



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Bahia

Campus
Vitória da Conquista



COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - **COEEL**

PROJETO FINAL DE CURSO - PFC

Otimização de Planos de Manutenção Preventiva com Foco na Expertise das Equipes de Execução em uma Planta de Mineração.

LUCIANE SANTOS SILVA

Vitória da Conquista-BA

21 de julho de 2025

LUCIANE SANTOS SILVA

**Otimização de Planos de Manutenção Preventiva
com Foco na Expertise das Equipes de Execução em
uma Planta de Mineração.**

Projeto Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *campus* Vitória da Conquista, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Esp. Pablo Martins de Oliveira

Vitória da Conquista-BA

21 de julho de 2025

S586o Silva, Luciane Santos

Otimização de planos de manutenção preventiva com foco nas expertise das equipes de execução em uma planta de mineração./ Luciane Santos Silva. --Vitória da Conquista : IFBA, 2025.

45 f.: il.: color.

Orientadora: Pablo Martins de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista, 2025.

1. Manutenção Preventiva. 2. Excelência Operacional. 3. Gestão da Manutenção. I. Oliveira, Pablo Martins de. II. Título.

CDD: 658.202

FOLHA DE APROVAÇÃO PFC

OTIMIZAÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA COM FOCO NA EXPERTISE DAS EQUIPES DE EXECUÇÃO EM UMA PLANTA DE MINERAÇÃO.

LUCIANE SANTOS SILVA

A presente Monografia de Projeto Final de Curso (PFC), apresentada em sessão realizada em **21 de JULHO de 2025**, foi avaliada como adequada para a obtenção do Grau de Engenheira Eletricista, julgada **aprovada** em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Pablo Martins de Oliveira (Orientador) - IFBA campus Vitória da Conquista

Prof. Me. Cléia Santos Libarino - IFBA campus Vitória da Conquista

Prof. Me. Luciano Ferraz dos Santos Silva - IFBA campus Vitória da Conquista



Documento assinado eletronicamente por **PABLO MARTINS DE OLIVEIRA, Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - EBTT**, em 25/07/2025, às 14:04, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **CLEIA SANTOS LIBARINO, Membro da Unidade**, em 25/07/2025, às 14:27, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANO FERRAZ DOS SANTOS SILVA, Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - EBTT**, em 28/07/2025, às 09:54, conforme decreto nº 8.539/2015.

Dedico esta monografia à minha família, base de quem sou hoje. Em especial, a minha mãe, que sempre se dedicou e nunca mediu esforços para nos criar com princípios e para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

À minha família, alicerce de toda a minha trajetória. À minha mãe, Zilda, exemplo de força e dedicação, que sempre se esforçou para proporcionar o melhor a mim e aos meus irmãos. Aos meus irmãos, Camila, Carmita, Fabiana e Fabio que sempre me incentivaram, torceram por mim e estiveram ao meu lado em cada passo dessa caminhada. Sem vocês, nada disso faria sentido.

Ao meu amor, Pedro Vitor, pelo constante apoio, incentivo e compreensão durante todo o processo de escrita deste trabalho. Sua presença foi fundamental para que eu me mantivesse firme e confiante.

Ao meu orientador Esp. Pablo Martins de Oliveira, que sempre se mostrou solícito e comprometido com meu desenvolvimento. Sua atenção, cuidado e disponibilidade foram fundamentais, tanto na construção deste projeto quanto no meu estágio.

Aos meus amigos Erika e Ítalo, que trouxeram leveza e alegria aos meus dias durante a graduação. À Erika, deixo ainda um agradecimento especial pela ajuda na elaboração deste projeto. A Gustavo, Kiara e Herrison, por estarem comigo desde o início e por me apoiarem sempre que precisei, me dando força e confiança para seguir. Às minhas amigas Gabriela, Mariana Moura e Mariana Rosário, por estarem sempre dispostas a me ajudar.

Agradeço ao IFBA por oferecer um ensino público de qualidade, que transformou minha trajetória e me proporcionou a formação necessária para ser uma profissional preparada.

Por fim, agradeço aos colegas da empresa em que este trabalho foi realizado, em especial ao Nildo Cordeiro, por toda a troca e aprendizado. Seu apoio foi essencial para meu crescimento profissional.

RESUMO

Em ambientes industriais marcados pela busca constante por eficiência e redução de custos, a gestão da manutenção assume papel estratégico na garantia da disponibilidade dos ativos e na sustentabilidade operacional das organizações. A confiabilidade dos equipamentos está relacionada a qualidade dos seus planos de manutenção preventiva. A inadequação desses planos, pode resultar em desperdício de recursos, paradas não planejadas e baixa produtividade. Diante dessa perspectiva este trabalho teve como objetivo aprimorar os planos de manutenção preventiva em uma indústria de mineração, alinhando-os a realidade de execução em campo e, conseqüentemente, aumentando sua eficiência. O trabalho foi conduzido por meio de um estudo de caso envolvendo quatro equipes de manutenção, com média inicial de 72% de eficiência e por meio da utilização do Princípio de Pareto, o trabalho concentrou-se em duas equipes com maiores índices de ineficiência. A Unidade de Tratamento do Minério (UTM) e a Briquetagem e Filtros de Manga. A partir da aplicação de ferramentas da gestão de qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorização GUT, técnica dos 5 Porquês e plano de ação 5W2H, foram identificadas as principais causas de ineficiência e propostas ações de correção. Embora algumas metas não tenham sido integralmente atingidas, observou-se um avanço na eficiência da UTM e a identificação de entraves críticos na Briquetagem e Filtros de Manga. O estudo de caso apresentado neste trabalho demonstrou que a simples adequação do tempo previsto no plano de manutenção possibilitou ganhos expressivos, tanto em horas de trabalho economizadas quanto em redução de custos. Os resultados obtidos reforçam a importância da revisão periódica dos planos de manutenção para reduzir o custo da manutenção, garantir confiabilidade dos ativos e aumentar a competitividade no mercado.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva, Excelência Operacional, Gestão da Manutenção.

ABSTRACT

In industrial environments marked by the constant search for efficiency and cost reduction, maintenance management plays a strategic role in guaranteeing the availability of assets and the operational sustainability of organizations. The reliability of equipment is related to the quality of its preventive maintenance plans. Inadequate plans can result in wasted resources, unplanned downtime and low productivity. From this perspective, the aim of this study was to improve preventive maintenance plans in a mining industry, bringing them into line with the reality of execution in the field and, consequently, increasing their efficiency. The work was conducted through a case study involving four maintenance teams, with an initial average of 72% efficiency. Using the Pareto Principle, the work focused on two teams with the highest levels of inefficiency, the Ore Treatment Unit (UTM) and the Briquetting and Sleeve Filters. Using quality management tools such as the Ishikawa Diagram, the GUT Prioritization Matrix, the 5 Whys technique and the 5W2H action plan, the main causes of inefficiency were identified and corrective actions proposed. Although some targets were not fully achieved, progress was made in the efficiency of the UTM and critical obstacles were identified in the Briquetting Plant and Mango Filters. The case study presented in this paper showed that simply adjusting the time allotted in the maintenance plan led to significant gains, both in hours of work saved and in cost savings. The results obtained reinforce the importance of periodically reviewing maintenance plans in order to reduce maintenance costs, guarantee asset reliability and increase competitiveness in the market.

Keywords: Preventive Maintenance, Operational Excellence, Maintenance Management.

Lista de Figuras

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Performance do Equipamento X Manutenção Corretiva | 7 |
| 2.2 | Diagrama de Ishikawa | 10 |
| 4.1 | Diagrama de Pareto | 16 |
| 4.2 | Histórico da eficiência semanal das quatro equipes de manutenção . | 16 |
| 4.3 | Diagrama de Ishikawa - UTM | 17 |
| 4.4 | Diagrama de Ishikawa - Briquetagem e Filtros de Manga | 17 |
| 4.5 | Técnica dos 05 Por quês | 20 |
| 4.6 | Britador de Impacto | 23 |
| 4.7 | Adequação do plano do Britador de Impacto | 23 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Matriz de Priorização GUT | 12 |
| 4.1 | Matriz de Priorização GUT - Equipe UTM | 18 |
| 4.2 | Matriz de Priorização GUT - Equipe Briquetagem e Filtros de Manga . | 19 |
| 4.3 | Plano de Ação da UTM Utilizando 5W2H | 20 |
| 4.4 | Plano de Ação da Briquetagem e Filtros de Manga Utilizando 5W2H . | 21 |

Glossário: Símbolos e Siglas

| Notação | Descrição | Páginas |
|----------------|--|-----------------|
| 5W2H | <i>What (O quê?), Why (Por quê?), Where (Onde?), When (Quando?), Who (Quem?), How (Como?) e How much (Quanto custa?)</i> | vii, 20 |
| 6M | <i>Método, Máquina, Medida, Meio ambiente, Mão de obra e Matéria-prima</i> | 10, 17 |
| ABNT | <i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i> | 4 |
| COEEL | <i>Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do IFBA campus Vitória da Conquista</i> | i |
| DF | <i>Disponibilidade Física</i> | 9 |
| GUT | <i>Gravidade, Urgência e Tendência</i> | vii, 11, 18, 19 |
| HH | <i>Homem Hora</i> | 3, 24, 25 |
| MTBF | <i>Tempo Médio entre Falhas - Mean Time Between Failures</i> | 9, 27 |
| MTTR | <i>Tempo Médio de Reparo - Mean Time To Repair</i> | 9, 27 |

| Notação | Descrição | Páginas |
|----------------|--|---|
| OS | <i>Ordem de Serviço</i> | 8, 13, 14, 18-21, 23, 25, 27 |
| PCM | <i>Planejamento e Controle da Manutenção</i> | 8, 9 |
| S | <i>Semana Atual</i> | 13 |
| S+2 | <i>Duas Semanas a Frente à Semana Atual</i> | 13 |
| SAP | <i>Desenvolvimento de Programas de Análise de Sistemas - System Analysis Program Development</i> | 13, 18, 21, 25 |
| UTM | <i>Unidade de Tratamento do Minério</i> | vii, 2, 13, 14, 17, 18, 20-22, 25 |

Sumário

| | |
|---|-------------|
| Folha de Rosto | ii |
| Ficha Catalográfica | iii |
| Folha de Aprovação | iv |
| Resumo | vii |
| Abstract | viii |
| Lista de Figuras | ix |
| Lista de Tabelas | x |
| Glossário: Símbolos e Siglas | xi |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Introdução | 1 |
| 1.2 Objetivo Geral | 2 |
| 1.2.1 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.3 Justificativa | 3 |
| 2 Referencial Teórico | 4 |
| 2.1 Conceito de Manutenção | 4 |
| 2.2 Tipos de Manutenção | 5 |
| 2.2.1 Manutenção Preventiva | 5 |
| 2.2.2 Manutenção Corretiva | 6 |
| 2.2.2.1 Manutenção Corretiva Planejada | 6 |
| 2.2.2.2 Manutenção Corretiva não Planejada | 6 |
| 2.2.3 Manutenção Preditiva | 7 |
| 2.3 Planejamento e Controle da Manutenção | 8 |
| 2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção | 9 |
| 2.5 Ferramentas da Qualidade | 9 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.5.1 | Diagrama de Ishikawa | 10 |
| 2.5.2 | Diagrama de Pareto | 11 |
| 2.5.3 | Técnica dos 05 Porquês | 11 |
| 2.5.4 | Matriz GUT | 11 |
| 2.5.5 | Ciclo PDCA | 12 |
| 3 | Metodologia | 13 |
| 4 | Resultados e Discussões | 15 |
| 4.1 | Análise de Dados | 15 |
| 4.2 | Análise do Fenômeno e Plano de Ação | 16 |
| 4.3 | Estudo de Caso - Adequação do Plano de Manutenção no Britador de Impacto | 22 |
| 5 | Considerações Finais | 25 |
| 6 | Sugestões para Trabalhos Futuros | 27 |
| | REFERÊNCIAS | 29 |
| I | Modelo de Ordem de Serviço | 31 |
| I.1 | Captura de Tela da Ordem de Serviço no Sistema | 32 |

Capítulo 1

Introdução

1.1 Introdução

O ambiente econômico global contemporâneo é marcado por uma intensa competitividade entre as organizações, catalisada pela aceleração dos processos de globalização e pelas constantes inovações tecnológicas. Nesse contexto dinâmico, impõe-se às empresas a necessidade de um aprimoramento contínuo, tanto em seus processos operacionais quanto na concepção de produtos, de modo a garantir sua permanência nos mercados em que atuam. A sustentabilidade competitiva, portanto, depende da capacidade organizacional de incorporar tecnologias emergentes e metodologias de gestão eficazes, que viabilizem respostas ágeis às mudanças estruturais do ambiente externo.

Ao longo do tempo tem-se intensificado a busca por alternativas que promovam a racionalização dos processos produtivos, com vistas à aceleração no cumprimento das metas de produção e à redução dos custos operacionais. As paradas não programadas de equipamentos configuram-se como um dos principais fatores limitantes do desempenho organizacional, afetando negativamente a produtividade, a disponibilidade dos ativos e, por conseguinte, os resultados econômicos das empresas. Nesse sentido, a redução tanto da frequência quanto da duração dessas interrupções operacionais não planejadas revela-se uma estratégia essencial para a garantia da eficiência dos sistemas produtivos. Tal eficiência, em um ambiente globalizado e altamente competitivo, é diretamente correlacionada à capacidade das empresas de manterem-se sustentáveis, lucrativas e responsivas às demandas do mercado.

Diante desse panorama, a gestão da manutenção assume papel central e deve ser conduzida de forma estrategicamente assertiva. A implementação de planos de manutenção preventiva tecnicamente embasados contribui significativamente para a elevação da confiabilidade dos equipamentos, mitigando falhas inesperadas e reduzindo os custos associados à manutenção corretiva. Além disso, tais planos possibilitam uma maior previsibilidade operacional, promovendo o alinhamento entre os objetivos produtivos e a disponibilidade dos ativos, o que fortalece a posição competitiva das organizações no cenário industrial contemporâneo.

Ademais, planos preventivos hiperdimensionados, podem gerar ineficiências operacionais ao alocar recursos de forma desnecessária, comprometendo a alocação estratégica de custos em outras áreas críticas e, por consequência, impactando negativamente a margem de contribuição dos produtos comercializados. Assim, a assertividade na elaboração e na revisão contínua dos planos de manutenção preventiva revela-se indispensável não apenas para a performance operacional, mas também para a competitividade das organizações no setor industrial como um todo.

1.2 Objetivo Geral

Aumentar a eficiência dos planos de manutenção preventiva de equipes de manutenção em uma indústria de mineração, analisando os pontos de melhorias para que os planos reflitam a expertise das equipes de execução.

1.2.1 Objetivos Específicos

- ▶ Definir as principais equipes que necessitam de otimização no plano para que aumente a eficiência geral, utilizando o gráfico de Pareto.
- ▶ Aumentar em 12% a média da eficiência do planos de manutenção preventiva da equipe da Unidade de Tratamento do Minério (UTM) e da equipe da Briquetagem e Filtros de Manga.
- ▶ Elaborar planos de manutenção elétrica e mecânica nas equipes com planos obsoletos ou inexistentes.

1.3 Justificativa

A mitigação do desperdício de tempo e de recursos, especialmente no que se refere ao Homem Hora (HH), métrica que quantifica a hora efetiva de trabalho do colaborador, constitui um fator estratégico para a construção de uma manutenção mais eficiente e financeiramente sustentável. Tal racionalização não apenas reduz os custos operacionais associados à manutenção, como também potencializa a capacidade de atendimento das equipes em múltiplas frentes de trabalho, elevando a responsividade organizacional.

A manutenção planejada consiste em detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que elas resultem em perdas ou defeitos. Portanto, o foco principal deste pilar é eliminar as atividades de manutenção não programadas Almeida e Fabro (2019). Para a melhor eficácia das manutenções preventivas, torna-se imprescindível que as atividades inseridas nos planos de manutenção estejam corretamente definidas e que a estimativa de tempo para sua execução reflita de maneira real as condições observadas em campo. Planos superdimensionados, ao exigirem paradas desnecessárias da linha de produção, geram impactos adversos não apenas na produtividade, mas também na alocação do tempo de trabalho dos colaboradores.

Assim, a necessidade do bom dimensionamento dos planos de manutenção revela-se como um fator decisivo para a otimização dos recursos organizacionais. Somente por meio de uma estruturação criteriosa e alinhada às necessidades reais da operação será possível assegurar a efetividade do processo e a sustentabilidade das práticas de manutenção ao longo do tempo.

Capítulo 2

Referencial Teórico

2.1 Conceito de Manutenção

O termo "manutenção" possui uma variedade de definições, sendo comum que o objetivo da manutenção é garantir a disponibilidade do equipamento, ou seja, que ele consiga exercer a função para qual foi projetado.

Gusmão (2001), conceitua manutenção como sendo o conjunto de atividades cujo objetivo é garantir, com o menor custo possível, a maior disponibilidade do equipamento, identificando e eliminando as falhas que interferem no desempenho do equipamento. Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a manutenção é definida como:

" Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. "

(ABNT-NBR5462, 1994)

Ainda segundo Filho (2008) as atividades de manutenção possuem como premissa a prevenção à degradação dos equipamentos e instalações, que são naturais devido ao uso contínuo. A manutenção se torna ainda mais importante quando se analisa os impactos financeiros e ambientais que a má gestão do ciclo de manutenção pode acarretar nas organizações e sociedade em geral.

Dessa forma entende-se que manutenção significa fazer o necessário para assegurar que um equipamento continue a desempenhar, com um nível adequado,

as funções para qual foi projetado.

2.2 Tipos de Manutenção

Muito autores versam sobre os tipos de manutenção possíveis, que são as maneiras como são realizadas as intervenções para manter e/ou realinhar os equipamentos. Verifica-se uma predominância das seguintes classificações:

- ▶ Manutenção Preventiva
- ▶ Manutenção Corretiva
- ▶ Manutenção Preditiva

2.2.1 Manutenção Preventiva

Segundo [ABNT-NBR5462 \(1994\)](#) a manutenção preventiva busca reduzir a probabilidade de falha de um equipamento; essa intervenção deve ocorrer em períodos predeterminados, ou de acordo a critérios prescritos, antes da ocorrência da falha.

A ocorrência de paradas não programadas gera estresse na rotina de manutenção, pois há a incidência de perda de produção e aumento dos custos de manutenção. O [Viana \(2002\)](#) afirma que as manutenções preventivas atua como grande auxiliadora na redução de paradas não programadas, proporcionando melhor controle sobre o funcionamento dos equipamentos.

A adoção da manutenção preventiva traz diversos benefícios para as organizações. Dentre as quais, destacam-se:

- ▶ Aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos: Com planos de manutenções regulares, há a promoção de melhores condições de funcionamento do equipamento, garantindo sua disponibilidade e aumentando a sua confiabilidade.
- ▶ Redução de falhas e paradas não planejadas: A manutenção preventiva visa evitar a ocorrência de falhas, reduzindo as paradas não planejadas e reduzindo os prejuízos decorrentes de quebras para o planejamento

da produção.

- ▶ Redução dos custos de manutenção: Observando o contexto das manutenções, a manutenção preventiva tende a ser mais econômica em comparação com outros tipos de manutenção que eventualmente geram perdas de produção.

2.2.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é entendida como a manutenção realizada após a falha do equipamento, sendo responsável por reestabelecer o sistema produtivo. Segundo [Barbosa \(2023\)](#) a manutenção corretiva ainda pode ser classificada em dois tipos:

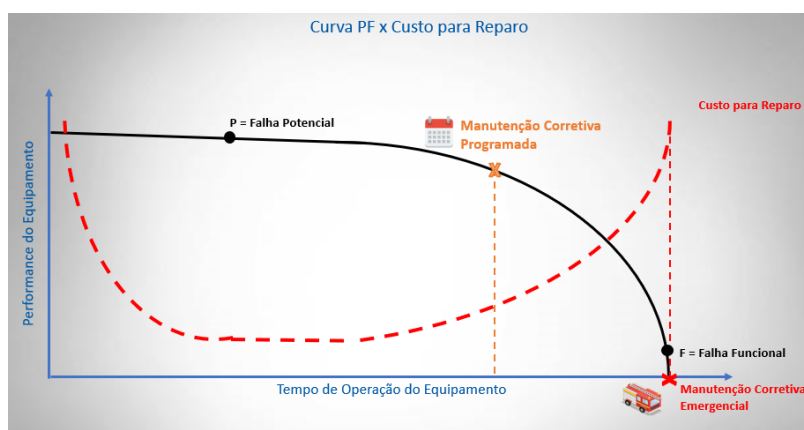
- ▶ Manutenção Corretiva Planejada
- ▶ Manutenção Corretiva não planejada

2.2.2.1 Manutenção Corretiva Planejada

Ocorre quando a intervenção já é conhecida e programada previamente. Esse tipo de manutenção ocorre quando a falha potencial está em estágio inicial, que indica que há algo de errado, mas o equipamento ainda está desempenhando a sua função no processo de produção. Normalmente esse tipo de atividade corretiva é oriunda de rotas de inspeção realizada por inspetores.

2.2.2.2 Manutenção Corretiva não Planejada

A manutenção corretiva não planejada ocorre de forma imprevista, quando o equipamento está em falha completa, que segundo a [\(ABNT-NBR5462, 1994\)](#) caracteriza pelo fato do equipamento não conseguir desempenhar nenhuma de suas funções. Esse é o tipo de manutenção menos desejado, pois interrompe o processo produtivo, o que implica em altos custos de reparo e baixa confiabilidade de produção. A Figura 2.1 mostra a relação da Performance do Equipamento e a Manutenção Corretiva.



FONTE: engeteles (ENGELETES, 2025)

Figura 2.1 – Performance do Equipamento X Manutenção Corretiva

A Curva PF é uma ferramenta que representa graficamente a relação entre a performance do equipamento e o tempo de operação, destacando o intervalo entre a falha potencial (P) e a falha funcional (F). A Curva PF apresentada evidencia a dinâmica entre a degradação funcional do equipamento e o custo de reparo associado ao momento da intervenção. O ponto “P” (falha potencial) marca o início de uma anomalia, ainda sem perda total da função, enquanto o ponto “F” (falha funcional) representa a interrupção completa da operação. Entre esses dois marcos, identifica-se a janela mais eficaz para uma intervenção. Observa-se que, à medida que a falha evolui, o custo para reparo cresce, em especial quando a manutenção ocorre de forma emergencial. Portanto, essa representação gráfica reforça a importância de estratégias de manutenção preventivas e do monitoramento contínuo.

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é baseada na tentativa de definir o estado futuro de um equipamento ou sistema, por meio dos dados coletados ao longo do tempo, por uma instrumentação específica, verificando e analisando a tendência de variáveis do equipamento. Essa manutenção também é conhecida como manutenção preventiva sob condição. Os dados coletados pela preditiva, são coletados por meio de medições em campo como:

- ▶ **Análise de vibração:** Altamente utilizada, essa técnica permite identificar problemas como desalinhamento, folgas, desbalanceamento, problemas de lubrificação e desgaste de rolamentos.

- ▶ Termografia: Essa técnica permite identificar pontos quentes, variações térmicas anormais e falhas em sistemas elétricos, mecânicos e térmicos. A detecção precoce de problemas de superaquecimento pode evitar danos graves aos equipamentos e garante a segurança dos executantes.
- ▶ Análise de óleo: Por meio dessa técnica é possível detectar desgastes de componentes, contaminação do óleo e condições adversas de funcionamento. Com base nos resultados da análise, ações corretivas, como a troca do óleo ou a investigação mais aprofundada são realizadas Malpica (2007).

2.3 Planejamento e Controle da Manutenção

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é uma área estratégia dentro da gerência de manutenção, responsável por gerenciar e controlar o desempenho das atividades exercidas pela equipe de manutenção.

Segundo Viana (2002), PCM é um conjunto de ações cujo foco é preparar, programar e verificar resultados da execução das atividades de manutenção contra valores preestabelecidos e escolher medidas de correção de desvios para a obtenção dos resultados requeridos pelas organizações.

As atividades planejadas e programadas pela equipe de PCM são descritas nas Ordens de Serviço (OS). Que conforme Filho (2008) é o local onde se descrevem as atividades a serem realizadas pela equipe de manutenção, a quantidade de executantes necessário e o tempo necessário para a conclusão da atividade, no caso de manutenções preventivas.

As OS devem ser gerenciadas pelo planejador de manutenção, além dessa atividade, também é de responsabilidade do planejador realizar a gestão dos materiais, desde a especificação e requisição até o acompanhamento da entrega, assegurando a disponibilidade, para que as manutenções programadas ocorram conforme o previsto. Este profissional também cuida da programação dos serviços, otimizando o uso da mão de obra e alinhando as etapas de planejamento junto com as equipes de execução Viana (2002). É responsabilidade da equipe de PCM levantar e analisar os indicadores de desempenho da manutenção.

2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção

De acordo com [Oliveira \(2014\)](#) os indicadores de manutenção são fundamentais para a gestão da qualidade das atividades da manutenção. Possibilitando a comparação do indicadores da empresa com o de seus concorrentes, buscando a superação por meio de melhorias contínuas que contribuirão com o aumento da competitividade no mercado. Dentre alguns indicadores, se pode destacar os seguintes:

- ▶ Disponibilidade Física (DF): Conforme a ([ABNT-NBR5462, 1994](#)) a Disponibilidade é a capacidade de um equipamento ter condições de executar sua função em um dado intervalo de tempo determinado.
- ▶ Confiabilidade: Capacidade de um equipamento desempenhar sua função continuamente sem falhas, sob condições especificadas, em um dado intervalo de tempo.
- ▶ Tempo Médio entre Falhas (MTBF): [Viana \(2002\)](#) define MTBF como a razão da divisão da soma das horas disponíveis do equipamento, pelo número de intervenções corretivas para o equipamento. Para a equipe de PCM quanto maior o MTBF melhor, considerando que indica que o número de intervenções diminuiu e dessa forma o total de horas disponíveis do equipamento vem aumentando.
- ▶ Tempo Médio de Reparo (MTTR): Segundo [Viana \(2002\)](#) o MTTR é definido como a divisão entre as horas de indisponibilidade de um equipamento devido a uma atividade de manutenção, pela quantidade de manutenções corretivas.
- ▶ Backlog: Para [Filho \(1996\)](#) Backlog consiste no tempo de trabalho de uma equipe de manutenção para concluir todos os serviços ofertados até a data do levantamento.

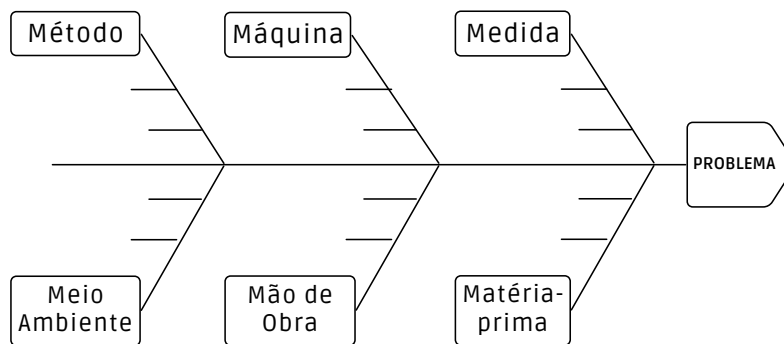
2.5 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas de qualidade são constantemente usadas em planejamentos de melhoria contínua, com o intuito de reduzir perdas e aumentar a produtividade. Segundo [Miguel \(2001\)](#) as ferramentas de qualidade são normalmente usadas como suporte ao desenvolvimento da qualidade ou/e ao apoio nas análises

dos problemas. Neste trabalho serão apresentadas algumas ferramentas utilizadas para sua execução.

2.5.1 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta utilizada para identificar a relação entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) que possivelmente contribuíram para o resultado específico.



FONTE: Próprio Autor

Figura 2.2 – Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa também recebe o nome de "Diagrama de Espinha de Peixe", por ter sua estrutura semelhante a uma espinha de peixe, conforme ilustrado na Figura 2.2; ele foi criado pelo Kaoru Ishikawa e recebe o nome em sua homenagem. A composição do Diagrama considera que os problemas podem ser classificados em seis tipos distintos, por isso também é conhecido como Diagrama 6M Ishikawa (1993), são eles:

- ▶ Método: As causas dos desvios estão relacionadas ao método pelo qual o trabalho é executado.
- ▶ Máquina: Desvios relacionados à máquina.
- ▶ Medida: O desvio surge pela falta ou indicadores de medição inadequados.

- ▶ Meio Ambiente: O ambiente contribui na geração dos desvios.
- ▶ Mão de Obra: Desvios relacionados ao nível de qualificação do executor.
- ▶ Matéria-prima: A qualidade ou utilização da matéria-prima incorreta são os causadores do desvio.

2.5.2 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, também conhecido princípio 80/20, é uma ferramenta utilizada para identificar e priorizar as causas que mais impactam determinado problema. Fundamenta-se na ideia de que aproximadamente 20% das causas evidentes são responsáveis por gerar 80% dos problemas. Esse recurso gráfico organiza visualmente os problemas existentes em ordem decrescente de frequência ou impacto, facilitando a identificação dos problemas mais importantes. [Sales \(2017\)](#).

2.5.3 Técnica dos 05 Porquês

Conforme [Costa e Mendes \(2018\)](#) a técnica dos 05 Por quês foi criada por Taiichi Ohno, conhecido como o pai do Sistema Toyota de Produção. Essa ferramenta tem como base a formulação da pergunta “Por quê?” repetidamente, normalmente por 5 vezes podendo ser mais ou menos. O objetivo dessa técnica é descobrir a causa raiz do problema.

2.5.4 Matriz GUT

A Matriz de Priorização [GUT](#) é uma ferramenta cujo objetivo é ajudar na priorização dos problemas. [Sales \(2017\)](#) A priorização é feita de acordo com a Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) do problema. A priorização é feita pelo resultado da multiplicação dos três aspectos ($G \times U \times T$), atribui-se um peso de 1 a 5 para cada aspecto. Após organiza-se o resultado de forma decrescente, sendo os maiores valores mais prioritários.

Tabela 2.1 – Matriz de Priorização GUT

| Pesos | Gravidade (G) | Urgência (U) | Tendência (T) |
|-------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| 5 | Extremamente grave | Ação imediata | Irá piorar rapidamente |
| 4 | Muito grave | Urgente | Irá piorar em pouco tempo |
| 3 | Grave | O mais rápido possível | Irá piorar |
| 2 | Pouco grave | Pouco urgente | Irá piorar a longo prazo |
| 1 | Sem gravidade | Pode esperar | Não vai mudar |

FONTE: Próprio Autor

2.5.5 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um método que visa controlar e consolidar resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização. Netto Agostinho (2006) Suas letras representam cada etapa do ciclo: Plan (Planejar), Do (Fazer), Check (Verificar) e Act (Agir). Conforme Barbosa (2023) cada etapa do ciclo tem um objetivo específico:

- ▶ Plan (Planejar): Nesta etapa, são definidos os objetivos do projeto, identificadas as metas a serem alcançadas, analisados os problemas e estabelecidas as estratégias para a melhoria.
- ▶ Do (Fazer): Nesta fase é o momento de aplicar na prática o plano estabelecido, efetuar as mudanças e realizar as atividades necessárias para alcançar as metas definidas.
- ▶ Check(Verificar): São coletados dados e informações sobre os resultados alcançados. É feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos e as metas estabelecidas. Essa etapa envolve a avaliação dos indicadores de desempenho e a análise dos dados coletados.
- ▶ Act (Agir): Após a análise dos resultados, são tomadas ações corretivas ou preventivas para solucionar problemas, eliminar falhas e implementar melhorias. Caso os resultados não alcancem as metas estabelecidas, é necessário identificar as causas dos desvios e implementar mudanças para evitar sua repetição.

Capítulo 3

Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, com delineamento de estudo de caso em uma planta industrial no setor de mineração. O objetivo principal consistiu em aumentar a eficiência dos planos de manutenção preventiva por meio da análise de dados operacionais obtidos no sistema de gestão empresarial [SAP](#). A investigação também incorporou elementos de pesquisa documental, considerando o uso de Ordens de Serviço ([OS](#)) históricas como fonte primária de evidência empírica.

A coleta de dados foi realizada semanalmente, em ciclos estruturados de planejamento e execução de atividades de manutenção. Para cada semana de análise, a metodologia seguiu o seguinte fluxo: na semana [S](#) era definida a programação das atividades a serem realizadas pelas equipes de manutenção; na semana [S+2](#), procedia-se à verificação da execução real, com base na apropriação de horas registradas nas [OS](#) vinculadas às atividades programadas. A eficiência do plano foi calculada por meio da razão entre o tempo real apropriado nas ordens e o tempo previsto nos planos, conforme parametrizado no [SAP](#) (ver Anexo A para exemplo da [OS](#) e Anexo B para a respectiva visualização no sistema).

A análise inicial compreendeu quatro equipes distintas: Briquetagem e Filtros de Manga, Fornos M10, Fornos M30 e Unidade de tratamento do Minério ([UTM](#)). Juntas, essas equipes apresentaram uma média de 72% de eficiência na execução dos planos, ou seja, os tempos programados refletiam em 72% dos casos a realidade em campo. A partir desse diagnóstico, foi traçada uma meta de incremento de 6 pontos percentuais, estabelecendo como critério de sucesso a elevação da eficiência média para 78%. O prazo estipulado para o atingimento da meta foi de

três meses, sendo a data de verificação dos resultados definida para 25 de maio de 2024.

Para identificar as principais equipes responsáveis pelas ineficiências, foi utilizada a ferramenta do Gráfico de Pareto, permitindo o ranqueamento das equipes com menor aderência entre planejado e executado. Duas equipes foram observadas como foco da intervenção: uma foi a Unidade de Tratamento de Minério (UTM), com eficiência inicial de 48%, e a outra foi a equipe de Briquetagem e Filtros de Manga com eficiência de 62%. Para ambas, foi estabelecida uma meta de melhoria com base no método da lacuna, que compara o resultado atual com o melhor desempenho da equipe no período avaliado. A proposta consistiu em reduzir 50% da diferença entre a média de eficiência atual e o melhor resultado observado. Com isso, definiu-se o aumento de 12 pontos percentuais como objetivo, elevando as eficiências esperadas para 60% na UTM e 74% na equipe de Briquetagem e Filtros de Manga.

A partir dessa seleção, foram realizadas análises mais aprofundadas das Ordens de Serviço (OS), identificando atividades com maior índice de divergência entre tempo programado e tempo real. Essa análise fundamentou a revisão crítica dos tempos atribuídos nos planos de manutenção, buscando alinhá-los com as condições reais de execução e, assim, garantir um dimensionamento mais preciso dos recursos.

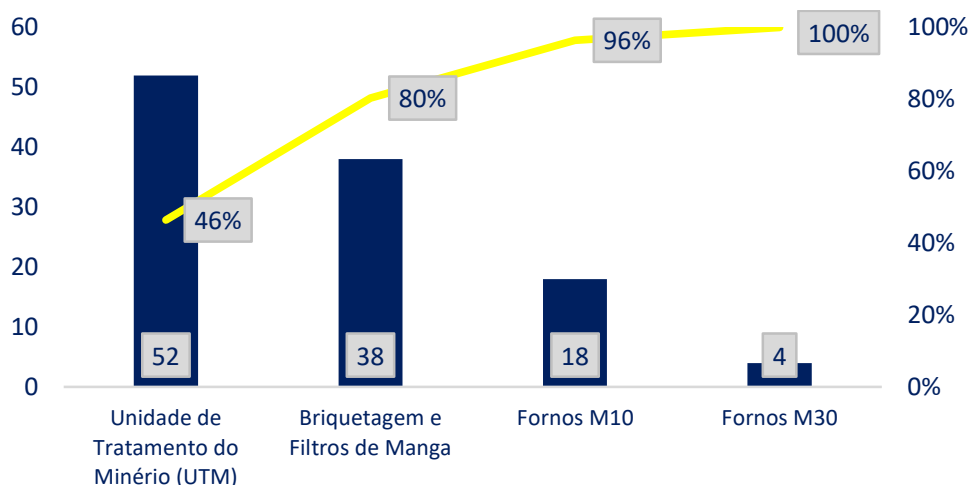
Capítulo 4

Resultados e Discussões

4.1 Análise de Dados

Para a realização deste trabalho, foram analisados dados operacionais no intervalo compreendido entre 11 de setembro de 2023 (semana 37) e 23 de dezembro de 2023 (semana 51). Esse período foi selecionado com o intuito de abranger uma amostra significativa da rotina de manutenção, permitindo a identificação de padrões e variações no desempenho das equipes.

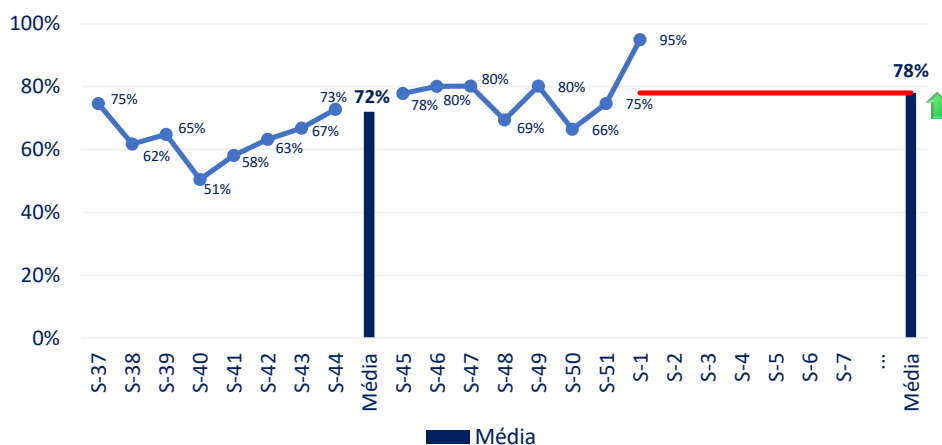
Durante a análise, consideraram-se os registros de quatro setores distintos da empresa. A fim de direcionar os esforços de melhoria de forma estratégica, aplicou-se o Princípio de Pareto, conforme ilustrado na Figura 4.1. Essa ferramenta permite identificar as causas mais relevantes para determinado problema com base em sua frequência ou impacto. Com isso, foram selecionadas as duas equipes com menores índices de eficiência, de modo que suas oportunidades de melhoria pudessem ser tratadas de forma prioritária, contribuindo para o aumento da média geral de eficiência dos planos de manutenção.



FONTE: Próprio Autor

Figura 4.1 – Diagrama de Pareto

Na Figura 4.2, é possível observar a evolução da eficiência semanal das quatro equipes estudadas neste trabalho, ao longo do período do projeto.



FONTE: Próprio Autor

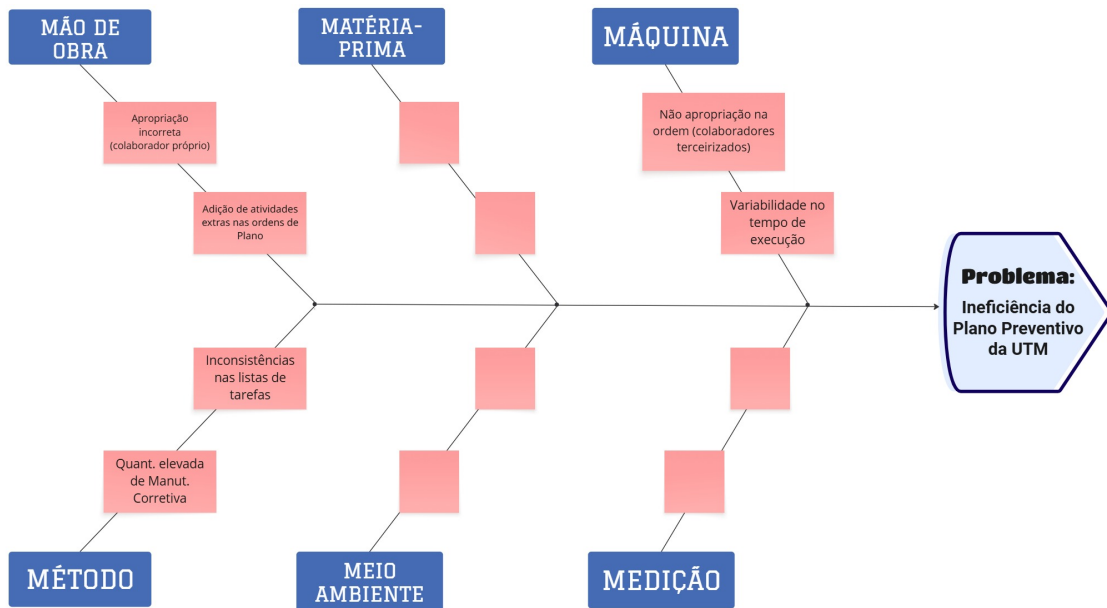
Figura 4.2 – Histórico da eficiência semanal das quatro equipes de manutenção

4.2 Análise do Fenômeno e Plano de Ação

Após a identificação das equipes com os maiores índices de ineficiência, iniciou-se a etapa de brainstorming, na qual foram reunidas equipes interdisciplinares com o objetivo de levantar possíveis causas raízes associadas ao problema em análise. Para cada um dos dois setores analisados, formaram-se grupos compostos por: o supervisor da área, o engenheiro responsável e um técnico da área, assegurando a diversidade técnica e a experiência prática na identificação das falhas.

Posteriormente, as causas inicialmente elencadas foram organizadas por meio da aplicação do Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito. Essa ferramenta possibilitou a categorização das causas segundo os seis grandes domínios do modelo 6M.

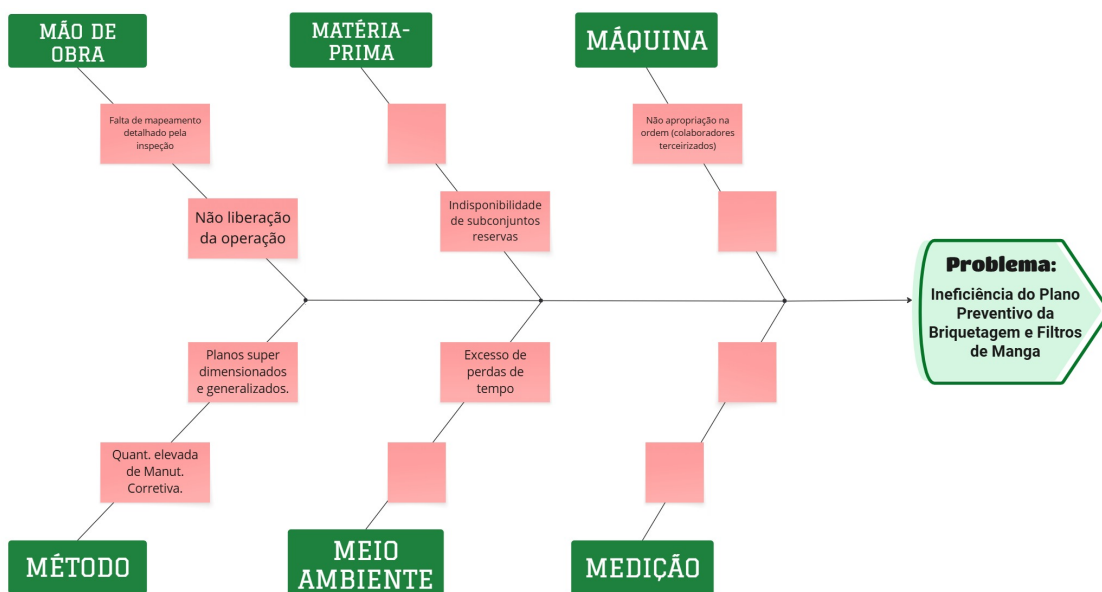
A Figura 4.3 ilustra a aplicação do diagrama para a equipe da UTM.



FONTE: Próprio Autor

Figura 4.3 – Diagrama de Ishikawa - UTM

A Figura 4.4 ilustra a aplicação do diagrama para a equipe da Briquetagem e Filtros de Manga.



FONTE: Próprio Autor

Figura 4.4 – Diagrama de Ishikawa - Briquetagem e Filtros de Manga

As hipóteses causais levantadas durante o brainstorming foram, então, validadas por consenso da equipe multidisciplinar. Em seguida, essas causas foram submetidas à Matriz de Priorização GUT, cuja finalidade é estabelecer uma hierarquização racional das causas com base em sua criticidade. Essa análise também foi conduzida com o suporte da mesma equipe interdisciplinar, assegurando coerência metodológica ao processo. Com base na Matriz GUT, foram elencadas as três principais causas associadas à baixa eficiência da equipe da UTM, a saber:

- 1) Não apropriação do tempo de trabalho na OS por colaboradores terceirizados - 125 pontos.
- 2) Planos de manutenção genéricos - 100 pontos.
- 3) Alto índice de manutenção corretiva executada pela equipe preventiva - 80 pontos.

A Tabela 4.1 apresenta a Matriz GUT correspondente à equipe da UTM, evidenciando a pontuação atribuída a cada causa com base nos critérios supracitados.

Tabela 4.1 – Matriz de Priorização GUT - Equipe UTM

| ID | Causas | Gravidade (G) | Urgência (U) | Tendência (T) | Priorização |
|----|--------------------------------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| 1 | Não Apropriação na OS | 5 | 5 | 5 | 125 |
| 2 | Planos Genéricos | 5 | 5 | 4 | 100 |
| 3 | Alto Índice de Manut. Corretiva | 4 | 4 | 5 | 80 |
| 4 | Adição de Atividades Extras no Plano | 3 | 3 | 2 | 18 |
| 5 | Preenchimento Incorreto nas OS | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 6 | Variabilidade no Tempo de Execução | 2 | 2 | 2 | 8 |

FONTE: Próprio Autor

Referente à causa de maior relevância (Item 1), observou-se que, após a execução das atividades, os colaboradores próprios registram suas horas diretamente na OS. Contudo, os colaboradores de empresas terceirizadas que acompanham as atividades frequentemente não realizam tal registro, uma vez que não possuem matrícula ativa ou acesso ao sistema de gestão SAP da empresa analisada, o que impossibilita a venda da hora de serviço, comprometendo o indicador estudado neste trabalho.

A segunda causa prioritária (Item 2) está relacionada à elaboração massiva e padronizada de planos de manutenção, desconsiderando, muitas vezes, as particularidades operacionais de cada equipamento. Essa prática resultou em incon-

sistências nas listas de tarefas, com descrições genéricas que comprometem tanto a qualidade da execução quanto a assertividade do tempo planejado, o qual pode estar superestimado ou subdimensionado.

Quanto ao terceiro item, verificou-se que, devido à criticidade e ao volume elevado de falhas, a equipe de manutenção preventiva, alocada em horário administrativo, frequentemente assume atividades corretivas que, idealmente, seriam responsabilidade das equipes alocadas em regime de turno. Esse desvio de função compromete a execução do plano preventivo e, por conseguinte, a eficiência global do sistema de manutenção.

As demais causas identificadas pela Matriz GUT serão tratadas em etapas posteriores do projeto, respeitando a ordem de prioridade estabelecida.

Para a equipe de Briquetagem e Filtros de Manga, as causas prioritárias identificadas foram:

- 1) Excesso de demandas corretivas absorvidas pela equipe preventiva - 125 pontos.
- 2) Falta de recursos e materiais - 100 pontos.
- 3) Planos de manutenção superdimensionados e generalizados - 48 pontos.

A Tabela 4.2 apresenta a Matriz GUT correspondente a equipe de Briquetagem, permitindo visualizar a hierarquização das causas de acordo com os critérios adotados. Nota-se que, embora existam fatores comuns entre as duas equipes analisadas, como o excesso de manutenções corretivas, o critério de priorização varia de acordo com o contexto operacional de cada setor.

Tabela 4.2 – Matriz de Priorização GUT - Equipe Briquetagem e Filtros de Manga

| ID | Causas | Gravidade (G) | Urgência (U) | Tendência (T) | Priorização |
|----|--|---------------|--------------|---------------|-------------|
| 1 | Alto Índice de Manut. Corretiva | 5 | 5 | 5 | 125 |
| 2 | Falta de recursos e materiais | 5 | 5 | 4 | 100 |
| 3 | Planos de manutenção Genéricos Plano | 3 | 4 | 4 | 48 |
| 4 | Não Apropriação na OS | 3 | 3 | 3 | 27 |
| 5 | Equipamento não Liberado pela Operação | 2 | 2 | 2 | 8 |

FONTE: Próprio Autor

A seguir, empregou-se a técnica dos 5 Porquês para aprofundar a análise das causas priorizadas. Essa abordagem consiste em questionar repetidamente (cinco

vezes, podendo ser mais ou menos) o motivo pelo qual determinado problema ocorre, com o objetivo de identificar sua causa raiz. A Figura 4.5 apresenta a aplicação da técnica para uma causa comum entre as equipes: Excesso de demandas corretivas absorvidas pela equipe preventiva.



Figura 4.5 – Técnica dos 05 Por quês

FONTE: Próprio Autor

A partir da identificação das causas raízes, elaborou-se um plano de ação direcionado à mitigação dos impactos negativos sobre o indicador de eficiência dos planos de manutenção. Esse plano contempla medidas para eliminação ou redução das falhas sistêmicas observadas, com ênfase na reestruturação de procedimentos, realocação de recursos e revisão dos planos de manutenção existentes.

O plano de ação foi estruturado com base na metodologia 5W2H, ferramenta amplamente utilizada para sistematizar e operacionalizar ações corretivas e preventivas, assegurando clareza na definição das responsabilidades, prazos e métodos de execução. A Tabela 4.3 apresenta as ações consideradas mais relevantes para o alcance da meta de eficiência da equipe da UTM, detalhando os elementos What (o que será feito) e Why (porquê será feito). Optou-se por destacar apenas esses dois componentes da metodologia 5W2H por serem os mais pertinentes ao contexto do projeto, permitindo focar nas ações prioritárias e em suas justificativas.

Tabela 4.3 – Plano de Ação da UTM Utilizando 5W2H

| What (O quê?) | Why(Por quê?) |
|--|---------------------------------|
| Criar matrícula genérica para apropriação dos terceirizados | Não apropriação na OS |
| Fazer levantamento dos planos que necessitam de mudança no tempo de execução e quant. de executantes | Planos genéricos |
| Verificar lista de tarefas dos equipamentos e analisar necessidade de incluir e/ou excluir dentro do plano | Planos genéricos |
| Definir critério para quebra de programação | Alto índice de Manut. Corretiva |

FONTE: Próprio Autor

De forma análoga, a Tabela 4.4 reúne as principais ações aplicadas na área de Briquetagem e Filtros de Manga, com foco na eliminação das causas prioritárias previamente identificadas.

Tabela 4.4 – Plano de Ação da Briquetagem e Filtros de Manga Utilizando 5W2H

| What (O quê?) | Why(Por quê?) |
|--|---------------------------------|
| Definir fluxo de mudança nos planos de manutenção preventiva | Alto índice de Manut. Corretiva |
| Revisar planos de manutenção preventiva dos Filtros de Manga | Planos genéricos |
| Criar matrícula genérica para apropriação dos terceirizados | Não apropriação na OS |

FONTE: Próprio Autor

Algumas ações inicialmente planejadas não puderam ser executadas devido a restrições operacionais e orçamentárias. Como exemplo, destaca-se a proposta de criação de uma matrícula genérica no sistema de gestão SAP para possibilitar a apropriação de horas pelos colaboradores terceirizados. A implementação dessa medida foi considerada inviável economicamente, uma vez que esses profissionais já são contabilizados por meio dos contratos de prestação de serviços, cujos valores são previamente estipulados e englobam a totalidade da força de trabalho. A criação de uma matrícula adicional implicaria em potencial duplicidade de custo no centro de manutenção, o que contraria os princípios de controle orçamentário da empresa analisada. Vale destacar que essa restrição é particular ao modelo de gestão adotado pela empresa, embora possa ser aplicável em outros contextos organizacionais.

No que se refere à ação voltada para a eliminação das inconsistências nas listas de tarefas e revisão de planos de manutenção genéricos, as intervenções concentraram-se nos planos cuja divergência em relação à realidade de execução era mais evidente. Todavia, uma parcela significativa dos planos com maior impacto operacional apresentava periodicidades longas (trimestral, semestral ou anual), o que impediu a mensuração dos ganhos de eficiência dentro da data limite definida neste estudo.

Na data estipulada para verificação dos resultados, a equipe da UTM apresentou um índice de eficiência de 57%, valor inferior à meta previamente estabelecida. Esse desempenho parcial é, em parte, atribuído à impossibilidade de mensuração precisa das horas de trabalho executadas pelas equipes terceirizadas, cuja apropriação direta no sistema permaneceu inviável. Apesar dessa limitação, as demais ações implementadas contribuíram para um avanço significativo, especialmente no que se refere à adaptação dos planos às condições reais de execução, tanto em termos de tempo quanto de recursos humanos e atividades envolvidas.

No caso do setor de Briquetagem e Filtros de Manga, observou-se um desempenho ainda mais crítico: ao término do período estipulado, a eficiência regis-

trada foi de 59%, representando uma redução em relação ao valor de referência inicial de 62%. Esse resultado é considerado preocupante, sobretudo em função do expressivo aumento nas demandas de manutenção corretiva, que absorveram de forma desproporcional a força de trabalho originalmente destinada à manutenção preventiva. Ainda que ações pontuais de revisão dos planos tenham sido executadas, a maioria dos planos com potencial de maior impacto apresentavam, periodicidade elevada, impossibilitando a observação dos ganhos durante o período de acompanhamento. Ademais, como o indicador de eficiência foi medido semanalmente, conforme detalhado no capítulo da Metodologia deste trabalho, impossibilitou a observação de melhorias oriundas de planos com ciclos de execução mais longos.

4.3 Estudo de Caso - Adequação do Plano de Manutenção no Britador de Impacto

Como exemplo prático dos impactos promovidos pelas ações de revisão dos planos de manutenção, apresenta-se a seguir o estudo de caso que buscou otimizar um plano de manutenção preventiva mecânica aplicado ao Britador de Impacto, equipamento utilizado na UTM. Este caso ilustra de forma concreta os benefícios operacionais e econômicos obtidos com a adequação de tempo das atividades à realidade de execução em campo.

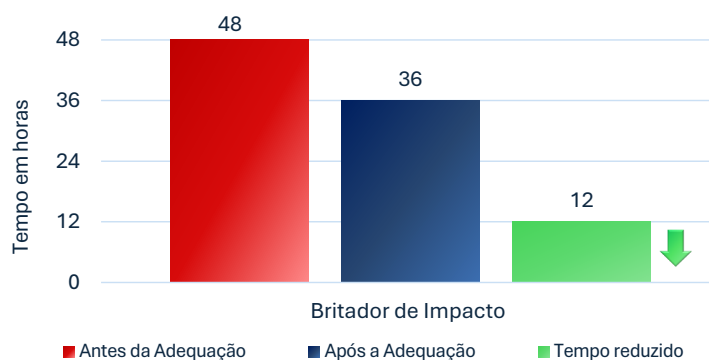
Os britadores de impacto são equipamentos que tem como finalidade reduzir blocos maiores de rochas para tamanhos menores. O seu funcionamento segue o seguinte fluxo: O equipamento acelera o material de alimentação a alta velocidade e, em seguida, lança as pedras em movimento rápido contra as paredes da câmara de britagem e entre si. A colisão do impacto, faz com que as pedras se quebrem em tamanhos menores, conforme [Metso \(2025a\)](#). A Figura 4.6 ilustra a configuração típica de um Britador de Impacto.



FONTE: Metso (METSO, 2025b)

Figura 4.6 – Britador de Impacto

Inicialmente, o equipamento possuía um plano de manutenção preventiva com periodicidade semanal e tempo estimado de 48 horas (ou 2.880 minutos). A partir do acompanhamento das OS emitidas para esse equipamento, verificou-se uma diferença entre o tempo planejado e o tempo efetivamente apropriado nas OS. Essa divergência foi validada juntamente com os mecânicos responsáveis pela execução e com o supervisor da área, assegurando legitimidade à revisão do plano. Diante disso, foi realizada a adequação do plano, reduzindo-o para 36 horas (2.160 minutos), resultando em uma redução de 12 horas por semana, conforme ilustrado na Figura 4.7.



FONTE: Próprio Autor

Figura 4.7 – Adequação do plano do Britador de Impacto

A seguir, apresenta-se a análise trimestral e anual do impacto decorrente dessa única modificação:

- ▶ Redução total de tempo no trimestre: 12 horas/semana × 12 semanas = 144 horas

- ▶ Conversão de Homem Hora (HH) em dias de trabalho: $144 \text{ HH} \div 8 \text{ horas/dia} = 18 \text{ dias de trabalho}$ (para uma pessoa).
- ▶ Economia trimestral estimada: $144 \text{ horas} \times \text{BRL } 100,00 = \text{BRL } 14.400,00$
- ▶ Redução de tempo anual estimada: $12 \text{ horas/semana} \times 52 \text{ semanas} = 624 \text{ horas}$
- ▶ Economia anual estimada: $624 \text{ horas} \times \text{BRL } 100,00 = \text{BRL } 62.400,00$

A redução de 144 HH, no horizonte trimestral, representa o equivalente a 18 dias de trabalho de um colaborador, tempo este que pode ser realocado para outras atividades produtivas. Do ponto de vista financeiro, a economia direta de BRL 14.400,00 em apenas um trimestre, considerando o custo médio de BRL 100,00 por hora de um mecânico, revela o potencial de racionalização de recursos promovido pela simples adequação de um único plano de manutenção. Em síntese, este estudo de caso demonstra como a revisão crítica dos tempos planejados, alinhada à realidade operacional e à expertise da equipe de execução, pode gerar ganhos expressivos em termos de eficiência operacional, redução de custos diretos e melhor aproveitamento da mão de obra disponível.

Capítulo 5

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo principal aumentar a eficiência dos planos de manutenção preventiva em uma indústria de mineração, utilizando como indicador a razão entre o tempo real de execução apropriado nas OS e o tempo previsto nos planos de manutenção, conforme registrados no SAP. A partir de uma média inicial de 72% de eficiência, buscou-se elevar a média para 78%, por meio da revisão dos planos genéricos, dos planos superdimensionados e subdimensionados.

Os resultados obtidos demonstraram que, embora as metas estabelecidas não tenham sido atingidas no período proposto dentro deste projeto, a relevância do projeto é validada quando visto o impacto da revisão dos planos pontuais, como mostrado no estudo de caso desse trabalho. Observando o resultado obtido para a equipe da UTM constata-se que houve uma evolução, a equipe aumentou de 48% para 57% a eficiência dos planos de manutenção e teve diversos planos readequados para refletir de forma mais assertiva as condições reais de execução. Analisando o resultado obtido pela equipe de Briquetagem e Filtros de Manga, de 59%, inferior ao valor inicial de 62%, pode-se concluir que há um longo caminho para a obtenção de planos mais eficientes nessa equipe, ao menos seguindo a métrica do indicador analisado nesse projeto, no entanto, as ações realizadas estabeleceram as bases para revisões futuras.

O estudo de caso aplicado ao Britador de Impacto demonstrou de forma concreta que o ajuste nos planos de manutenção pode trazer ganhos significativos. A readequação do tempo de execução do plano representa aproximadamente uma economia anual de BRL 62.400,00, além da redução de 18 HH trimestral, recurso

que é redirecionado a outras atividades.

Portanto conclui-se que a eficiência dos planos de manutenção preventiva necessita também do alinhamento contínuo entre a equipe de planejamento e da execução, o que possibilita agilidade na identificação dos planos que necessitam adequação. O estudo de caso mostrado nesse projeto, reforça a importância da revisão periódica dos planos e que os ganhos obtidos são de fato relevantes para a empresa, reduzindo seu custo e aumentando sua competitividade no mercado.

Capítulo 6

Sugestões para Trabalhos Futuros

Considerando os resultados obtidos e as limitações enfrentadas ao longo da pesquisa, sugere-se que trabalhos futuros explorem os seguintes desdobramentos:

- 1) Desenvolvimento de sistema que possibilite sugestões automáticas de readequações dos planos utilizando como base os históricos das OS, observando o tempo de execução das atividades ao longo do tempo.
- 2) Implantação e avaliação de indicadores de eficiência ajustados, que considerem a diferença entre equipes próprias e terceirizadas, de forma a reduzir as distorções na mensuração da execução real.
- 3) Análise comparativa entre plantas com diferentes níveis de maturidade em gestão de manutenção, buscando identificar boas práticas aplicáveis em contextos diversos.
- 4) Avaliação da relação entre a eficiência dos planos de manutenção e os indicadores de confiabilidade dos ativos, como o tempo médio entre falhas MTBF e o tempo médio para reparo MTTR, para uma visão mais completa da confiabilidade dos ativos.
- 5) Análise da necessidade de criação de novos planos de manutenção e verificação se estão alinhados à estratégia de manutenção, a fim de evitar planos desnecessários.

Essas sugestões buscam aprofundar a compreensão do papel estratégico da

manutenção preventiva na sustentabilidade industrial e ampliar a aplicabilidade dos resultados deste trabalho em contextos operacionais variados.

REFERÊNCIAS

ABNT-NBR5462. *ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT-NBR 5462 - Confiabilidade e manutenibilidade*. [S.l.], 1994. (Citado 4 vezes nas páginas 4, 5, 6, and 9.)

ALMEIDA, B. G.; FABRO, E. Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia tpm. *Scientia cum Industria*, v. 7, n. 2, p. 23–39, 2019. (Citado na página 3.)

BARBOSA, B. F. F. Proposta de melhoria na elaboração de planos de manutenção preventiva em máquinas florestais de colheita mecanizada de eucalipto. *Universidade Estadual Paulista (Unesp)*, 2023. (Citado 2 vezes nas páginas 6 and 12.)

COSTA, T. B. d. S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de ishikawa e método dos 5 porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. *Anais do X SIMPROD*, Departamento de Engenharia de Produção-Universidade Federal de Sergipe, 2018. (Citado na página 11.)

ENGELETES. Manutenção corretiva. <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>> [Acessado em 09 de Julho de 2025]. 2025. (Citado na página 7.)

FILHO, G. B. *Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade*. [S.l.]: ABRAMAN, 1996. (Citado na página 9.)

FILHO, G. B. *A organização, o planejamento eo controle da manutenção*. [S.l.]: Ciência Moderna, 2008. (Citado 2 vezes nas páginas 4 and 8.)

GUSMÃO, C. A. de. Índices de desempenho da manutenção: Um enfoque prático. *Revista Mantener*, n. 4, p. 13–17, 2001. (Citado na página 4.)

ISHIKAWA, K. *Controle de qualidade total à maneira japonesa*. [S.l.: s.n.], 1993. 221–221 p. (Citado na página 10.)

MALPICA, L. G. T. Manutenção preditiva de motores de combustão interna, à gasolina, através da técnica de análise de lubrificantes. *Universidade Estadual Paulista (Unesp)*, 2007. (Citado na página 8.)

METSO. Britadores de impacto entregam produtos finais de alta qualidade com eficiência. <<https://www.metso.com/pt/agregados/produtos/britadores/britadores-de-impacto/>> [Acessado em 09 de Julho de 2025]. 2025. (Citado na página 22.)

METSO. Nordberg® np series™. <<https://www.metso.com/portfolio/nordberg-np-series/>> [Acessado em 09 de Julho de 2025]. 2025. (Citado na página 23.)

MIGUEL, P. Q. enfoques e ferramentas", ed. *Artliber, São Paulo, Brazil*, 2001. (Citado na página 9.)

NETTO AGOSTINHO, J. Sistematização do processo de desenvolvimento. *Rio de Janeiro: Editora Qualitymark*, 2006. (Citado na página 12.)

OLIVEIRA, M. Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção. *Rio de Janeiro: UFRJ*, 2014. (Citado na página 9.)

SALES, R. Ferramentas da qualidade: Conceito e aplicação. <<https://www.portal-administracao.com/2017/09/sete-ferramentas-da-qualidade-conceito.html>> [Acessado em 09 de Julho de 2025]. 2017. (Citado na página 11.)

VIANA, H. R. G. *PCM-Planejamento e Controle da manutenção*. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002. (Citado 3 vezes nas páginas 5, 8, and 9.)

ANEXO I

Modelo de Ordem de Serviço



| | | | |
|------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Ordem | PL PREV MEC BRITADOR DE IMPACTO | | |
| Tipo | WP / Manutenção Periódica | Tipo de atividade | 30 / Preventiva |
| Cond.Inst. | 0 / Unidade de produção em operação | Prioridade | 3 / Planejado 2 semanas |
| Índice | 04.Mar.2024 | Trabalho total | 48,2 H |

| | | | |
|---------------|--|--------------------|--------------------|
| Loc.Inst. | / Britador de Impacto / Britadores / Britagem Secundária | | |
| Equipamento | / Britador de Impacto | | |
| Nº inventário | | Num. Identif. téc. | |
| Localização | BRIT / Brit | Área Operacional | 0086 / Esmagamento |

| | | | |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|--|
| Centro trab. Responsável | M_UTM / Mecânica I | Grupo Planej. Elem. PEP | |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|--|

O funcionário que executa a ordem de manutenção é responsável pelo cumprimento das normas de segurança e organização no local de trabalho.

| | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------|----------------------|-----|
| Implementado por | | | | | | |
| Operaç. | 0010 | Descrição | ATIVIDADES DE SEGURANÇA | | | |
| C.trab. | | Trabalho / Duraç. | 40 MIN | 10 MIN | Número | 4 |
| Cond.Inst. | 0 / Unidade de produção em operação | | | | Trabalho Subterrâneo | Não |
| 1º início/fim | 05.03.2024 07:30 - 08.03.2024 12:40 | | | | | |

- REALIZAR ANÁLISE PRÉVIA DOS RISCOS DA TAREFA EM CAMPO:..... 'REALIZAR CHECK LIST DOS EPIS:..... 'REALIZAR UMA AVALIAÇÃO CRÍTICA DO LOCAL DE TRABALHO PARA 'VERIFICAR SE AS INSTALAÇÕES ESTÃO SEGURAS, CASO NÃO SE SENTIREM SEGUROS, SOLICITAR A PRESENÇA DO LÍDER OU SUPERVISOR DA EQUIPE OU DO TÉCNICO DE SEGURANÇA:..... 'REALIZAR ISOLAMENTO DA ÁREA UTILIZANDO CERQUITE (QUANDO NECESSÁRIO):.....

FONTE: Sistema SAP

I.1 Captura de Tela da Ordem de Serviço no Sistema

The screenshot displays the SAP Order Service interface. At the top, it shows the order type 'WP Ordem' and the order number. The main title is 'PL PREV MEC BRITADOR DE IMPACTO'. Below this, there are status indicators: 'Technical completed' and 'Concluído'. Key data points include 'Trabalho planejado: 2890', 'Trabalho Real: 1719.6', 'Custos planejados: BRL 79.067,86', and 'Custos Reais: BRL 77.693,75'. The creation date is '12.03.2024, 16:36'. A navigation bar at the bottom lists various tabs: 'Detalhes', 'Operações (3)', 'Checklists (0)', 'Anexos (0/0)', 'Documentos (0)', 'Requisições de Compra (0/0/0)', 'Hora (14)', 'Componentes (1/0)', 'PRTs (0)', and 'Plano >'. The main content area shows the order type 'Manutenção Periódica' and a detailed description: 'PL PREV MEC BRITADOR DE IMPACTO'. It also lists the object hierarchy: 'Objeto superior: Britadores / Britador de Impacto' and '*Objeto Técnico: Britador de Impacto'. The 'Elemento PEP' is 'Britador de Impacto' and the '*Tipo de Atividade' is 'Preventiva'. A 'Texto Longo' field contains the text: 'Substituiu barras na sexta , atividade realizada com o apoio d equipe parceira'.

FONTE: Sistema SAP