14** – Registro de abertura de Corretivas para o Equipamento – TE018

Ordem Serv.	Bem	P. In. Man.	Nome do Bem	Serviço	Nome Serviço
001357	TE018	30/06/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001442	TE018	04/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001450	TE018	05/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001467	TE018	06/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001509	TE018	06/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001562	TE018	11/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
001595	TE018	13/07/2023	TE018	COR	CORRETIVO
002014	TE018	01/08/2023	TE018	COR	CORRETIVO
002071	TE018	09/08/2023	TE018	COR	CORRETIVO
002712	TE018	18/09/2023	TE018	COR	CORRETIVO
003154	TE018	12/10/2023	TE018	COR	CORRETIVO
003513	TE018	26/10/2023	TE018	COR	CORRETIVO
003527	TE018	26/10/2023	TE018	COR	CORRETIVO
003551	TE018	27/10/2023	TE018	COR	CORRETIVO
003727	TE018	08/11/2023	TE018	COR	CORRETIVO

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 15** – Registro de abertura de Corretivas para o Equipamento – TE017

Ordem Serv.	Bem	P. In.	Man.	Nome do Bem	Serviço	Nome Serviço
000291	TE017	21/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000360	TE017	26/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000367	TE017	26/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000393	TE017	27/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000406	TE017	28/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000432	TE017	29/04/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000438	TE017	01/05/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000489	TE017	04/05/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000687	TE017	19/05/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000693	TE017	19/05/2023	TE017		COR	CORRETIVO
000694	TE017	19/05/2023	TE017		COR	CORRETIVO
002277	TE017	18/08/2023	TE017		COR	CORRETIVO
002357	TE017	14/08/2023	TE017		COR	CORRETIVO
002670	TE017	16/09/2023	TE017		COR	CORRETIVO
002683	TE017	18/09/2023	TE017		COR	CORRETIVO

Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 16** – Registro de abertura de Corretivas para o Equipamento – TF001

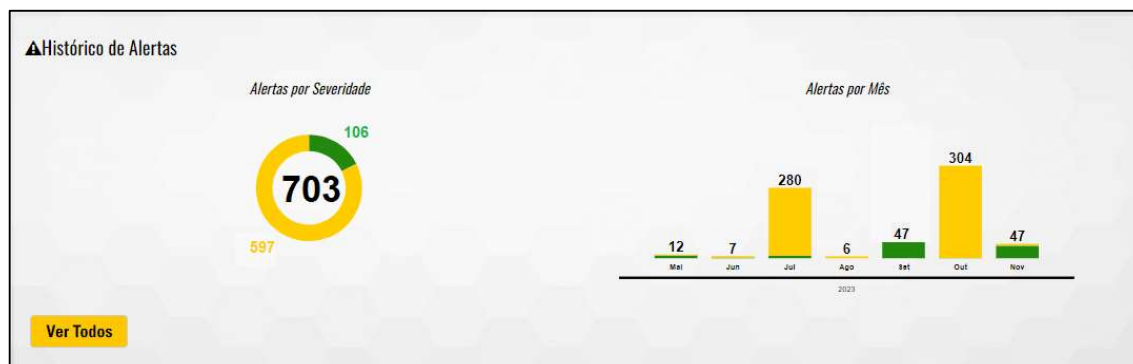
Ordem Serv.	Bem	P. In.	Man.	Nome do Bem	Serviço	Nome Serviço
000091	TF001	05/04/2023	TF001		COR	CORRETIVO
000132	TF001	11/04/2023	TF001		COR	CORRETIVO
000384	TF001	27/04/2023	TF001		COR	CORRETIVO
002009	TF001	01/08/2023	TF001		COR	CORRETIVO
002965	TF001	29/09/2023	TF001		COR	CORRETIVO
003413	TF001	21/10/2023	TF001		COR	CORRETIVO
003582	TF001	30/10/2023	TF001		COR	CORRETIVO

Fonte: Próprio autor (2023)

Utilizou-se também, o sistema de Telemetria SOTREQLINK, sistema este que coleta os dados do Equipamento de forma remota e os envia por meio de comunicação satelital a um portal para acesso e controle do status do bem. O sistema compila todos os alertas gerados no equipamento e os classifica com base em três cores: **verde – alerta simples**, que pode ser caracterizado por uma movimentação do equipamento, falha simples de leitura, dentre outros; **amarelo – alerta intermediário**, que pode ser caracterizado por um aumento de temperatura de fluidos, obstrução de filtros e/ou radiadores, falha de leitura de sensores de segurança, perda de pressão, dentre outros; e **vermelho – falha crítica**, que pode ser caracterizada por um agravamento do alerta anterior e em caso de continuação de operação, poderá gerar

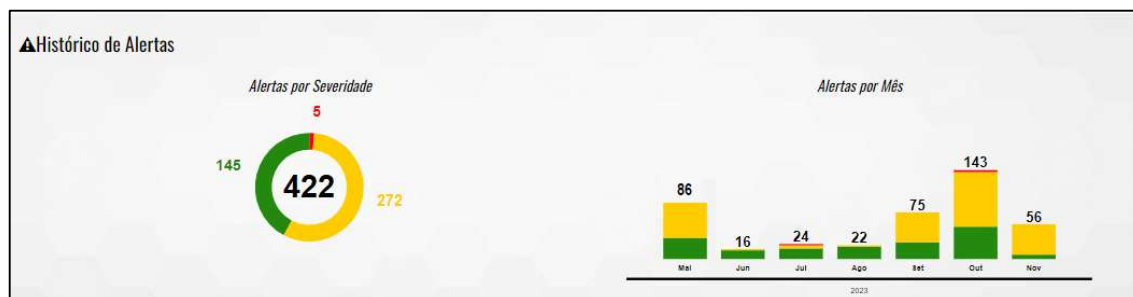
danos consequentes graves ao equipamento, como é mostrado nas Figuras 17 e 18 registradas do portal e legenda explicativa através da Figura 19.

**Figura 17** – Registro de Alertas – SOTREQLINK – TE018



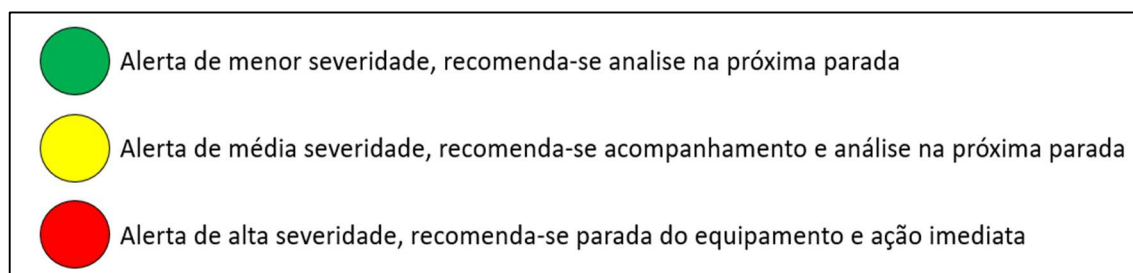
Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 18** – Registro de Alertas – SOTREQLINK – TE017



Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 19** – Legenda alertas SOTREQLINK



Fonte: Próprio autor (2023)

Para uma melhor visualização dos dados, extraiu-se os dados das Figuras 14 e 15 respectivamente e montou-se as Tabelas 04 e 05, a fim de destacar a linha de corte de intervenções corretivas constituída após a realização da manutenção preventiva.

**Tabela 04** – Descrição de Ordens de Serviços – TE018

O.S.	DATA	TAG	TIPO
001357	30/06/2023	TE018	CORRETIVA
001442	04/07/2023	TE018	CORRETIVA
001450	05/07/2023	TE018	CORRETIVA
001467	06/07/2023	TE018	CORRETIVA
001509	06/07/2023	TE018	CORRETIVA
001562	11/07/2023	TE018	CORRETIVA
001595	13/07/2023	TE018	CORRETIVA
001756	20/07/2023	TE018	PREVENTIVA
002014	01/08/2023	TE018	CORRETIVA
002071	09/08/2023	TE018	CORRETIVA
002712	18/09/2023	TE018	CORRETIVA
003154	12/10/2023	TE018	CORRETIVA
003513	26/10/2023	TE018	CORRETIVA
003527	26/10/2023	TE018	CORRETIVA
003551	27/10/2023	TE018	CORRETIVA

Fonte: Próprio autor (2023)

**Tabela 05** – Descrição de Ordens de Serviços – TE017

O.S.	DATA	TAG	TIPO
000291	21/04/2023	TE017	CORRETIVA
000360	26/04/2023	TE017	CORRETIVA
000367	26/04/2023	TE017	CORRETIVA
000393	27/04/2023	TE017	CORRETIVA
000406	28/04/2023	TE017	CORRETIVA
000432	29/04/2023	TE017	CORRETIVA
000438	01/05/2023	TE017	CORRETIVA
000489	04/05/2023	TE017	CORRETIVA
000687	19/05/2023	TE017	CORRETIVA
000693	19/05/2023	TE017	CORRETIVA
000694	19/05/2023	TE017	CORRETIVA

001139	10/06/2023	TE017	PREVENTIVA
002277	18/08/2023	TE017	CORRETIVA
002357	14/08/2023	TE017	CORRETIVA
002670	16/09/2023	TE017	CORRETIVA
002683	18/09/2023	TE017	CORRETIVA

Fonte: Próprio autor (2023)

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Mediante dados apresentados na seção anterior, é possível a análise de que os equipamentos vinham apresentando histórico de intervenções corretivas, seguidos também de alertas de falhas através do sistema de telemetria, antes da realização da sua Manutenção Preventiva que, após conclusão, obteve-se significativa redução de paradas não programadas e consequente aumento de produtividade dos equipamentos.

De forma mais aprofundada, analisando os dados da Tabela 06, obtidos para o equipamento TE018, existia uma frequência de paradas do equipamento em um intervalo de 13 dias, igual a 6 paradas não programadas, caracterizadas como Manutenção Corretiva, considerando o tempo médio de reparo de 01 dia, este equipamento passou 46% do intervalo de tempo de forma inoperante por causa não planejada.

**Tabela 06** – Comparativo de dados – TE018

Descrição	Quantidade
Qtd. Ordens de Serviços no período analisado	15
Qtd. Ordens de Serviços – Corretivas	14
Qtd. Ordens de Serviços – Preventivas	1
Incidência de Corretivas 30 dias <b>antes</b> da realização da Preventiva	7
Incidência de Corretivas 30 dias <b>após</b> a realização da Preventiva	2
<b>% de redução de paradas após realização da Preventiva</b>	<b>71%</b>
Qtd. de alertas antes da realização da Preventiva	≅ 280
Qtd. De alertas após a realização da Preventiva	≅ 6
<b>% de redução de alertas após realização da Preventiva</b>	<b>97%</b>

**Fonte:** Próprio autor (2023)

De acordo com o histórico de realização de Manutenções Preventivas do equipamento TE018, foi realizada a manutenção periódica de 1.000 horas no dia 20 de julho de 2023 através da Ordem de Serviço 001756, com contador indicando 14.183 horas de trabalho. Se verificado as atividades a serem realizadas nesta manutenção, encontra-se informações como substituição de todos os filtros de ar e lubrificantes do equipamento, troca dos fluidos de óleo motor; solicitado pela parte técnica, troca do fluido de lubrificação dos comandos; além de etapas de verificação; limpeza, como desobstrução das aletas dos radiadores e do excesso de sujidades nos materiais rodantes; e lubrificação de todos as partes fixas e móveis do equipamento.

Desde a liberação da manutenção preventiva realizada, o equipamento operou por um total de 11 dias sem nenhum registro de falha e no período subsequente de 31 dias, apresentou apenas 02 paradas para intervenções não planejadas de manutenção corretiva, representando um percentual de 6% de indisponibilidade do equipamento.

Pode-se realizar a mesma análise para o equipamento TE017 por exemplo, que antes da realização de sua preventiva, apresentou inúmeros registros de paradas para manutenção corretiva e alertas no sistema de telemetria e, após realização da preventiva, os números reduziram consideravelmente e retomando

registros somente próximo a data da próxima intervenção de manutenção preventiva programada para realização.

## 5 CONCLUSÃO

A partir da revisão bibliográfica e da análise de caso apresentados neste trabalho, conclui-se que a adoção de manutenções preventivas para equipamentos possui benefícios consideravelmente superiores aos demais tipos, chegando a reduções de 71% de paradas corretivas e de 97% de redução de alertas gerados em determinado período e, de forma afirmativa, a adoção de um plano de manutenção preventiva realizado de forma eficiente e eficaz, irá reduzir a quantidade de ocorrências de manutenção corretiva dos equipamentos.

A revisão bibliográfica foi baseada principalmente em livros de diversos autores relacionados a importância da manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas, onde foi demonstrado de forma clara e objetiva as condições favoráveis para adoção do método, compreendendo conceitos e contextos que cercam a necessidade de manutenção preventiva em determinadas condições de equipamentos e prevenção dos riscos de deterioração que possam vir a existir.

Para trabalhos futuros, devem ser realizados estudos para elaboração dos cálculos dos indicadores da manutenção, como o *Backlog*, MTBF, MTTR e DF para os equipamentos abordados como exemplos no presente trabalho, visando medir a eficiência da gestão da manutenção.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR – 5462: Manutenção – Confiabilidade. Rio de Janeiro, 1994

ABRAMAN. Página eletrônica: <https://abramanoficial.org.br/> . Acesso em 18 nov. 2023

ALMEIDA, T. Manutenção Industrial de máquinas e equipamento. 2017. Disponível em: < <https://www.industria hoje.com.br/o-que-e-manutencao-industrial-de-maquinas-e-equipamentos>> Acesso em 18 out. 2023.

ALMEIDA, S.P. Manutenção mecânica industrial. Conceitos Básicos e tecnologia aplicada. Editora Érica. 2015.

ALMEIDA, S.P. Manutenção Mecânica Industrial. Princípios Técnicos e Operações. Editora Érica. 2016.

BRANCO FILHO, Gil. Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade. 4 ed., Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro. 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês. Nova Lima: INDG. 2004. 8. Edição. 256p.

DHILLON, B. S. Maintainability, maintenance and reliability for Engineers. 1. ed. New York: CRC Press, 2006.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L.; “Confiabilidade e Manutenção Industrial”, Elsevier, 2º reimpressão, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. Manutenção – Função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LARA, E. S. Prevenção e Controle da Poluição nos setores Industrial. Interciência, 2002.

MARTINS JR., V.A. Ferramentas da qualidade. Móbile Chão de fábrica, Curitiba, 2002.

MAJEWSKI, W. Addy, KHAIR, Magdi K. Diesel emissions and their control. Warrendale. SAE International, 2006.

MIGUEL, Paulo. Qualidade: Enfoques e Ferramentas. 1. Ed. Artliber, 2001.

MONCHY, François. A Função Manutenção - Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban Ltda, 1987.

MORAES, G. Sistema de gestão de risco: princípios e diretrizes ISO 31000/2009 comentada e ilustrada. Rio de Janeiro: Editora GVC, 2010. 235p.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008

PEREIRA, J.M. Engenharia de manutenção: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2011.

PINTO, A.; XAVIER, KARDEC. N. Manutenção: função estratégica. 1998. Rio de Janeiro: Qualitymark.

SILVEIRA. C. B. Os 6 Passos para Implantar a Manutenção Planejada. 2016. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/passos-implantar-manutencao-planejada/>> Acesso em: 7 set. 2023.

SIQUEIRA, I. P.; Manutenção centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação, Qualitymark, 2005.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da produção 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p

SOUZA, V. C. Organização e Gerência da Manutenção: Planejamento, Programação e controle da Manutenção. 3 ed. revisada. São Paulo: All Print, 2009.

TAVARES, L. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999.

TOLEDO, A. T. Utilização do método PDCA no gerenciamento da rotina: um estudo de caso no setor de pintura automotiva. Monografia de graduação em engenharia de produção apresentada em junho de 2005, Curso de Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2005.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1991.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM Planejamento e Controle de Manutenção. Qualitymark Ed, Rio de Janeiro. 2002.

VIANNA, Fernanda C. Análise de ecoeficiência: avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel. 2006.

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