



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA - CAMPUS CARAÚBAS  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

George Wagner Alves de Queiroz

**Implantação de indicadores de manutenção de linhas de britagens de uma unidade de mineração utilizando *Power BI* em conjunto com sistema de gestão de manutenção**

CARAÚBAS

2025

George Wagner Alves de Queiroz

**Implantação de indicadores de manutenção de linhas de britagens de uma unidade de mineração utilizando *Power BI* em conjunto com sistema de gestão de manutenção**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Diego David Silva Diniz.

CARAÚBAS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Q3i      Queiroz, George Wagner Alves de.  
            Implantação de indicadores de manutenção de  
            linhas de britagens de uma unidade de mineração  
            utilizando Power BI em conjunto com sistema de  
            gestão de manutenção / George Wagner Alves de  
            Queiroz. - 2025.  
            54 f. : il.

            Orientador: Diego David Silva Diniz.  
            Monografia (graduação) - Universidade Federal  
            Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia  
            Mecânica, 2025.

            1. Manutenção industrial. 2. Mineração. 3.  
            Britagem. 4. Indicadores. 5. Power BI. I. Diniz,  
            Diego David Silva, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Caraúbas  
Bibliotecária: Sarah Freire Bezerra  
CRB: 15/1052

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

George Wagner Alves de Queiroz

**Implantação de indicadores de manutenção de linhas de britagens de uma unidade de mineração utilizando *Power BI* em conjunto com sistema de gestão de manutenção**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Defendida em: 04 / 08 / 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Diego David Silva Diniz (UFERSA)  
Presidente

---

Prof. Dr. Jackson de Brito Simões (UFERSA)  
Membro Examinador

---

Prof. Dr. Gleryston Thiago Gomes da Silva (UFERSA)  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido sabedoria, coragem e força nos momentos em que mais precisei. Sem Ele, não teria sido possível chegar até aqui.

Aos meus pais, José Oldair e Janete Alves, e à minha irmã Jeane Alves, por sempre estarem ao meu lado, me guiando com amor, apoio e conselhos que fizeram toda a diferença nesta caminhada.

À minha família, em especial à minha esposa Nathalia Stefanny, por acreditar em mim mesmo nos momentos de adversidade, e à minha filha Maria Alice, que mesmo tão pequena foi uma grande fonte de motivação para que eu persistisse e nunca desistisse deste objetivo.

Ao meu orientador, professor Diego David Silva Diniz, pela dedicação, paciência e confiança no meu trabalho. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço também aos professores Jackson de Brito Simões e Gleryston Thiago Gomes da Silva, pela disponibilidade em compor a banca avaliadora e pela atenção dedicada à análise deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os familiares e amigos que torceram por mim ao longo desta jornada, tanto os que já faziam parte da minha vida quanto os que conheci durante a graduação. Destaco com carinho os amigos Marcus Paulo e Marina Rodrigues, que se tornaram, além de grandes companheiros de curso, meus padrinhos de batismo — prova do vínculo especial que essa caminhada foi capaz de formar.

A vocês, minha eterna gratidão!

## ÉPIGRAFE

Não se gerencia o que não se mede. Não se mede o que não se define. Não se define o que não se conhece e não há sucesso no que não se gerencia.

William Edwards Deming

## RESUMO

A manutenção industrial desempenha papel estratégico na confiabilidade e disponibilidade dos ativos, especialmente em setores como a mineração, onde equipamentos como os britadores são essenciais para a continuidade do processo produtivo. Neste contexto, este trabalho apresenta a adaptação de um sistema de gestão de manutenção de frotas para o controle da manutenção dos equipamentos de britagem (britadores) em uma unidade de uma empresa de mineração, aliada ao uso do Power BI para criação de indicadores interativos. O objetivo foi organizar e aprimorar o acompanhamento das manutenções, proporcionando maior controle das periodicidades de troca dos componentes e melhor análise dos serviços realizados e pendentes. O cadastro estruturado dos britadores e de seus componentes possibilitou avanços no planejamento e na rastreabilidade das atividades. Os indicadores do Power BI permitiram uma análise dinâmica e prática dos dados, apoiando a tomada de decisão. Uma limitação foi a ausência de integração automática entre o sistema de gestão e o Power BI, exigindo a alimentação manual das informações. Os resultados demonstraram a importância da manutenção baseada em dados e indicaram oportunidades de melhorias futuras.

**Palavras-chave:** manutenção industrial; mineração; britagem; indicadores; power bi.

## ABSTRACT

Industrial maintenance plays a strategic role in asset reliability and availability, especially in sectors such as mining, where equipment like crushers is essential to the continuity of the production process. In this context, this work presents the adaptation of a fleet maintenance management system to control the maintenance of crushing equipment (crushers) at a mining company unit, combined with the use of Power BI to create interactive indicators. The objective was to organize and improve maintenance monitoring, providing greater control over component replacement frequency and better analysis of completed and pending services. The structured registry of crushers and their components enabled advances in planning and activity traceability. Power BI indicators enabled dynamic and practical data analysis, supporting decision-making. One limitation was the lack of automatic integration between the management system and Power BI, requiring manual input of information. The results demonstrated the importance of data-driven maintenance and indicated opportunities for future improvements.

**Keywords:** industrial maintenance; mining; crushing; indicators; power bi.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Evolução da Manutenção.....                                         | 18 |
| Figura 2 - Britadores presentes na unidade de estudo. ....                     | 28 |
| Figura 3 - Tela do sistema Senior MegaXT utilizado na pesquisa.....            | 29 |
| Figura 4 - Tela da lista de componentes do Manual de Instruções do HP300. .... | 30 |
| Figura 5 - Tela de cadastro de modelo de equipamentos. ....                    | 31 |
| Figura 6 - Tela de cadastro de equipamentos. ....                              | 31 |
| Figura 7 - Tela de cadastro do tipo de componentes. ....                       | 32 |
| Figura 8 - Tela de cadastro de componentes ao equipamento. ....                | 32 |
| Figura 9 - Tela de cadastro das OSs. ....                                      | 34 |
| Figura 10 - Planilha de coleta de dados para geração de indicadores. ....      | 35 |
| Figura 11 - Acompanhamento das trocas de componentes anteriormente. ....       | 38 |
| Figura 12 - Acompanhamento das periodicidades de troca do BM-002. ....         | 39 |
| Figura 13 - Tela de cadastro de OS de ocorrência.....                          | 40 |
| Figura 14 - Tela de cadastro de Mobilização/Desmobilização.....                | 41 |
| Figura 15 - Distribuição dos serviços por status (concluído e pendente).....   | 42 |
| Figura 16 - Quantidade de serviços realizados por linha de britagem.....       | 43 |
| Figura 17 - Equipamentos com maior número de serviços. ....                    | 44 |
| Figura 18 - Distribuição dos serviços por tipo. ....                           | 44 |
| Figura 19 - Participação dos setores responsáveis. ....                        | 45 |
| Figura 20 - Serviços concluídos por dia da semana. ....                        | 46 |
| Figura 21 - Serviços concluídos por mês.....                                   | 47 |
| Figura 22 - Relatório geral dos indicadores de manutenção. ....                | 48 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Etapas principais do funcionamento do <i>Power BI</i> . .....       | 24 |
| Quadro 2 - Equipamentos de britagem da unidade de estudo. ....                 | 28 |
| Quadro 3 - Componentes de desgaste do Britador Cônico HP300 METSO. ....        | 30 |
| Quadro 4 - Equipamentos da unidade cadastrados no sistema. ....                | 33 |
| Quadro 5 - Resumo das principais medidas DAX criadas no <i>Power BI</i> . .... | 36 |
| Quadro 6 - Análise dos desempenhos dos setores. ....                           | 46 |

## SUMÁRIO

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                        | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                                         | <b>14</b> |
| <b>2.1 Objetivo Geral.....</b>                                                    | <b>14</b> |
| <b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>                                            | <b>14</b> |
| <b>3. PROBLEMA.....</b>                                                           | <b>15</b> |
| <b>4. JUSTIFICATIVA.....</b>                                                      | <b>16</b> |
| <b>5. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                | <b>17</b> |
| <b>5.1 Manutenção Industrial.....</b>                                             | <b>17</b> |
| <b>5.2 Tipos de Manutenção.....</b>                                               | <b>19</b> |
| <b>5.3 Engenharia de Manutenção e Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)</b> | <b>21</b> |
| <b>5.4 Indicadores de Manutenção .....</b>                                        | <b>22</b> |
| <b>5.5 <i>Business Intelligence</i> e <i>Power BI</i>.....</b>                    | <b>23</b> |
| <b>5.6 Sistemas de Gestão e Manutenção de Equipamentos .....</b>                  | <b>26</b> |
| <b>6. METODOLOGIA .....</b>                                                       | <b>27</b> |
| <b>6.1 Cadastro dos Britadores no Sistema .....</b>                               | <b>29</b> |
| <b>6.2 Implantação dos Indicadores de Manutenção.....</b>                         | <b>34</b> |
| <b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                           | <b>37</b> |
| <b>7.1 Cadastro dos Britadores no Sistema de Gestão de Manutenção .....</b>       | <b>37</b> |
| 7.1.1 Centralização das informações e facilidade de consulta.....                 | 37        |
| 7.1.2 Acompanhamento das Periodicidades de Troca de Componentes .....             | 37        |
| 7.1.3 Geração Automática de OSs e Padronização de <i>Checklists</i> .....         | 39        |
| 7.1.4 Visibilidade e Rastreabilidade dos Equipamentos .....                       | 40        |
| <b>7.2 Análise dos Indicadores no <i>Power BI</i>.....</b>                        | <b>42</b> |
| 7.2.1 Quantidade de Serviços x Status.....                                        | 42        |
| 7.2.2 Quantidade de Serviços x Linha .....                                        | 43        |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 7.2.3 Equipamentos com Maior Incidência de Serviços..... | 43        |
| 7.2.4 Quantidade de Serviços x Tipo .....                | 44        |
| 7.2.5 Análise dos Serviços por Setor Responsável.....    | 45        |
| 7.2.6 Análise dos Serviços Concluídos no Tempo .....     | 46        |
| 7.2.7 Descrição Geral do <i>Dashboard</i> .....          | 47        |
| <b>8. CONCLUSÕES .....</b>                               | <b>49</b> |
| <b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>               | <b>50</b> |
| <b>ANEXO 1.....</b>                                      | <b>53</b> |
| <b>ANEXO 2.....</b>                                      | <b>54</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da mineração é caracterizada por processos produtivos intensivos e pelo uso contínuo de equipamentos robustos e de alta complexidade. Dentre esses, os sistemas de britagem se destacam como componentes críticos da cadeia produtiva, sendo responsáveis pela redução granulométrica de blocos rochosos para posterior beneficiamento. A confiabilidade e a disponibilidade desses ativos são essenciais para garantir a continuidade operacional e evitar paradas não programadas que impactam diretamente na produtividade e nos custos.

Neste contexto, a gestão da manutenção assume papel estratégico, sendo fundamental para assegurar o desempenho adequado dos equipamentos. No entanto, muitas unidades de mineração ainda operam com controles manuais, descentralizados e com baixa padronização de registros, o que compromete a rastreabilidade das intervenções, a análise de falhas e o planejamento de ações corretivas ou preventivas. A ausência de dados estruturados dificulta o cálculo de indicadores de desempenho e limita a tomada de decisões fundamentadas.

Diante dessa realidade, cresce a necessidade de adotar soluções tecnológicas que integrem os registros operacionais e transformem dados em informações úteis à gestão. O uso de ferramentas de *Business Intelligence* (BI), como o *Power BI*, associado a sistemas de gestão da manutenção, tem se mostrado promissor para a criação de painéis interativos e indicadores que auxiliam o monitoramento e a análise das atividades realizadas.

A integração entre essas tecnologias permite maior controle sobre os ativos, contribuindo para o acompanhamento das periodicidades de manutenção, a automatização de ordens de serviço e a identificação de gargalos no processo. Além disso, a utilização de indicadores possibilita visualizar tendências, avaliar o desempenho dos setores envolvidos e identificar os equipamentos com maior criticidade.

Nesse cenário, este trabalho tem como objetivo geral implantar e analisar indicadores de desempenho da manutenção nas linhas de britagem de uma unidade de mineração, por meio da integração do *Power BI* ao sistema de gestão de manutenção, com o propósito de aprimorar a eficiência operacional, elevar a confiabilidade dos ativos e fortalecer o processo decisório na gestão da manutenção.

Embora o sistema utilizado na empresa tenha como foco principal a gestão de frotas, é possível adaptá-lo para o controle dos britadores, através do monitoramento dos horímetros acoplados aos britadores, cujas leituras são inseridas no sistema para acompanhar a vida útil dos componentes de desgaste desses equipamentos e permitindo a geração automatizada de Ordens de Serviço (OSs), conforme orientações dos fabricantes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Implantar e analisar indicadores de desempenho da manutenção nas linhas de britagem de uma unidade de mineração, por meio da integração do *Power BI* ao sistema de gestão de manutenção, com o propósito de aprimorar a eficiência operacional, elevar a confiabilidade dos ativos e fortalecer o processo decisório na gestão da manutenção.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento dos equipamentos que compõem o objeto de estudo (britadores de mandíbula e cônicos);
- Coletar dados referentes aos equipamentos caracterizados como objeto de estudo;
- Implementar o controle e o monitoramento dos equipamentos de britagem e seus componentes de desgaste;
- Estruturar uma planilha de controle dos serviços de manutenção para análise no *Power BI*;
- Desenvolver *Dashboards* com indicadores como serviços pendentes, concluídos, tipo de manutenção, equipamentos mais críticos, e linhas de britagem;
- Analisar os indicadores gerados no *Power BI* e otimizar a geração de OSs automatizadas no sistema com base nas diretrizes dos manuais técnicos dos fabricantes;
- Estabelecer as bases para futuros cálculos de MTBF, MTTR e Disponibilidade Operacional, visando à expansão da manutenção baseada em dados.

### 3. PROBLEMA

A gestão da manutenção nas linhas de britagem de unidades de mineração é uma tarefa complexa e essencial para garantir a continuidade operacional e a eficiência do processo produtivo. Entretanto, observa-se que, em diversas unidades, o controle das manutenções persiste de forma manual, descentralizada e com baixo grau de padronização, o que compromete a visualização precisa do histórico de falhas, da frequência de intervenções e da real disponibilidade dos equipamentos.

No caso da unidade estudada, mesmo havendo esforço contínuo para acompanhar os serviços, a ausência de um sistema nativo voltado para o controle de ativos fixos, como britadores, compromete a abordagem estratégica da manutenção. As informações nem sempre são registradas de forma completa ou acessível, dificultando significativamente a análise de desempenho dos ativos, a identificação de gargalos e a tomada de decisões mais assertivas. Adicionalmente, a ausência de registros estruturados e integrados impossibilita o cálculo dos principais indicadores de manutenção, como *Mean Time Between Failures* (MTBF) e *Mean Time To Repair* (MTTR), essenciais para análises de confiabilidade e para o aprimoramento dos planos preventivos.

Com isso, há o risco de acúmulo de serviços pendentes, falta de previsibilidade nas trocas de componentes críticos e, consequentemente, paradas inesperadas e perdas de produtividade — o que compromete não apenas o orçamento destinado à manutenção, mas também a estabilidade e a eficiência do fluxo produtivo mineral.

#### 4. JUSTIFICATIVA

Considerando a importância da manutenção preventiva e planejada para a continuidade das operações, a implantação de um sistema integrado de controle com base em indicadores de desempenho torna-se essencial para aumentar a eficiência operacional, reduzir paradas não programadas e qualificar a tomada de decisões estratégicas.

A adaptação do Sistema de Gestão de Manutenção (SGM) para o cadastro dos britadores e seus componentes de desgaste, associada à utilização de horímetros para controle das horas trabalhadas, permite automatizar a geração de OSs com base nas recomendações dos manuais técnicos dos fabricantes. Complementarmente, a estruturação de uma planilha de controle que centraliza os registros de serviços realizados, cria uma base confiável para análise no *Power BI* e apoio ao processo decisório.

Dessa forma, a justificativa deste estudo fundamenta-se na urgência de profissionalizar a gestão da manutenção industrial, adotando ferramentas tecnológicas compatíveis com a realidade operacional da empresa e voltadas à geração estruturada de informações confiáveis, com potencial de impacto direto sobre os indicadores de desempenho e custos do processo produtivo.

## 5. REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Manutenção Industrial

Para Hünemeyer (2017), a palavra manutenção possui ampla aplicação, sendo empregada em inúmeras áreas diferentes, incluindo a manutenção industrial. Derivada do latim *manus tenere*, que significa “manter o que se tem”, a palavra manutenção é muito antiga, enquanto a manutenção industrial teve origem por volta do século XVI, quando a produção artesanal começou a decair, cedendo espaço à produção industrial (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

Segundo Kardec e Nascif (2009), nos últimos 30 anos, as atividades de manutenção têm passado por mais mudanças do que qualquer outra atividade, isso em decorrência de novas tecnologias, maior diversidade de equipamentos, projetos mais complexos e, especialmente, da consolidação da manutenção como função estratégica para a competitividade das organizações.

Gregório *et al.* (2018), afirma que a manutenção antes era vista como atividade de responsabilidade exclusiva de um setor, com a função de consertar máquinas e equipamentos, e agora é compreendida com base no envolvimento de todos da organização, com o objetivo de aumentar a competitividade da empresa.

Essas mudanças na visão e na realização das atividades de manutenção constituem uma evolução histórica da manutenção, caracterizada principalmente pelos principais tipos de manutenção utilizadas e as principais preocupações das organizações na época. Segundo Kardec e Nascif (2009), a partir de 1930, essa evolução pode ser dividida em quatro gerações.

A primeira geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos eram simples. Além disso, a questão da produtividade não era prioridade (KARDEC e NASCIF, 2009). Assim, diante desses fatores, esse período é caracterizado pela prática da manutenção corretiva (reparo após a quebra).

A segunda geração ocorre após a Segunda Guerra Mundial, onde houve forte aumento da mecanização e complexidade das instalações industriais. Segundo Gregório *et al.* (2018), a manutenção industrial ganhou destaque nas organizações durante esse período, diante do aumento da complexidade dos equipamentos, dos avanços tecnológicos, das exigências do mercado por produtos sem defeitos, das alterações nos sistemas de produção, dentre outros fatores.

Nesse cenário, surge a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, o que resultou no conceito de manutenção preventiva (KARDEC e NASCIF,

2009). Nessa época, as organizações buscavam ações para aumentar a produtividade e reduzir os custos com reparos em máquinas que poderiam ser evitados com a manutenção preventiva.

A terceira geração ocorre a partir da década de 70, onde a paralisação da produção passou a ser preocupação para as indústrias (KARDEC e NASCIF, 2009). Assim, surge a necessidade de utilização da manutenção preditiva, que consiste em prever o acontecimento das falhas em equipamentos em pleno funcionamento, sem que a produção seja afetada.

Nessa geração há ainda o desenvolvimento de softwares para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção e o conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicado pela engenharia de manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009).

A quarta geração é focada no gerenciamento de ativos, segurança e meio ambiente. Nessa geração, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento da condição de equipamentos passaram a ser ainda mais utilizadas, objetivando intervir cada vez menos na produção (KARDEC e NASCIF, 2009). Assim, manutenções preventivas e corretivas devem ser eliminadas ao máximo, pois ambas promovem paradas na produção. A Figura 01 apresenta um resumo da evolução da manutenção.

**Figura 1 - Evolução da Manutenção.**

| EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO                           |                                                                      |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | Primeira Geração                                                     | Segunda Geração                                                                                               | Terceira Geração                                                                                                                                                                                                                                                             | Quarta Geração                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ano                                              | 1940 1950                                                            | 1960 1970                                                                                                     | 1980 1990                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2000 2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Aumento das expectativas em relação à Manutenção | • Conserto após a falha                                              | • Disponibilidade crescente<br>• Maior vida útil do equipamento                                               | • Maior confiabilidade<br>• Maior disponibilidade<br>• Melhor relação custo-benefício<br>• Preservação do meio ambiente                                                                                                                                                      | • Maior confiabilidade<br>• Maior disponibilidade<br>• Preservação do meio ambiente<br>• Segurança<br>• Influir nos resultados do negócio<br>• Gerenciar os ativos                                                                                                                                                                                                    |
| Visão quanto à falha do equipamento              | • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham | • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira                                        | • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5                                                                                                                                                                                                 | • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Mudança nas técnicas de Manutenção               | • Habilidades voltadas para o reparo                                 | • Planejamento manual da manutenção<br>• Computadores grandes e lentos<br>• Manutenção Preventiva (por tempo) | • Monitoramento da condição<br>• Manutenção Preditiva<br>• Análise de risco<br>• Computadores pequenos e rápidos<br>• Softwares potentes<br>• Grupos de trabalho multidisciplinares<br>• Projetos voltados para a confiabilidade<br>• Contratação por mão de obra e serviços | • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição<br>• Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada<br>• Análise de Falhas<br>• Técnicas de confiabilidade<br>• Manutenibilidade<br>• Engenharia de Manutenção<br>• Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.<br>• Contratação por resultados |

Fonte: Kardec e Nascif, 2010.

Na perspectiva de um mercado cada vez mais competitivo, cresce a importância de “pensar e agir estrategicamente”, com isso, as atividades de manutenção passaram a integrar de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo, efetivamente, para que uma empresa caminhe rumo à excelência empresarial (KARDEC e NASCIF, 2009). Assim, a manutenção industrial é uma função essencial para garantir a disponibilidade, confiabilidade e segurança dos ativos produtivos.

## 5.2 Tipos de Manutenção

Antes de abordar os diferentes tipos de manutenção, é essencial compreender os conceitos de defeito, falha e pane, uma vez que eles são a base para a análise de ocorrências e para a definição das estratégias de intervenção em equipamentos e sistemas industriais. Como referência, adota-se a norma técnica brasileira ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade, que estabelece essa terminologia.

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994), tem-se:

- **Defeito:** é qualquer não conformidade com uma característica específica de qualidade de um item. Ou seja, é uma imperfeição ou irregularidade que não necessariamente compromete a função principal do equipamento, mas pode prejudicar seu desempenho ou reduzir sua vida útil.
- **Falha:** é a perda da capacidade de um item desempenhar uma função requerida. Diferente do defeito, a falha implica na degradação ou interrupção parcial ou total da função para a qual o equipamento foi projetado.
- **Pane:** ocorre quando há a paralisação total e inesperada do funcionamento de um item ou sistema, impossibilitando a continuidade das operações. A pane representa, portanto, a falha em seu estado mais crítico.

A correta identificação e diferenciação desses conceitos são fundamentais para que se estabeleçam indicadores de desempenho, como o MTBF (Tempo Médio entre Falhas) e o MTTR (Tempo Médio para Reparo) e para que se adote a estratégia de manutenção mais adequada a cada situação. Assim, compreender essas definições é indispensável para sustentar a escolha entre as abordagens preventiva, corretiva, preditiva, entre outras, a serem discutidas a seguir.

Na prática industrial, há uma ampla diversidade de classificações para os tipos de manutenção, o que pode gerar confusões conceituais ou adoção acrítica de nomenclaturas comerciais. De acordo com Viana (2020), embora existam várias denominações como

manutenção preditiva, detectiva, autônoma ou de confiabilidade, essas divisões são muitas vezes fragmentadas em “ondas” que buscam diferenciar serviços e sistemas, mas que não alteram a essência do conceito.

Para o autor, o ponto essencial que define a tipologia da manutenção é o momento em que a intervenção ocorre em relação à falha. Assim, “existem apenas dois tipos de manutenção: (1) Manutenção Preventiva e (2) Manutenção Corretiva” (VIANA, 2020, p. 35). Essa abordagem privilegia uma visão prática, voltada para o cotidiano fabril, eliminando subdivisões que, na prática, podem mais confundir do que contribuir.

A Manutenção Preventiva, ainda segundo o autor, é toda atividade realizada antes da ocorrência de uma falha, com o objetivo de evitar paradas ou problemas maiores. Ela pode ser subdividida em manutenção sistemática, que ocorre em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios pré-estabelecidos, e manutenção sob condição, baseada no monitoramento das condições reais do equipamento (VIANA, 2020).

Sobre a manutenção sistemática, Viana explica que ela “proporciona uma ‘tranquilidade’ operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas” (VIANA, 2020, p. 36). Já a manutenção sob condição visa intervir apenas quando parâmetros técnicos indicam necessidade, otimizando recursos e aumentando a vida útil dos ativos.

Em contrapartida, a Manutenção Corretiva é caracterizada por intervenções realizadas após a ocorrência de uma falha, para restabelecer o equipamento às suas condições operacionais. Viana (2020) destaca ainda que essa modalidade pode ser emergencial, quando há necessidade de resposta imediata para evitar consequências graves, ou planejada, quando a falha identificada permite que o reparo seja programado de forma estruturada (VIANA, 2020).

É importante ressaltar que o autor diverge de outras referências normativas, como a ABNT NBR 5462, que define o início da manutenção corretiva a partir da “pane”. Para Viana (2020), o divisor de águas entre a manutenção preventiva e a corretiva é a ocorrência da falha, e não necessariamente a paralisação total do equipamento. Essa interpretação busca evitar distorções nos indicadores de desempenho, como o MTBF.

Na perspectiva de Viana (2020), compreender e aplicar corretamente esses dois tipos fundamentais de manutenção é essencial para garantir a confiabilidade dos ativos e a eficiência operacional de qualquer sistema produtivo. Sua abordagem objetiva reforça a importância de uma gestão da manutenção livre de “modismos”, alinhada a métodos claros, planejamento eficiente e processos bem definidos.

Almeida (2014) aborda ainda outras técnicas de manutenção, como a Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). A TPM atua na

melhoria tanto em termos materiais (máquinas, equipamentos etc.) quanto em termos humanos (capacitação pessoal envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes) com o aproveitamento da mão de obra dos operadores das máquinas para realização de pequenas operações de manutenção, e a MCC se baseia em sistemáticas de administração que visam eliminar e prevenir defeitos, eliminando suas causas (ALMEIDA, 2014).

### **5.3 Engenharia de Manutenção e Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**

A Engenharia de Manutenção desempenha um papel estratégico dentro da gestão de ativos, pois é responsável por planejar, definir, implantar e aprimorar metodologias, procedimentos e tecnologias que assegurem a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos. Kardec e Nascif (2009) ressaltam que a manutenção é uma função estratégica integrada aos objetivos de produção, qualidade, segurança e sustentabilidade, contribuindo diretamente para a vantagem competitiva das organizações.

Para alcançar esses objetivos, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é indispensável. Reis, Denardin e Milan (2010) enfatizam que o PCM estrutura e sistematiza as ações de manutenção, definindo com precisão o escopo, os métodos, a periodicidade e os recursos necessários para cada atividade. Um PCM estruturado permite monitorar indicadores de desempenho, reduzir custos e aumentar a disponibilidade produtiva, tornando a manutenção mais preventiva e menos reativa.

Righetto (2020) complementa que a integração entre Engenharia de Manutenção, PCM e as ferramentas da Indústria 4.0 potencializa a Manutenção Preditiva, permitindo a detecção antecipada de falhas e a otimização de cronogramas de parada. Assim, a cultura de análise de resultados por indicadores é fortalecida, servindo como base para melhorias contínuas.

Portanto, a Engenharia de Manutenção e o PCM são pilares essenciais para garantir que os conceitos de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade sejam aplicados de forma prática. Para que esses conceitos se traduzam em resultados operacionais concretos, é imprescindível desenvolver e manter uma cultura robusta de avaliação por indicadores, transformando dados operacionais em estratégias de manutenção inteligentes.

## 5.4 Indicadores de Manutenção

Os indicadores podem mensurar o desempenho do processo, do produto ou do equipamento. Em relação à manutenção, existem dezenas de indicadores que podem ser utilizados para mensurar a performance dos equipamentos e o impacto dessa no processo de produção. Os indicadores de manutenção são ferramentas essenciais na indústria para monitorar e mensurar o desempenho na manutenção.

De acordo com Cavalcante *et al.* (2024), a utilização de indicadores de desempenho, como MTBF, MTTR e disponibilidade, desempenha um papel essencial na avaliação da confiabilidade e eficiência dos ativos. Além disso, Cavalcante *et al.* (2024) acrescentam que a integração desses indicadores em plataformas visuais, como *Dashboards*, permite ações corretivas rápidas e a implementação de melhorias contínuas nos processos de manutenção.

Segundo Gregório *et al.* (2018) MTBF, ou Tempo Médio entre Falhas, indica, em média, quando poderá ocorrer uma falha em determinado item. Responde à pergunta: em média, de quanto em quanto tempo este equipamento falha? Já o MTTR, Tempo Médio de Reparo, indica, em média, quanto tempo o equipamento demora para ser reparado após uma falha. Responde à seguinte questão: em média, quanto tempo demora para reparar este equipamento após um acontecimento de falha?

Com esses indicadores é possível mensurar a disponibilidade de um determinado equipamento, cujo conceito é definido pela NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade como sendo:

Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. (ABNT, 1994, p. 2).

A confiabilidade é a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.” (ABNT, 1994, p. 3).

Segundo Kardec e Nascif (2009), o tipo de disponibilidade que mais interessa às empresas é a operacional, pois é a que representa a avaliação mais real da disponibilidade. O cálculo da disponibilidade operacional é dado pela Equação 1.

$$\text{Disponibilidade Operacional (\%)} = \frac{TMEM}{TMEM + TMP} \times 100 \quad (1)$$

O termo TMEM significa Tempo Médio Entre Manutenções e o TMP é o Tempo Médio de Paralisações que inclui o tempo de manutenção, tempo de atrasos, espera de peças, deslocamentos e tudo o que impacta o tempo fora de operação.

### **5.5 Business Intelligence e Power BI**

Segundo Schaedler e Mendes (2021), na maioria das organizações, dados valiosos são armazenados em planilhas ou servidores enormes. Esses dados fornecem informações que podem ajudar a maximizar receitas, reduzir custos e direcionar as decisões em prol do crescimento e evolução empresarial. Para os autores, nesse contexto, soluções de *business intelligence* (BI) ajudam a produzir relatórios precisos por meio de dados extraídos diretamente da fonte, eliminando tarefas demoradas e complexas. Tais relatórios podem ser acessados e monitorados de qualquer lugar em tempo real.

Silva *et al.* (2023) enfatizam que empresas estão mergulhando em novas ferramentas que auxiliam na agilidade da coleta de dados, monitoramento em tempo real, acompanhamento de indicadores de desempenhos de máquinas, auxílio na análise rápida dos dados e que possibilitam a geração de dados mais precisos, de fácil visualização e interpretação.

*Business Intelligence*, ou Inteligência de Negócios é um conjunto de ferramentas, metodologias e processos que possibilitam a coleta, tratamento, análise e visualização de dados, com o objetivo de apoiar a tomada de decisões estratégicas, táticas e operacionais nas organizações. De forma geral, o objetivo central do BI é gerar informações estratégicas para uma gestão de negócios mais inteligente e mais assertiva (CRUZ, 2023). Essas ferramentas vêm, desde o século passado, sendo melhoradas e transformadas para atender as necessidades da indústria 4.0 (SILVA *et al.*, 2023).

Nesse contexto, o *Power BI*, ferramenta que dispõe dos recursos de BI desenvolvida pela Microsoft, destaca-se por sua interface amigável e ampla conectividade com diversas fontes de dados, como planilhas do Excel, bancos de dados relacionais (SQL Server, MySQL, Oracle), sistemas ERP, plataformas em nuvem e APIs de sistemas corporativos. Essa capacidade de integração facilita a consolidação de informações dispersas em um único ambiente visual e dinâmico.

De acordo com a Microsoft (2025), o *Power BI* funciona de forma integrada a partir de etapas fundamentais que garantem flexibilidade na conexão, transformação e análise de dados. O processo de utilização do *Power BI* pode ser dividido em etapas principais, resumidas no Quadro 1 a seguir.

**Quadro 1** - Etapas principais do funcionamento do *Power BI*.

| ETAPA                             | DESCRIÇÃO                                                                                             |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Conectar e preparar dados</b>  | Importar de diversas fontes (Excel, SQL, nuvem), limpar e modelar os dados.                           |
| <b>Modelar e combinar dados</b>   | Criar relacionamentos, adicionar cálculos e cruzar informações de diferentes origens.                 |
| <b>Criar relatórios e painéis</b> | Utilizar ferramentas de arrastar e soltar para construir visuais interativos.                         |
| <b>Explorar e analisar</b>        | Aplicar filtros, classificar dados e usar <i>drill down</i> para extrair <i>insights</i> .            |
| <b>Compartilhar e colaborar</b>   | Publicar relatórios no serviço online do <i>Power BI</i> e permitir trabalho em equipe em tempo real. |
| <b>Administrar e proteger</b>     | Gerenciar acesso, configurar segurança e monitorar o uso das informações.                             |

**Fonte:** Adaptado de Microsoft (2025).

Essas etapas ilustram como a ferramenta organiza o fluxo de dados, desde a preparação até a análise e compartilhamento, contribuindo para maior confiabilidade das informações utilizadas nos *dashboards*.

Dentro do ambiente do *Power BI* é possível criar medidas, colunas e tabelas a partir de linguagens de programação. Aspin (2017 *apud* Silva *et al.*, 2023) diz que as linguagens mais comuns de utilização é a DAX e a linguagem “M” do *Power Query*, mas que existem outras linguagens que podem ser desenvolvidas para criação de visuais e medidas.

Para garantir maior funcionalidade e performance na manipulação dessas informações, o *Power BI* faz uso do conceito de ETL (*Extract, Transform, Load*), que corresponde às etapas de extração, transformação e carga dos dados (Silva *et al.*, 2023). Segundo Ferreira *et al.* (2010 *apud* Silva *et al.*, 2023), esse processo envolve:

- *Extract* (Extração): coleta de dados de uma ou mais fontes (como bancos de dados ou planilhas);
- *Transform* (Transformação): engloba agregações, segmentações, correções, limpeza de inconsistências, entre outras ações de modelagem;
- *Load* (carga): inserção dos dados tratados em um *data warehouse* ou no próprio sistema de BI. É um tipo de vitrine onde os dados tratados ficam disponíveis, tornando-os prontos para serem utilizados em análises e *Dashboards* no próprio *Power BI*.

Finalizado esse processo, os dados ficam disponíveis para serem trabalhados dentro do *Power BI*, onde há basicamente três ambientes de trabalho que possibilitam o funcionamento dos visuais, sendo: Relatório, Dados e Modelo.

O ambiente modelo é utilizado para criar relações entre tabelas, definir métricas e organizar as dimensões de forma estruturada. Na área dados, o usuário pode visualizar as tabelas importadas, criar tabelas ou colunas usando o *Power Query* e DAX, além de ajustar as informações conforme necessário. Já no ambiente relatório, é feita a construção final dos *dashboards*, onde são criados os visuais gráficos e aplicadas as medidas, possibilitando uma análise de dados prática e interativa.

No âmbito da manutenção industrial, o uso do *Power BI* oferece benefícios significativos. Por meio dele, é possível consolidar informações provenientes de diferentes fontes, como OSs, registros de falhas, históricos de manutenção, horímetros, custos de peças e tempo de parada dos equipamentos. Essas informações, muitas vezes dispersas em planilhas ou sistemas distintos, podem ser integradas em *dashboards* interativos que permitem:

- Monitorar indicadores-chave de manutenção, como MTBF, MTTR e a Disponibilidade Operacional dos ativos;
- Identificar equipamentos com maior número de falhas ou com manutenção recorrente;
- Avaliar a eficiência das ações corretivas e preventivas, comparando tempos de resposta, custos envolvidos e reincidência de problemas;
- Gerar alertas visuais para serviços pendentes, componentes críticos em estoque mínimo ou vencimento de inspeções;
- Suportar a tomada de decisão baseada em dados, reduzindo a subjetividade e promovendo ações mais ágeis e assertivas.

Os estudos de caso reforçam a eficácia do *Power BI* na gestão da manutenção. Rêgo (2024) demonstrou que a implementação do *Power BI* em uma indústria de polpa de frutas proporcionou melhorias significativas na gestão de manutenção, aumentando a eficiência e reduzindo custos operacionais.

Da mesma forma, Pereira (2024) analisou a aplicação do *Power BI* na área de manutenção de uma empresa alimentícia, concluindo que a ferramenta promoveu melhorias na visualização de informações relacionadas a custos e apoiou a tomada de decisões estratégicas.

Além disso, Oliveira (2018) destacou a aplicabilidade do BI na gestão da manutenção em *facilities*, evidenciando o aumento da confiabilidade de sistemas prediais e de utilidades por meio da utilização de ferramentas de BI.

Portanto, a utilização do *Power BI* no contexto da manutenção industrial representa um avanço significativo rumo à manutenção baseada em dados (*data-driven maintenance*), promovendo ganhos em produtividade, redução de custos e aumento da confiabilidade dos equipamentos.

## **5.6 Sistemas de Gestão e Manutenção de Equipamentos**

Sistemas informatizados de gestão de manutenção têm sido amplamente adotados para monitorar e controlar as atividades de manutenção. Esses sistemas permitem o acompanhamento de indicadores de desempenho, planejamento de manutenções preventivas e corretivas, controle de custos e gestão de recursos humanos e materiais envolvidos nos processos de manutenção (MARQUES *et al.*, 2017).

A aplicação desses sistemas em ambientes industriais, como o controle de equipamentos de britagem, representa uma inovação prática, aproveitando sua estrutura para monitorar componentes de desgaste e automatizar processos de manutenção. Essa adaptação estende as funcionalidades do sistema para além da gestão de frotas, incorporando equipamentos fixos e críticos no processo produtivo, como britadores e peneiras vibratórias.

## 6. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, de natureza qualitativa e quantitativa, com abordagem exploratória e descritiva. A pesquisa foi desenvolvida em uma unidade de mineração localizada no interior do Rio Grande do Norte, tendo como objetivo a implementação e análise de indicadores de manutenção, por meio da integração entre *Power BI* e o SGM.

A metodologia envolveu as seguintes etapas:

- Mapeamento dos equipamentos e componentes críticos das linhas de britagem;
- Levantamento de dados operacionais e históricos de manutenção;
- Cadastro dos equipamentos e componentes no SGM, incluindo os planos de manutenções periódicas;
- Monitoramento de horímetros dos britadores para acompanhamento das horas trabalhadas;
- Implantação de indicadores de manutenção para análise dos equipamentos estudados;
- Elaboração de planilha de controle com registro dos serviços de manutenção;
- Criação de *dashboards* no *Power BI* com base nos dados registrados;
- Análise dos resultados e validação dos indicadores.

O objeto de estudo concentrou-se nos equipamentos envolvidos na produção de agregados miúdos, com foco nos britadores, considerados ativos críticos devido à sua elevada demanda por intervenções corretivas e preventivas. Esses equipamentos são responsáveis por reduzir blocos de rocha em tamanhos menores, adequados às exigências do mercado e às etapas subsequentes do processo produtivo.

O processo de britagem na unidade analisada ocorre em duas linhas de britagens primárias, que alimentam a etapa de britagem secundária. Cada linha é composta por diferentes tipos de britadores (mandíbulas e cônicos) além de esteiras transportadoras e peneiras e alimentadores vibratórios que formam o conjunto principal de equipamentos avaliados.

No Quadro 2 é descrito os equipamentos utilizados até o presente momento na unidade, as quantidades de cada equipamento e suas respectivas funções.

**Quadro 2** - Equipamentos de britagem da unidade de estudo.

| <b>Quantidade</b> | <b>Equipamento</b>                      | <b>Função</b>                                                                                                             |
|-------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2                 | Alimentadores Vibratórios               | Regulam o fluxo de material até a britagem primária.                                                                      |
| 2                 | Britador de Mandíbulas                  | Responsáveis pela britagem primária, onde ocorre a redução inicial do tamanho dos blocos das rochas.                      |
| 2                 | Peneiras Vibratórias ( <i>Scalper</i> ) | Responsáveis pela remoção de material fino advindo da britagem primária.                                                  |
| 2                 | Britadores Cônicos                      | Responsáveis pela britagem secundária (rebritagem), onde se busca o refino do material para as granulometrias comerciais. |
| 2                 | Peneiras Vibratórias (Classificação)    | Responsáveis pela separação por granulometria dos produtos da britagem secundária.                                        |
| 19                | Correias Transportadoras                | Garantem o transporte contínuo do material entre as etapas de britagem, peneiramento e estocagem.                         |

Fonte: Autor, 2025.

A Figura 2 apresenta os britadores em operação e os modelos utilizados na unidade, compondo o escopo da análise técnica.

**Figura 2** - Britadores presentes na unidade de estudo.

Fonte: Autor, 2025.

A metodologia deste trabalho foi estruturada em duas etapas complementares: (1) o cadastro dos britadores no SGM; e (2) a análise dos indicadores no *Power BI*, alimentados com os dados das manutenções nas linhas de britagens lançados em planilhas no Excel.

## 6.1 Cadastro dos Britadores no Sistema

A etapa de cadastro dos britadores no SGM consistiu no levantamento e organização das informações referentes aos principais componentes de desgaste dos britadores, incluindo suas referências, periodicidades de troca e demais dados relevantes, os quais foram cadastrados e sistematizados no SGM utilizado pela empresa.

O levantamento dos principais componentes de desgaste (ex.: mandíbulas, mantas, revestimentos e rolamentos) foi realizado a partir de consultas ao sistema de gestão empresarial Senior MegaXT, no qual tais itens já se encontram cadastrados em função de sua necessidade periódica de aquisição. Para assegurar a precisão das informações, recorreu-se aos manuais de instruções dos equipamentos, além do suporte do supervisor de manutenção, cuja experiência prática contribuiu para a validação dos dados e para a estimativa das periodicidades de troca dos componentes.

A Figura 03 mostra a tela do sistema na qual foram extraídos os componentes de desgaste dos britadores e a Figura 04 mostra uma página do manual de instruções (catálogo de peças) do britador cônico HP300 METSO, utilizado para assegurar as informações desses componentes.

**Figura 3 - Tela do sistema Senior MegaXT utilizado na pesquisa.**

<

Fonte: Autor, 2025.

**Figura 4** - Tela da lista de componentes do Manual de Instruções do HP300.

| <b>Metso</b> |             | Nordberg HP300 s/n HP300SOR0487 - BR<br>MM1601129_0 JOGO DE REVESTIMENTO |      |                   |
|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|
| Pos.         | N.º de peça | Descrição                                                                | Qde. | Peso líquido (kg) |
| 1            | MM1601135   | REVESTIMENTO DO BOJO                                                     | 1    | 868.2             |
| 2            | N55308267   | MANTA                                                                    | 1    | 780               |
| 3            | 80320620000 | ANEL CORTE                                                               | 1    | 11.0              |
| 4            | 1019578065  | PARAFUSO DE CABEÇA QUADRADA                                              | 6    | 1                 |
| 5            | 1051483199  | PORCA ESFÉRICA                                                           | 6    | 0.2               |
| 6            | 1056839413  | TRAVA DA PORCA                                                           | 6    | 0.6               |
| 7            | 1086342700  | CUNHA                                                                    | 6    | 2                 |
| 8            | 7001612062  | CONTRA PINO                                                              | 6    | 0.006             |
| 9            | N08010111   | COMPOSTO DE SUPORTE                                                      | 6    | 10                |
| 10           | 7028450751  | BARRA QUADRADA                                                           | 6    | .06               |
| 11           | 1070516700  | CALÇO                                                                    | 6    | 0.2               |
| 12           | 1063917418  | ANEL ADAPTADOR DO BOJO                                                   | 1    | 65                |
| 13           | 7002707040  | JUNTA DE POLIURETANO                                                     | 1    | .75               |
| 14           | N27093035   | CALÇO                                                                    | 6    | 0.4               |
| 15           | 7007503014  | GRAXA                                                                    | 1    | 1.8               |
| 16           | 7007503060  | GRAXA                                                                    | 1    |                   |

Fonte: METSO, 2023.

O quadro 3 apresenta a lista de componentes do britador cônico HP300 METSO com seus respectivos componentes de desgastes, referências e periodicidade de troca estimada.

**Quadro 3** - Componentes de desgaste do Britador Cônico HP300 METSO.

| COMPONENTES                        | REFERÊNCIA | PERIODICIDADE (horas) |
|------------------------------------|------------|-----------------------|
| Anel de Vedação T                  | 1063518725 | 2000                  |
| Anel de Vedação U                  | 1063518815 | 2000                  |
| Bomba de Lubrificação              | N02150060  | 2000                  |
| Bomba do Hidráulico                | MM0237480  | 2000                  |
| Bucha do Contraeixo                | 1022063300 | 2000                  |
| Bucha Excêntrica Interna           | 1022073307 | 2000                  |
| Bucha Inferior da Cabeça           | 1022145975 | 2000                  |
| Bucha Superior da Cabeça           | 7015656200 | 2000                  |
| Cilindro de Alívio                 | 1093030108 | 2000                  |
| Cilindro de Trava                  | 1094280065 | 2000                  |
| Kit Vedação Cilindro de Alívio     | 1093030109 | 2000                  |
| Kit Vedação Cilindro de Trava      | 1094280087 | 2000                  |
| Revestimento do Assento da Carcaça | 1048514410 | 2000                  |
| Revestimento do Contrapeso         | 1038018155 | 2000                  |
| Revestimento do Soquete            | 7035800600 | 2000                  |
| Filtro de Ar Britador              | N02445788  | 250                   |
| Filtro do Hidráulico               | MM0232736  | 2000                  |
| Filtro do Lubrificante             | 7002445751 | 2000                  |
| Manta STD XT710                    | N55308267  | 400                   |
| Revestimento                       | N55208281  | 400                   |
| Cone de Alimentação                | 7065558093 | 800                   |
| Proteção do Braço                  | 7022102502 | 2000                  |
| Proteção do Contraeixo             | 7022102500 | 2000                  |
| Proteção do Contraeixo             | 7022102501 | 2000                  |

Fonte: Autor, 2025.

Observa-se que a maioria dos componentes apresenta periodicidade de troca de 2000 horas ( $\approx 1$  ano), com exceção de peças como o filtro de ar (250h), a manta XT710 (400h) e o revestimento (400h), que exigem substituições mais frequentes.

O processo de cadastro dos britadores no SGM iniciou-se com a definição dos modelos dos equipamentos, seguido pelo cadastro dos equipamentos propriamente ditos, com a atribuição de prefixos padronizados conforme o tipo de britador. Após isso, foram cadastrados os componentes de desgaste dos britadores, caracterizados como subconjuntos. Por fim, esses componentes foram vinculados aos equipamentos correspondentes, assegurando que as horas trabalhadas sejam contabilizadas corretamente para cada item.

A Figura 5 exibe o processo de cadastro do modelo JC1200 FURLAN (MANDÍBULA). A Figura 6 mostra a tela do equipamento com prefixo BM-001.

**Figura 5 - Tela de cadastro de modelo de equipamentos.**

| Subconjuntos                        | Ciclo    | Simulado                                 |           |            |              |           |              |                           |             |           |
|-------------------------------------|----------|------------------------------------------|-----------|------------|--------------|-----------|--------------|---------------------------|-------------|-----------|
| #                                   | Controle | Subconjunto                              | Descrição | Horas Óleo | Horas Filtro | Horas SOS | Lubrificante | Descrição                 | Combustível | Descrição |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 58       | MANDÍBULA FIXA 06102L01401 FURLAN        | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 59       | MANDÍBULA MÓVEL JC12080 06102L01301 FURL | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 60       | CUNHA LATERAL INFERIOR JC1200            | 400       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 61       | CUNHA LATERAL SUPERIOR JC1200            | 800       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 62       | PLACA DE ENCOSTO JC1200                  | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 63       | CUNHA DE FIXAÇÃO MANDÍBULA DIREITA JC120 | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 64       | CUNHA DE FIXAÇÃO MANDÍBULA ESQUERDA JC12 | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |

Fonte: Autor, 2025.

**Figura 6 - Tela de cadastro de equipamentos.**

| Subconjuntos                        | Ciclo    | Simulado                                 |           |            |              |           |              |                           |             |           |
|-------------------------------------|----------|------------------------------------------|-----------|------------|--------------|-----------|--------------|---------------------------|-------------|-----------|
| #                                   | Controle | Subconjunto                              | Descrição | Horas Óleo | Horas Filtro | Horas SOS | Lubrificante | Descrição                 | Combustível | Descrição |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 58       | MANDÍBULA FIXA 06102L01401 FURLAN        | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 59       | MANDÍBULA MÓVEL JC12080 06102L01301 FURL | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 60       | CUNHA LATERAL INFERIOR JC1200            | 400       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 61       | CUNHA LATERAL SUPERIOR JC1200            | 800       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 62       | PLACA DE ENCOSTO JC1200                  | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 63       | CUNHA DE FIXAÇÃO MANDÍBULA DIREITA JC120 | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 64       | CUNHA DE FIXAÇÃO MANDÍBULA ESQUERDA JC12 | 500       |            |              | 170       |              | ADAPTAÇÃO PARA BRITADORES |             |           |

Fonte: Autor, 2025.

A Figura 7 detalha a definição do tipo de componente, com destaque para o Anel de Vedação T. A Figura 8 apresenta a vinculação do componente ao equipamento BC-002 (HP300 METSO).

**Figura 7 - Tela de cadastro do tipo de componentes.**

**Cadastro do Tipo Componente**

Gravar Fechar

Tipo Componente: 192

Descrição: ANEL DE VEDAÇÃO T HP300

Periodicidade Troca Óleo: 2000 Hora/Km

Periodicidade Análise Óleo: Meses

Aglutinação: 10 PEÇAS

Tipo

☒ Subconjunto ☐ Acessório ☐ Pneu ☐ Material Rodante

Itens

Arraste um cabeçalho da coluna aqui para agrupar por essa coluna

| Item                              | Descrição | Tipo |
|-----------------------------------|-----------|------|
| Clique aqui para definir o filtro |           |      |
| <Não há dados para apresentar>    |           |      |

<Filtro está vazio>

Atualizar Tela

Fonte: Autor, 2025.

**Figura 8 - Tela de cadastro de componentes ao equipamento.**

**Cadastro de Componente**

Gravar Fechar

Código: 2821 Nome do Componente: MANTA SDT XT710 Data de Cadastro: 10/12/2024 13:58:26

Classificação: ☒ Subconjunto ☐ Pneu ☐ Material Rodante Situação: ☒ Ok ☐ Reparo ☐ Garantia

Tipo Componente: 211 MANTA HP300 STD XT710 Idade Cronológica (Horímetro / KM): 768

Físico: 10.0120 MIN. E CONST MACAÍBA Horímetro / KM: 768

Modelo Componente: 290 PEÇAS Nº de Reparos: 0

Prefixo: BC-002 HP300 METSO (CONICO) Ciclo Medição: 0

Observações: REFERÊNCIA: N55308267 METSO

Subconjunto

Série: Responsável: Arranjo: Atualizar

Último Reparo: Óleo Completado: 0 Último Pedido de Serviço (PS):

Horímetro/km para troca do Óleo: 389 Data da última troca Filtro: Horímetro/km para troca SOS: 0

Horímetro/km da última troca do Óleo: 379 Horímetro/km da última troca Filtro: 0 Horímetro/km da última troca SOS: 0

Data da última troca do Óleo: 12/05/2025 15:36:12 Horímetro/km para troca Filtro: 0 Data da última troca SOS: 0

Quantidade de Meses última troca: 1 Quantidade de Meses última troca: 0 Quantidade de Meses última troca: 0

Fonte: Autor, 2025.

Nesta tela foi informado o prefixo do equipamento referente ao componente e inserida também a referência da peça que consta no manual de instruções. Esses procedimentos foram realizados para os demais britadores da unidade, os quais estão listados no Quadro 4.

**Quadro 4** - Equipamentos da unidade cadastrados no sistema.

| <b>PREFIXO</b> | <b>EQUIPAMENTO</b>         |
|----------------|----------------------------|
| BM-001         | JC1200 FURLAN (MANDÍBULA)  |
| BM-002         | JC12080 FURLAN (MANDÍBULA) |
| BC-001         | CS430 SANDVIK (CÔNICO)     |
| BC-002         | HP300 METSO (CÔNICO)       |

**Fonte:** Autor, 2025.

Ao finalizar o cadastro desses equipamentos, foi incluído para cada um deles, os planos de inspeção e verificação baseada nos manuais de instruções dos equipamentos com as respectivas periodicidades, gerados automaticamente como OSs de inspeção (preventiva).

Cada OS contém a descrição das atividades a serem realizadas. Assim, conforme os abastecimentos das horas trabalhadas são realizados, o momento de troca dos componentes se aproxima, pois, no cadastro dos componentes ao britador foi inserido uma estimativa do tempo de troca dos componentes, conforme mostrado na Figura 5. Como exemplo, a mandíbula fixa cadastrada como subconjunto 58 possui troca prevista para cada 500 horas de operação. Vale ressaltar que esses valores de periodicidade podem ser ajustados conforme o histórico de desgaste e novos dados operacionais.

Para viabilizar esse controle, foi criado um insumo específico no sistema (item 170 – "Adaptação para Britadores") como lubrificante padrão, permitindo a operacionalização dos ciclos de manutenção nos britadores.

A Figura 9 mostra a tela de cadastro das OSs, onde se têm os serviços a serem realizados no ciclo 4, denominado OS2, que inclui os serviços a serem realizados com 200h ou mensalmente, bem como os serviços da OS1 (50h ou semanalmente). O Anexo 1 mostra um exemplo de OS gerada pelo sistema.

As OSs são geradas automaticamente pelo sistema conforme os abastecimentos atingem a periodicidade de cada ciclo (a cada 50h, 200h etc.). Os abastecimentos são realizados diariamente através do monitoramento dos horímetros instalados em todos os equipamentos, desde que tenham funcionado.

Figura 9 - Tela de cadastro das OSs.

**Cadastro do Modelo de Equipamento**

Gravar Fechar

Modelo: 1.091.03

Descrição: HP300 METSO (CONICO)

Fabricante: 20 METSO

Sigla: BR

Consumo: 0

Unidade: L/H

Máximo Mês: 0

Curva: 6 3200

Fator 1T EFP: 0,00

Padrão APO: 0,00

Aquisição:

Moeda: R\$ 0,00

Data: R\$ 0,00

Simulado: R\$ 0,00

Aluguel:

Horas Mínimas: 0

Preço: R\$ 0,00

PREVIX:

Insumo:

Subconjuntos Ciclos Simulado

| #  | Ciclo | Horas | Lubrificação                     | Manutenção                       | Tipo       | Descrição |
|----|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|------------|-----------|
| 1  | 50    |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 2  | 100   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 3  | 150   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 4  | 200   |       | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS2       |
| 5  | 250   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS3       |
| 6  | 300   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 7  | 350   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 8  | 400   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS2       |
| 9  | 450   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |
| 10 | 500   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS4       |
| 11 | 550   |       | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> | Manutenção | OS1       |

<Filtro está vazio>

Ordem de Serviço HP300 (200h)

- 1 - ( ) Verifique a pressão de pré-carga do acumulador e adicione nitrogênio, se necessário.
- 2 - ( ) Verifique o pinhão no mecanismo de ajuste e o anel de acionamento na tampa de ajuste n
- 3 - ( ) Teste todos os alarmes, luzes de alarmes e engrenamentos em ambos os sistemas de lubr
- 4 - ( ) Verifique o motor elétrico e lubrificante por recomendações da manufatura.
- 5 - ( ) Libere o conjunto do bojo da posição de britagem e rotacione-o, de costas para frente.
- 6 - ( ) Verifique se há sujeira e impurezas no óleo lubrificante. Troque-o se necessário.
- 7 - ( ) Analise o óleo para níveis de contaminação.
- 8 - ( ) Verifique a Folga Axial.

Ordem de Serviço HP300 (50h)

- 01 - ( ) Verificar os respiros da carcaça do contaxeiro e do tanque de óleo.
- 02 - ( ) Verificar se há vazamentos de óleo na tubulação.
- 03 - ( ) Verificar a manta e a placa de alimentação do revestimento do bojo quanto a rigidez e de
- 04 - ( ) Engraxar as rosas do anel de ajuste com o bojo destravado para então posteriormente
- 05 - ( ) Inspeccionar se há cavacos de metais no filtro de óleo dentro do tanque.
- 06 - ( ) Verificar o movimento do anel de ajuste.

Atualizar Tela

Fonte: Autor, 2025.

Os *checklists* de inspeção e verificação diária (a cada 10h trabalhadas) baseados no manual de instruções dos equipamentos também foram elaborados com o objetivo de averiguar se o equipamento está apto para operação e que, em casos de não conformidades, deve ser registrada na ficha e repassada para o setor de manutenção. Um exemplo de *checklist* para o britador de mandíbulas JC1200 FURLAN é mostrado no Anexo 2.

## 6.2 Implantação dos Indicadores de Manutenção

Devido à limitação do SGM em gerar relatórios exportáveis contendo dados consolidados dos serviços e equipamentos, foi estruturada uma planilha de controle destinada ao monitoramento das ações de manutenção realizadas nas linhas de britagem, com vistas à posterior análise por meio do *Power BI*. A planilha contém a seguinte estrutura:

- Linha: setor da britagem (Britagem 1, Britagem 2 e Rebritagem)
- Equipamento: britadores, peneiras, transportadores de correia;
- Serviço: descrição do serviço a ser realizado;
- Executante: responsável pela execução;
- Pessoas envolvidas: quantidade de participantes no serviço;
- Tipo: tipo de manutenção/serviço (corretiva, preventiva, instalação);
- Setor responsável: caldeiraria, mecânica, elétrica;
- Data: data de geração do serviço;

- Início da execução: data que iniciou o serviço;
- Final da execução: data que finalizou o serviço;
- Status: pendente ou concluído;
- Observação: possíveis observações a serem incluídas.

A Figura 10 mostra a planilha criada para a coleta desses dados. Essa base consolidada viabiliza o tratamento analítico dos registros operacionais.

**Figura 10 - Planilha de coleta de dados para geração de indicadores.**

| LINHA | EQUIPAMENTO | SERVIÇO           | EXECUTANTE                                    | PESSOAS ENVOLVIDAS | TIPO | SETOR RESPONSÁVEL | DATA        | INÍCIO DE EXECUÇÃO | FINAL DE EXECUÇÃO | STATUS     | OBS       |
|-------|-------------|-------------------|-----------------------------------------------|--------------------|------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|------------|-----------|
| 94    | BRITAGEM 01 | BM - JC1200       | Verificar tensão das correias                 | Adriano            | 1    | PREVENTIVA        | MECÂNICA    | 20/05/2025         | 22/05/2025        | 22/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 95    | BRITAGEM 02 | BM - JC12080      | Verificar tensão das correias                 | Adriano            | 1    | PREVENTIVA        | MECÂNICA    | 20/05/2025         | 22/05/2025        | 22/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 96    | REBRITAGEM  | BC - HP300        | Verificar tensão das correias                 | Adriano            | 1    | PREVENTIVA        | MECÂNICA    | 20/05/2025         | 22/05/2025        | 22/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 97    | BRITAGEM 01 | BM - JC1200       | Virada de mandíbula fixa                      | Jarian             | 5    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 98    | BRITAGEM 01 | PV30012 (SCALPER) | Recuperação de cantoneira de apoio da bandeja |                    |      | CORRETIVA         | CALDEIRARIA | 23/05/2025         |                   |            | PENDENTE  |
| 99    | BRITAGEM 01 | PV30012 (SCALPER) | Troca de polia do motor                       |                    |      | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         |                   |            | PENDENTE  |
| 100   | BRITAGEM 01 | PV30012 (SCALPER) | Soldar pé do motor                            |                    |      | CORRETIVA         | CALDEIRARIA | 23/05/2025         | 01/07/2025        | 01/07/2025 | CONCLUÍDO |
| 101   | BRITAGEM 02 | BM - JC12080      | Troca de mandíbula móvel                      | Jarian             | 5    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 102   | REBRITAGEM  | TRANSP.TC10       | Reforma do pé direito                         |                    |      | CORRETIVA         | CALDEIRARIA | 23/05/2025         |                   |            | PENDENTE  |
| 103   | REBRITAGEM  | BC - CS430        | Troca de bucha da aranha                      | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         | 03/06/2025        | 03/06/2025 | CONCLUÍDO |
| 104   | REBRITAGEM  | TRANSP.TC07       | Troca de rolamentos do acionamento            | Adriano            | 5    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         | 31/05/2025        | 31/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 105   | REBRITAGEM  | PV50020 (CAIXA)   | Concluir troca de perfil do 1º deck           |                    |      | CORRETIVA         | CALDEIRARIA | 23/05/2025         |                   |            | PENDENTE  |
| 106   | REBRITAGEM  | PV50020 (CAIXA)   | Alinhar cardan (subir base ou motor)          | Adriano            | 3    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 23/05/2025         | 11/06/2025        | 11/06/2025 | CONCLUÍDO |
| 107   | REBRITAGEM  | BC - CS430        | Ajuste na tensão das correias                 | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 108   | BRITAGEM 01 | PV30012 (SCALPER) | Troca de correia do motor                     | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 109   | BRITAGEM 01 | BM - JC1200       | Troca de 6 parafusos da proteção do volante   | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 110   | REBRITAGEM  | BC - CS430        | Mudança na chaveta do excêntrico              | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 111   | REBRITAGEM  | BC - CS430        | Substituição da manta                         | Adriano            | 5    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 112   | REBRITAGEM  | BC - CS430        | Troca do revestimento                         | Adriano            | 5    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 24/05/2025         | 24/05/2025        | 24/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 113   | BRITAGEM 02 | BM - JC12080      | Troca de 4 paraf. De fixação                  | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 22/05/2025         | 22/05/2025        | 22/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 114   | BRITAGEM 02 | BM - JC1200       | Recuperação dos pinos das molas               | Edson              | 2    | CORRETIVA         | CALDEIRARIA | 30/05/2025         | 07/06/2025        | 07/06/2025 | CONCLUÍDO |
| 115   | BRITAGEM 01 | TRANSP.TC01       | Trocar rolo de cauda                          | Adriano            | 2    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 30/05/2025         | 31/05/2025        | 31/05/2025 | CONCLUÍDO |
| 116   | REBRITAGEM  | TRANSP.TC06       | Reforma da passarela (Alinhamento)            | Carlinhos          | 4    | CORRETIVA         | MECÂNICA    | 30/05/2025         | 31/05/2025        | 31/05/2025 | CONCLUÍDO |

Fonte: Autor, 2025.

O processo de criação dos indicadores de manutenção seguiu a metodologia ETL (*Extract, Transform, Load*), consolidada em sistemas de *Business Intelligence*:

- **Extract (Extração):** coleta de dados diretamente da planilha estruturada;
- **Transform (Transformação):** limpeza, categorização e modelagem dos dados no ambiente Power Query;
- **Load (Carga):** inserção dos dados tratados no *Power BI*, possibilitando análises dinâmicas.

Dentro do *Power BI*, para possibilitar essas análises, foram criadas medidas específicas utilizando a linguagem DAX, abrangendo a contagem total de serviços, a filtragem por status (concluídos e pendentes) e o cálculo do desempenho percentual. Além disso, foi elaborada uma tabela calendário para relacionar os registros com datas reais, permitindo aplicar filtros dinâmicos por ano, mês ou dia da semana.

O Quadro 5 apresenta um resumo das principais medidas desenvolvidas, descrevendo suas funções, as fórmulas DAX aplicadas e os visuais onde cada uma foi utilizada. Ressalta-se que 'MANUTENÇÃO\_FINAL\_DE\_SEMANA' corresponde ao nome da tabela de dados importada da planilha de controle, na qual cada linha representa um serviço individual.

**Quadro 5** - Resumo das principais medidas DAX criadas no *Power BI*.

| Medida              | Fórmula DAX                                                                                                                                                                          | Descrição                                                                                                                         | Visuais Aplicados                                                                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qtd Serviços        | <code>Qtd Serviços = COUNTROWS ('MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA')</code>                                                                                                                 | Conta o total de linhas da planilha, equivalente ao total de serviços;                                                            | - Gráfico de rosca (Status),<br>Colunas horizontais (Tipo de Manutenção, Linha, Setor, Equipamentos);<br>- Cartão (total). |
| Qtd Serv Concluídos | <code>Qtd Serv Concluídos = CALCULATE (COUNTROWS('MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA'), FILTER ('MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA', 'MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA' [STATUS]="Concluído")) + 0</code> | Filtra e conta apenas os serviços com status "Concluído".                                                                         | - Gráficos de colunas verticais (período);<br>- Tabela Resumo por setor responsável.                                       |
| Qtd Serv Pendentes  | <code>Qtd Serv Pendentes = CALCULATE (COUNTROWS('MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA'), FILTER ('MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA', 'MANUTENÇÃO_FINAL DE SEMANA' [STATUS]="Pendente"))+0</code>     | Filtra e conta apenas os serviços com status "Pendente".                                                                          | - Tabela Resumo por setor responsável.                                                                                     |
| Desempenho          | <code>Desempenho = 'Medidas' [Qtd Serv Concluídos]/ 'Medidas'[Qtd Serviços]</code>                                                                                                   | Calcula o percentual de serviços concluídos em relação ao total.                                                                  | - Tabela Resumo por setor responsável.                                                                                     |
| Tabela Calendário   | <code>Calendário = calendar(date (2025,1,1), today())</code>                                                                                                                         | Cria uma tabela de datas para relacionar os registros dos serviços com datas reais do calendário, permitindo filtros por período. | - Segmentações por ano e mês nos visuais de linha do tempo e filtros do painel.                                            |

Fonte: Autor, 2025.

Dessa forma, a combinação entre a estrutura da planilha, o processo ETL, as medidas criadas em DAX e a aplicação dos visuais no *Power BI* consolidou a geração de indicadores dinâmicos, que facilitam o acompanhamento das manutenções das linhas de britagem.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cadastro estruturado dos britadores e de seus principais componentes no SGM da empresa, aliado ao desenvolvimento de indicadores no *Power BI*, marca uma etapa inicial e estratégica para a melhoria do controle e da gestão das atividades de manutenção nas linhas de britagem. Apesar de se tratar de uma implementação recente, sem um histórico consolidado para análises comparativas, essa integração tecnológica já proporciona maior organização dos dados operacionais, rastreabilidade dos ativos e uma base sólida para futuras análises críticas sobre o desempenho da manutenção, contribuindo para o amadurecimento contínuo dos processos.

### 7.1 Cadastro dos Britadores no Sistema de Gestão de Manutenção

#### 7.1.1 Centralização das informações e facilidade de consulta

Antes do cadastro estruturado, as informações sobre os britadores e seus componentes de desgaste estavam dispersas, muitas vezes restritas ao conhecimento informal de alguns colaboradores mais experientes. Com a formalização dessas informações no SGM, foi possível consolidar os dados em um ambiente único, padronizando nomenclaturas, referências técnicas e critérios de substituição.

Essa padronização facilita a consulta por qualquer colaborador autorizado, especialmente no momento de aquisição de peças de reposição. Mesmo na ausência de quem detém o conhecimento prático, qualquer membro da equipe pode acessar as referências extraídas dos manuais de instruções, reduzindo erros na compra de itens, evitando dúvidas sobre especificações técnicas e tornando o processo de compras mais ágil e assertivo.

#### 7.1.2 Acompanhamento das Periodicidades de Troca de Componentes

O controle das trocas dos componentes críticos era feito manualmente, por meio de fichas em papel preenchidas à mão. Nessas anotações constavam apenas informações básicas, como a data da troca e, eventualmente, a leitura do horímetro. Contudo, alguns campos permaneciam em branco e a ausência de padronização dificultava a rastreabilidade dos dados, a análise da vida útil dos componentes e a confiabilidade das informações para o planejamento das manutenções. A Figura 11 ilustra um exemplo desse formato de controle anterior, utilizado para o britador BM-002 (JC12080).

**Figura 11** - Acompanhamento das trocas de componentes anteriormente.

| BRITADOR JC12080 |           |                            |
|------------------|-----------|----------------------------|
| Linha 02         |           |                            |
| DATA             | HORÍMETRO | DESCRIÇÃO                  |
| 8/5/027          | 8438      | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 22/5/027         | 2887      | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 4/2/027          | 9820      | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 14/5/022         | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 3/9/022          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 5/7/022          | 7824      | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 27/11/22         | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 7/4/23           | 785       | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 29/9/023         | 7845      | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 29/10/023        | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 27/1/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 17/2/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 23/4/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 22/9/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| Linha 01         |           |                            |
| DATA             | HORÍMETRO | DESCRIÇÃO                  |
| 8/5/027          | 05300-23  | TROCA 2 MANDÍBULA 8. DENTE |
| 17/11/027        | 06081-54  | TROCA 1 MANDÍBULA 8. DENTE |
| 14/2/22          | 06523-81  | TROCA 1 MANDÍBULA 8. DENTE |
| 25/8/22          | 070200    | TROCA 1 MANDÍBULA 8. DENTE |
| 22/1/23          | 11502     | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 18/2/023         | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 29/7/023         | 079460    | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 79/5/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 79/5/24          | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |
| 03/12/24         | -         | TROCA MANDÍBULA 8. DENTE   |

Fonte: Autor, 2025.

Com o cadastro dos britadores e de seus respectivos componentes críticos no SGM, o processo passa a ser mais informatizado e estruturado. Agora, cada item de desgaste pode ser vinculado ao equipamento correspondente, com a inserção de referências, periodicidades e parâmetros técnicos de troca, estabelecendo planos de manutenção com maior confiabilidade técnica.

A alimentação diária dos horímetros tornou possível acompanhar a vida útil dos componentes de forma preditiva. A Figura 12 ilustra esse acompanhamento para o britador BM-002. Esse processo favorece intervenções alinhadas com o desgaste real dos componentes, minimizando riscos de falhas e otimizando a disponibilidade dos equipamentos.



Para reforçar essa rotina, foram elaborados *checklists* de inspeção diária, que ficaram vinculados às OSs geradas. Essa padronização das verificações assegura que pontos críticos dos equipamentos sejam avaliados de forma sistemática, contribuindo para a identificação precoce de anomalias e potenciais falhas, além de facilitar o registro das condições dos britadores ao longo do tempo, criando um histórico confiável da manutenção.

Além disso, o sistema passou a contemplar tanto as OSs automáticas, baseadas nas periodicidades definidas nos ciclos de manutenção (manutenções preventivas e inspeções), quanto as OSs de ocorrências cadastradas manualmente, destinadas a manutenções corretivas programadas ou não programadas. A Figura 13 apresenta um modelo de OS de ocorrência para o britador BM-001 registrada no SGM.

Figura 13 - Tela de cadastro de OS de ocorrência.

GravarImprimirFechar

O.S.: 100120007772Data de Criação da OS.: 15/07/2025 13:37:32

Tipo

☐ Lubrificação

☐ Manutenção

☐ Reparo

☒ Registro de Ocorrência

☐ Eventual Preventiva

☐ Outros

Componentes

☐ Motor

☐ Hidráulico

☐ Transmissão

☐ Diferencial

☐ Outros

Prefixo: BM-001JC1200 FURLAN (MANDIBULA)

Financeiro: 10.0120MIN. E CONST MACAIBA

Ciclo:

Mecânico:

Engenheiro:

Horímetro Previsto: 864

Data Ocorrência: 12/07/2025

Acumulado Previsto: 14840

Data Execução: 12/07/2025 07:00

Horímetro Execução:

Data Conclusão: 12/07/2025 12:00

Acumulado Execução:

Valor do Reparo:

Serviços à Realizar:

Serviços Programados:

- Troca de Mandibula de 7 dentes.

- Reparo na Proteção do Volante.

ItensFotos

Arraste um cabeçalho da coluna aqui para agrupar por essa coluna

| Item                           | Grupo | Descrição | Prefixo | Descrição | Tipo Subconjunto | Descrição |
|--------------------------------|-------|-----------|---------|-----------|------------------|-----------|
| <Não há dados para apresentar> |       |           |         |           |                  |           |

Fonte: Autor, 2025.

Essa integração entre a programação de serviços, *checklists* e execução fortalece a confiabilidade do processo e amplia o controle das atividades de manutenção.

7.1.4 Visibilidade e Rastreabilidade dos Equipamentos

Como o grupo possui várias unidades de produção, alguns britadores podem ser mobilizados ou desmobilizados — transferidos de uma unidade para outra conforme a necessidade operacional.

Assim, o cadastro estruturado no SGM permite também maior visibilidade e rastreabilidade dos equipamentos, incluindo aqueles em operação e podendo incluir os equipamentos em estoque de reserva.

A Figura 14 mostra um exemplo de mobilização do britador cônico BC-001.

**Figura 14 - Tela de cadastro de Mobilização/Desmobilização.**

**Cadastro de Mobilização e Desmobilização**

Gravar Fechar

Código: 7209

Prefixo: BC-001 ... CONJUNTO FIXO DE BRITAGEM C5430 SANDVIK (CONICO) Horímetro: 1.281

Operação: ☐ Mobilização ☒ Desmobilização

Destinado: ☐ Apoio ☒ Produção ☐ Outros

Origem: 10.0120 ... MIN. E CONST MACAÍBA

Desmobilizado: 10.0210 ... CARAUBAS

Data: 12/07/2025 ▼

Transportador: Motorista: Operador:

Itens do Equipamento:

☐ Marcar Todos ☒ Desmarcar Todos ☐ Inverter Marcação

|                                                          |                                                  |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> CATÁLOGO                        | <input type="checkbox"/> MACACO 15 T             |
| <input type="checkbox"/> MANUAL DE OPERAÇÃO/MANUTENÇÃO   | <input type="checkbox"/> CHAVE DE CONTATO        |
| <input type="checkbox"/> PASTA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO | <input type="checkbox"/> PNEU DE STEPE / RESERVA |
| <input type="checkbox"/> EXTINTOR 2KG                    | <input type="checkbox"/> CAIXA DE FERRAMENTAS    |
| <input type="checkbox"/> TRIÂNGULO                       | <input type="checkbox"/> ESTOJO DE 1º SOCORROS   |
| <input type="checkbox"/> CHAVE DE RODA                   | <input type="checkbox"/> OUTROS                  |

Observação:

Fonte: Autor, 2025.

Essa rastreabilidade torna o processo de controle mais ágil e preciso, permitindo registrar essas movimentações, criando um histórico das transferências, auxiliando a gestão na localização dos ativos e na definição de prioridades de manutenção ou movimentação, de forma similar ao que é realizado com as demais máquinas e equipamentos móveis.

## 7.2 Análise dos Indicadores no *Power BI*

A criação e utilização do painel no *Power BI* permitiu maior organização, visibilidade e rastreabilidade das atividades de manutenção realizadas na unidade. O painel consolidou as informações registradas em planilhas Excel, preenchidas com base no acompanhamento manual das manutenções, devido à limitação do SGM em gerar relatórios exportáveis automaticamente.

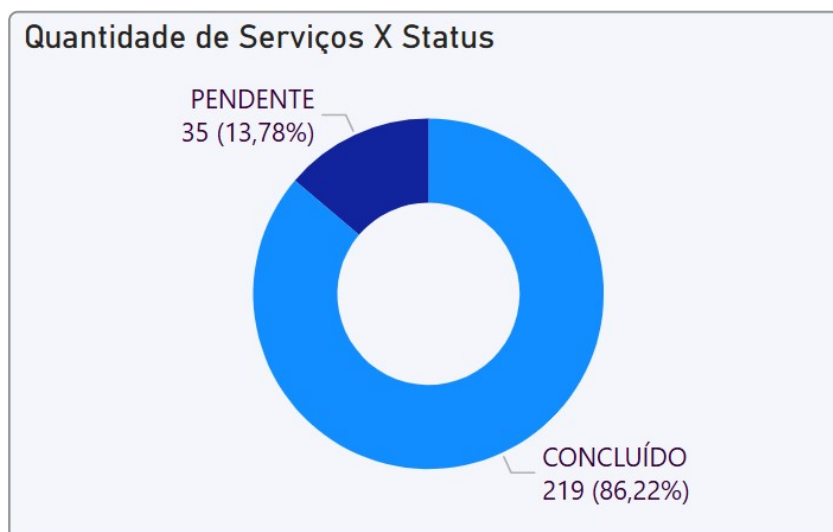
Embora não tenha ocorrido uma integração automática entre o SGM e o *Power BI*, ambos os sistemas se complementaram na melhoria da gestão da manutenção, oferecendo suporte prático à tomada de decisão orientada por dados.

Os resultados obtidos com a coleta de dados das manutenções das linhas de britagem da unidade analisada, os quais estão contidos no painel são detalhadas a seguir.

### 7.2.1 Quantidade de Serviços x Status

A Figura 15 apresenta o gráfico da quantidade de serviços gerados comparado ao status de cada serviço, gerados entre os meses de março e junho de 2025.

**Figura 15** - Distribuição dos serviços por status (concluído e pendente).



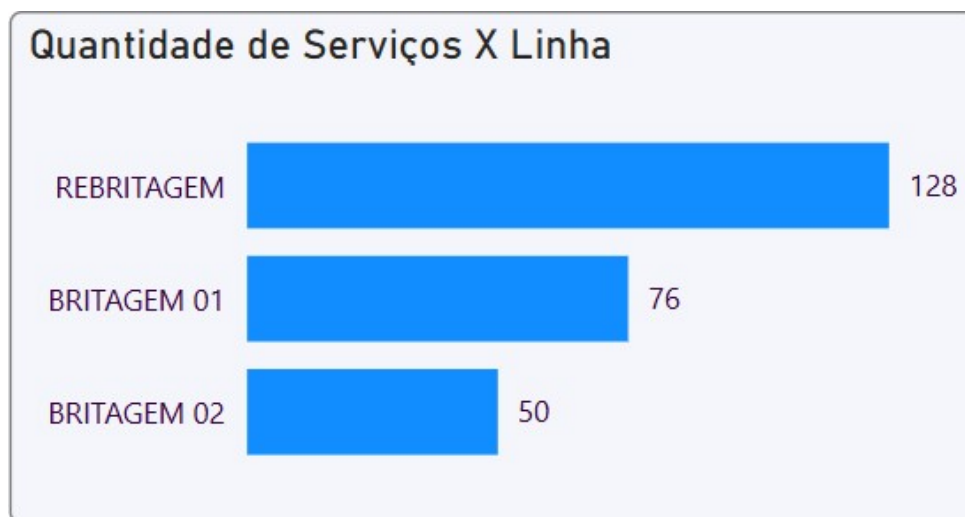
**Fonte:** Autor, 2025.

O gráfico revela que, do total de 254 serviços gerados no período analisado, 219 foram concluídos (86,22%) e 35 permaneciam pendentes (13,78%) ao final do período analisado. Esse indicador demonstra uma taxa elevada de execução, mas sinaliza a importância de mitigar pendências recorrentes, especialmente aquelas associadas à indisponibilidade de peças ou conflitos de agenda operacional.

### 7.2.2 Quantidade de Serviços x Linha

A Figura 16 apresenta o gráfico da quantidade de serviços gerados comparado as linhas de britagem da unidade analisada, gerados entre os meses de março e junho de 2025.

**Figura 16** - Quantidade de serviços realizados por linha de britagem.



Fonte: Autor, 2025.

A análise por linha aponta a Rebritagem como o setor com maior número de serviços gerados (128), seguida da Britagem 01 (76) e Britagem 02 (50). Esse resultado indica que a Rebritagem representa um setor crítico, com maior incidência de intervenções, possivelmente relacionada à maior quantidade de equipamentos e à complexidade das operações nesta etapa., pois este conta com números de transportadores de correias, britadores e peneiras superior aos números de equipamentos das britagens primárias (Britagem 01 e 02).

A linha de Britagem 01 se apresenta a frente da linha de Britagem 02 no ranking de serviços gerados, o que pode ser em decorrência da Britagem 01 ser uma linha de britagem mais antiga, sendo a Britagem 02 instalada mais recentemente, com seus equipamentos em melhor estado de conservação.

### 7.2.3 Equipamentos com Maior Incidência de Serviços

Além da análise por linha de britagem, também se faz necessário avaliar os equipamentos individualmente, a fim de identificar quais deles apresentam maior frequência de manutenções.

A Figura 17 apresenta o gráfico da quantidade de serviços gerados com relação aos equipamentos, entre os meses de março e junho de 2025.

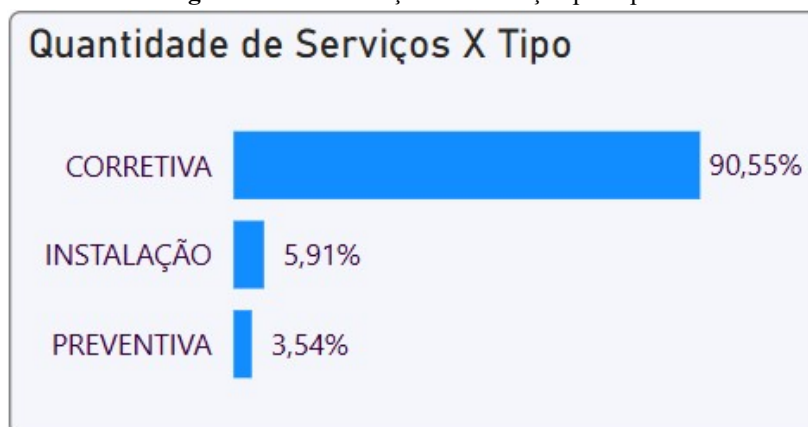
**Figura 17** - Equipamentos com maior número de serviços.

Fonte: Autor, 2025.

Os equipamentos com maior número de serviços registrados no período analisado foram o BM - JC1200 (39), BC - CS430 (30) e a Peneira PV50020 (CAIXA) (28). Esse tipo de análise contribui para o reconhecimento de ativos com alta demanda de manutenção, viabilizando ações específicas como revisão de projeto, plano de reposição ou ajuste operacional. A identificação dos equipamentos mais críticos permite planejar ações para mitigar falhas recorrentes, investigar causas raízes dos serviços e, quando necessário, providenciar a troca do equipamento ou implementar melhorias no processo operacional.

#### 7.2.4 Quantidade de Serviços x Tipo

A Figura 18 apresenta o gráfico da quantidade de serviços gerados com relação ao tipo de manutenção ou serviço, entre os meses de março e junho de 2025.

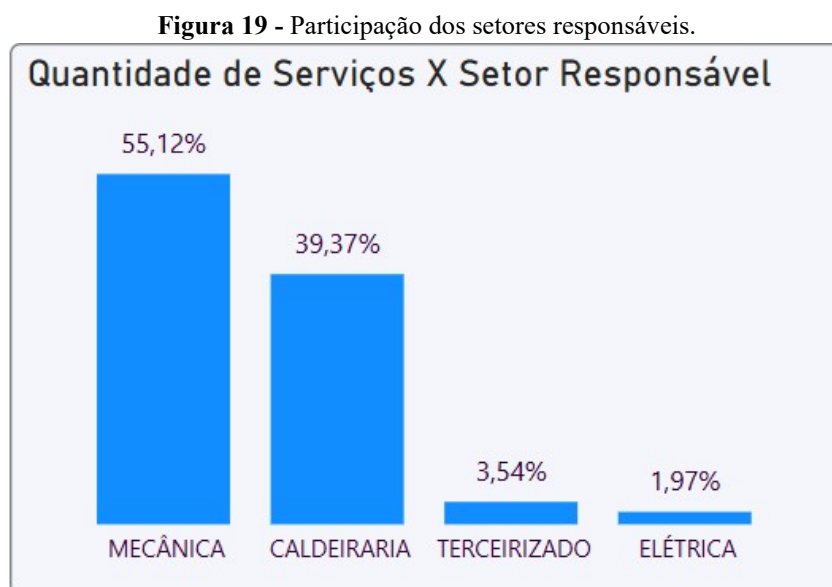
**Figura 18** - Distribuição dos serviços por tipo.

Fonte: Autor, 2025.

Os serviços corretivos representaram 90,55% das OSs geradas no período, enquanto os serviços de instalação corresponderam a 5,91% e os de serviços preventivos, correspondendo a apenas 4,10%. A predominância de ações corretivas sugere a necessidade de reforçar os planos preventivos e a cultura de manutenção proativa, com maior adesão aos *Checklists* de inspeção e controle preditivo.

#### 7.2.5 Análise dos Serviços por Setor Responsável

A Figura 19 apresenta o gráfico da quantidade de serviços gerados por setor responsável da unidade analisada, gerados entre os meses de março e junho de 2025. Essa análise possibilita alocação mais precisa de recursos humanos e revisão dos gargalos operacionais em setores com desempenho inferior.



Fonte: Autor, 2025.

O gráfico demonstra que o setor Mecânico foi o responsável pela maior parte das OSs, correspondendo a 55,12% do total. Isso está diretamente relacionado ao tipo de equipamentos e falhas mais comuns nas linhas de britagem, em que a maior parte das intervenções envolve ajustes, substituições e reparos em componentes mecânicos como rolamentos, correias, acoplamentos e elementos de transmissão.

Em segundo lugar, o setor de Caldeiraria respondeu por 39,37% das OSs, evidenciando a necessidade frequente de serviços ligados à estrutura metálica, soldas e reparos em alimentadores, peneiras, tremonhas e suportes das instalações.

Os setores Terceirizado e Elétrico participaram em menor escala das OSs, com 3,54% e 1,97%, respectivamente. Isso se justifica pelo menor volume de intervenções exigidas nessas áreas ou pela terceirização pontual de serviços mais específicos e especializados.

O Quadro 6 apresenta uma análise numérica generalizada dos serviços gerados no período analisado, incluindo o desempenho das equipes responsáveis.

Quadro 6 - Análise dos desempenhos dos setores.

| SETOR        | GERAL | CONCLUÍDOS | PENDENTES | DESEMPENHO |
|--------------|-------|------------|-----------|------------|
| CALDEIRARIA  | 100   | 75         | 25        | 75,00%     |
| MECÂNICA     | 140   | 130        | 10        | 92,86%     |
| ELÉTRICA     | 5     | 5          | 0         | 100,00%    |
| TERCEIRIZADO | 9     | 9          | 0         | 100,00%    |

Fonte: Autor, 2025.

A análise do desempenho mostra que o setor Mecânico apresentou um desempenho elevado, com 92,86% dos serviços concluídos, refletindo boa produtividade e efetividade na execução das OSs. A Caldeiraria obteve um desempenho de 75%, indicando a necessidade de atenção para reduzir o volume de pendências e possivelmente revisar o planejamento ou fornecimento de recursos para esse setor. Os setores de Elétrica e Terceirizado alcançaram 100% de conclusão, mas com volume reduzido de serviços atribuídos.

7.2.6 Análise dos Serviços Concluídos no Tempo

A Figura 10 e a Figura 21 apresentadas a seguir, demonstram a distribuição dos serviços concluídos por dia da semana e por mês. Essas análises permitem identificar padrões operacionais e ajustar o planejamento da manutenção de forma mais estratégica.

Figura 20 - Serviços concluídos por dia da semana.



Fonte: Autor, 2025.

O gráfico da Figura 20 evidencia que o sábado concentra o maior número de serviços concluídos (121 serviços), o que reflete o planejamento da unidade em priorizar as manutenções programadas nos finais de semana. Essa prática visa minimizar impactos na produção durante os dias úteis. Os demais dias da semana apresentam volumes significativamente menores, com destaque para a segunda-feira (29 serviços), possivelmente relacionada ao encerramento ou complemento de serviços iniciados no final de semana ou à realização de manutenções emergenciais identificadas durante a retomada das operações.

A análise mensal da Figura 21 mostra estabilidade entre os meses de março (66 serviços), abril (60) e maio (62), seguida por uma redução expressiva em junho (31 serviços). Essa queda, no entanto, não reflete necessariamente um menor volume de serviços realizados, mas se deve ao fato de o mês de junho ainda estar em andamento no momento da coleta dos dados. É importante destacar que as principais manutenções são concentradas no final de semana, e os dados de junho foram coletados antes da finalização do mês, quando novos serviços ainda seriam realizados.

**Figura 21** - Serviços concluídos por mês.

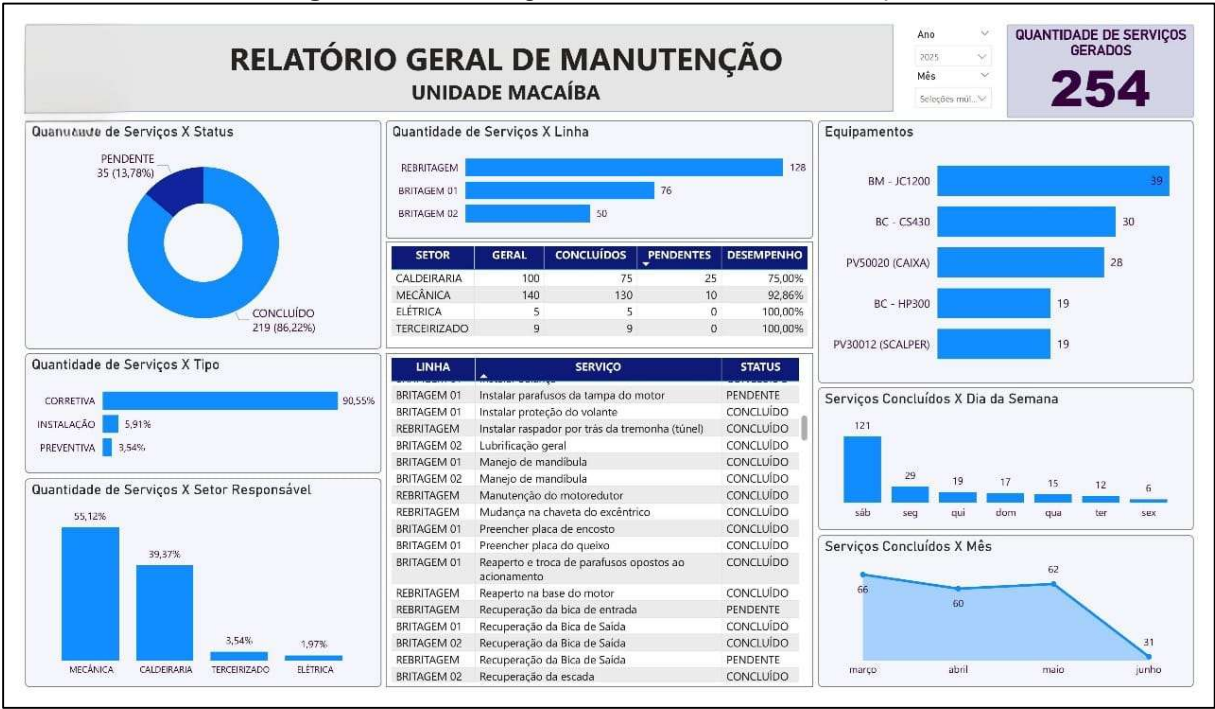


Fonte: Autor, 2025.

#### 7.2.7 Descrição Geral do *Dashboard*

A Figura 22 apresenta o painel geral consolidado com filtros interativos e métricas automatizadas.

Figura 22 - Relatório geral dos indicadores de manutenção.



Fonte: Autor, 2025.

O *dashboard* desenvolvido no *Power BI*, é uma ferramenta dinâmica e automatizada, que permite o acompanhamento e análise das manutenções de forma interativa e eficiente. O *dashboard* foi estruturado para atualização automática conforme a planilha base é modificada, eliminando a necessidade de ajustes manuais e promovendo agilidade na análise.

Além disso, o painel foi estruturado para permitir a interação entre os gráficos e tabelas: ao clicar em qualquer item de um gráfico (por exemplo, um setor específico, um tipo de serviço ou um equipamento), todos os demais gráficos e indicadores do relatório são automaticamente filtrados para apresentar os dados correspondentes à seleção realizada. Essa funcionalidade facilita a análise segmentada, possibilitando ao usuário visualizar rapidamente informações detalhadas de acordo com o foco desejado, seja por linha de britagem, setor responsável, tipo de serviço ou período de análise.

Essa abordagem interativa contribui para:

- Tornar reuniões e apresentações mais objetivas e baseadas em dados em tempo real;
- Apoiar o planejamento das manutenções, permitindo análises mais rápidas e precisas;
- Identificar tendências, gargalos e oportunidades de melhoria com maior facilidade e assertividade.

## 8. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido atendeu plenamente aos objetivos propostos, ao comprovar a viabilidade técnico-operacional da integração entre um sistema de SGM e o *Power BI* para o aprimoramento do controle e da análise das atividades de manutenção em linhas de britagem.

O cadastro estruturado dos britadores e de seus componentes de desgaste no sistema de gestão viabilizou avanços significativos no acompanhamento das periodicidades de troca, automatização da geração de Ordens de Serviço, e fortalecimento da rastreabilidade dos ativos ao longo de sua vida útil. Essa iniciativa resultou em maior organização das informações, melhor planejamento das manutenções e mais agilidade na gestão dos ativos, garantindo maior confiabilidade operacional e redução de custos de manutenção.

Além disso, a implantação de indicadores por meio do *Power BI*, alimentados por planilhas estruturadas, viabilizou a criação de *dashboards* dinâmicos e interativos. Esses indicadores permitiram visualizar e monitorar os serviços realizados, as pendências, o desempenho dos setores responsáveis, os equipamentos mais críticos e a distribuição das manutenções no tempo e por tipo de intervenção. Essa análise dinâmica apoiou decisões mais rápidas e fundamentadas, reforçando a relevância da manutenção baseada em dados.

A principal limitação do estudo foi a ausência de integração direta entre o SGM e o *Power BI*, o que exigiu a alimentação manual dos dados, tornando o processo mais trabalhoso e suscetível a inconsistências. Essa limitação reforça a necessidade de aprimoramento dos sistemas utilizados ou de adoção de soluções que possibilitem a integração automatizada das informações, reduzindo o trabalho manual e aumentando a confiabilidade dos dados.

Nesse contexto, a interligação entre ferramentas de gestão da manutenção e *Business Intelligence* representa um passo fundamental rumo à manutenção preditiva e proativa, orientada por dados estruturados e confiáveis.

Em síntese, o trabalho evidenciou que, mesmo com ferramentas acessíveis e adaptadas à realidade da empresa, é possível alcançar avanços relevantes na gestão da manutenção. Os resultados obtidos representam um passo importante rumo à profissionalização da área, ao mesmo tempo em que abrem oportunidades para melhorias futuras, como a implementação de indicadores clássicos (MTBF, MTTR) e a expansão da metodologia para outras unidades da organização.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Rio de Janeiro: Érica, 2014. 257 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519791/pageid/1>. Acesso em: 12 ago. 2025.

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

CAVALCANTE, Fabricio J N; OLIVEIRA JÚNIOR, Pedro Batista de; ARAÚJO, Gabriel Moura. Gerenciamento de indicadores de manutenção em bombas centrífugas de sistemas de injeção de água em uma indústria de petróleo e gás. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 9-15, 28 dez. 2024. Editora da Universidade Federal Rural do Semi-Arido – Ed. UFERSA. <http://dx.doi.org/10.21708/issn27635325.v6n2.a12659.2024>. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/r4em/article/view/12659/11704>. Acesso em: 07 maio 2025.

CRUZ, Marcelo. **Business Intelligence: o que é BI, o que faz e como usar no dia a dia**. 2023. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/business-intelligence-bi>. Acesso em: 06 maio 2025.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. p.13. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/>. Acesso em: 04 mai. 2025.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. p.13. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025493/>. Acesso em: 04 mai. 2025.

HÜNEMEYER, Felipe Jacó. **PROPOSTA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO COM BASE NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM)**. 2017. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2009. 384 p.

MARQUES, Alexander Fernandes; TRAVAIN, José Carlos; SANTOS, Osvaldo Chevônica dos; CARVALHO, Rodrigo de Lara Pereira de; PEREIRA, Sérgio Tarcísio; OLIVEIRA JUNIOR, Wolmar Camilo de. **GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE FROTA DE VEÍCULOS: Uma proposta de otimização através de monitoramento individualizado e contínuo**. 2017. 55 f. Monografia (Especialização em Gestão de Negócios) - Fundação Dom Cabral, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/27/1/Gest%3%a3o%20de%20manuten%3%a7%3%a3o%20de%20frota%20de%20ve%3%adculos.pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

METSO. **HP300**: catálogo de peças sobressalentes s/n. S/N: S/N: Hp300Sor0487, 2023. 243 p.

MICROSOFT (org.). **O que é o Power BI**. 2025. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. Acesso em: 16 jul. 2025.

OLIVEIRA, Luiz Gustavo Fontes de. **Aplicação de ferramenta de Business Intelligence (BI) na gestão da manutenção em facilities: um estudo de caso**. Revista Técnica da Universidade Petrobras, Rio de Janeiro, v. 1, n. 6, 2018. DOI: [10.70369/2thnv386](https://doi.org/10.70369/2thnv386). Disponível em: <https://rtup.petrobras.com.br/rtup/article/view/46>. Acesso em: 7 maio. 2025.

PEREIRA, Maria Júlia da Costa. **MODELO DE UTILIZAÇÃO DO POWER BI: APLICAÇÕES PRÁTICAS, IMPLICAÇÕES E IMPACTOS NO DESEMPENHO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA**. 2024. 55 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/44018/1/Modelodeutiliza%3%a7%3%a3odopower.pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

Rêgo, R. C. D. N. **Efetividade do Power BI como ferramenta potencializadora na gestão do setor de manutenção de uma indústria: um estudo de caso na indústria de polpa de frutas**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/59449>. Acesso em: 7 maio. 2025.

REIS, Zaida Cristiane dos; DENARDIN, Carina Desconzi; MILAN, Gabriel Sperandio. **A IMPLANTAÇÃO DE UM PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DESENVOLVIDO EM UMA EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO**. Niterói: Excelência em Gestão, 2010. p. 1-23. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/51417139/A-Importancia-do-Planejamento-e-Controle-da-Manutencao>. Acesso em: 14 jul. 2025.

RIGHETTO, Sophia Boing. **Manutenção Preditiva 4.0**: conceito, arquitetura e estratégias de implementação. 2020. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/642107458/Untitled>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SCHAEDLER, Andrew; MENDES, Giselly Santos. **Business intelligence**. Curitiba: Editora Intersaberes Ltda, 2021. 230 p.

SILVA, Lauriane Melo da; PEREIRA, Victor Brayan R.; KAISER, Yago dos Anjos.; SILVA, Marllon Fraga. BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DO *POWER BI* COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DOS DADOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. **Revista Científica Espaço Acadêmico**, Serra, v. 13, n. 3, p. 141-164, jun. 2023. Semestral. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2024/09/Revista-Espaco-Academico-v13-n3-2023-completa-Presencial.pdf#page=142>. Acesso em: 16 jul. 2025.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Manual de Gestão da Manutenção**. Brasília: Engeteles Editora, 2020. 204 p.

## ANEXO 1

|                                                              |                                         |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Ficha de Ordem de Serviço</b>                             |                                         |
| <b>Frotix Sistema de Gestão e Manutenção de Equipamentos</b> |                                         |
| <b>GRUPO POTIGUAR</b>                                        |                                         |
| <b>Ordem de Serviço:</b> 100120007728                        | <b>Emissão do Relatório:</b> 15/07/2025 |

|                     |                              |                       |       |
|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------|
| <b>CC:</b>          | 10.0120MIN. E CONST MACAIBA  | <b>Ciclo:</b>         | OS2   |
| <b>Modelo:</b>      | JC12080 A FURLAN (MANDIBULA) | <b>Periodicidade:</b> | 50    |
| <b>Equipamento:</b> | BM-002                       | <b>Série:</b>         | 96873 |

|                       |             |                               |     |
|-----------------------|-------------|-------------------------------|-----|
| <b>Data Geração:</b>  | 07/07/2025  | <b>Horômetro/KM:</b>          | 814 |
| <b>Data Prevista:</b> | 22/07/2025  | <b>Horômetro/KM Previsto:</b> | 747 |
| <b>Data</b>           |             | <b>Horômetro/KM Executado</b> | 0   |
| <b>Frequência:</b>    | 0           |                               |     |
| <b>Data Final:</b>    | ___/___/___ |                               |     |

**Serviços a Realizar**

**( OS2 ) Ordem de Serviço de Manutenção**

\*Manutenção e verificação 200 horas - JC12080

01 - ( ) Verifique o aperto dos parafusos de fixação da estrutura lateral

Manutenção e verificação 50 horas - JC12080

01 - ( ) Lubrifique os rolamentos do eixo excêntrico.

02 - ( ) Verifique o desgaste das cunhas laterais.

03 - ( ) Verifique a abanadeira, alinhamento, desgaste e fissuras

04 - ( ) Verifique os apoios da abanadeira (calhas), limpe se necessário.

05 - ( ) Verifique o aperto dos parafusos das tampas dos labirintos.

06 - ( ) Verifique o aperto dos tirantes da estrutura.

07 - ( ) Verifique o posicionamento dos volantes.

- Equipamento de regulação mecânica

08 - ( ) Lubrifique as coberturas das porcas do dispositivo de regulação.

09 - ( ) Verifique as coberturas de borracha.

10 - ( ) Lubrifique os mancais de apoio.

Ordem de serviço dos Motores Elétricos (50h):

01 - ( ) Verificar os ruídos anormais, vibração e temperatura do motor.

02 - ( ) Verificar o estado das aletas de ventilação e desobstruir, se necessário.

03 - ( ) Verificar se as tensões e corrente de alimentação estão equilibradas.

04 - ( ) Desobstruir entrada de ar da tampa defletora.

\* Liste os itens que devem ser reparados ou trocados antes da próxima verificação:

-  
-  
-  
-

**Última troca:** 23/05/2025  
14:32:47

**Componente:** MANDIBULA MOVEL  
JC12080 06102L01301  
C101

**Horômetro/KM** 546      **Litros:** 0  
:

## ANEXO 2

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        | <b>CHECKLIST DE INSPEÇÃO DIÁRIA – 10h</b> |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|--|--|
| CC:                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10.0120 MIN. E CONST MACAÍBA                                                                           | DATA DE INÍCIO:                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| MODELO:                                                                                                                                                                                                                                                                          | JC1200 FURLAN (MANDÍBULA)                                                                              | DATA FINAL:                               |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| EQUIPAMENTO:                                                                                                                                                                                                                                                                     | BM-001                                                                                                 | HORÍMETRO INICIAL:                        |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        | HORÍMETRO FINAL:                          |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| ITENS A SEREM VERIFICADOS                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        | SEG                                       |   | TER |   | QUA |   | QUI |   | SEX |   | SÁB |   | DOM |   |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        | ✓                                         | X | ✓   | X | ✓   | X | ✓   | X | ✓   | X | ✓   | X | ✓   | X |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique a tensão das correias.                                                                       |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique o aperto dos parafusos das mandíbulas.                                                       |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique o aperto dos parafusos das cunhas laterais.                                                  |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique as guias laterais e a proteção de borracha da abanadeira.                                    |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique o desgaste das mandíbulas.                                                                   |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique barulhos não usuais.                                                                         |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique a temperatura (Max. 75°C) e escorrimento da massa lubrificante dos rolamentos do excêntrico. |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                | Verifique a tensão e funcionamento da mola do tirante de retorno.                                      |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES:                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| SEG                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| TER                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| QUA                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| QUI                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| SEX                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| SÁB                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| DOM                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; text-align: center;">RESP. PELA EXECUÇÃO</div> <div style="width: 45%; border-top: 1px solid black; text-align: center;">ENCARREGADO</div> </div> |                                                                                                        |                                           |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |  |  |