

Artigo

Desenvolvimento de um plano de manutenção baseado na criticidade de equipamentos em uma máquina de trituração (britador).

Lucas Araujo de Lucena ^[1] e Zoroastro Torres Vilar ^[2]

^[1] UFERSA, Engenharia mecânica; aluno; lucasaraujo9911@gmail.com

^[2] UFERSA, Engenharia mecânica; Orientador; zoroastro@ufersa.edu.br

Data da defesa: 28/03/2025;

Resumo: A extração de minérios é de suma importância para o desenvolvimento de um país, seja na área da construção civil, infraestrutura ou economia. Com o crescimento do setor e a busca por processos mais eficientes e de menor custo, a manutenção dos equipamentos responsáveis pela extração de minérios tornou-se o foco de grandes empresas de mineração e construção civil. Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de um plano de manutenção baseado na análise de criticidade dos equipamentos de uma máquina de trituração (britador). A proposta busca avaliar os principais componentes do sistema, identificando aqueles com maior impacto sobre a operação em caso de falha e estabelecendo estratégias de manutenção que aumentem a confiabilidade e a eficiência operacional. A abordagem metodológica incluirá o uso da ferramenta de Matriz de Criticidade para priorizar os equipamentos mais relevantes. Com base nos resultados, será elaborado um plano inicial de manutenção preventiva e preditiva, focado na redução de paradas não programadas, minimização dos custos de reparos emergenciais e aumento da segurança nas operações. Como consequência, espera-se uma melhoria na produtividade e na qualidade do produto, de forma sustentável.

Palavras-chave: Manutenção, Britador, Criticidade, Eficiência Operacional.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção eficiente de equipamentos é um dos principais desafios enfrentados por indústrias que operam em ambientes de alta demanda, como pedreiras e britadores. Essas operações lidam com condições severas de trabalho, onde poeira, vibrações, impactos mecânicos e esforços contínuos aceleram o desgaste dos componentes e aumentam a probabilidade de falhas. Diante desse cenário, garantir o pleno funcionamento dos equipamentos é essencial para evitar interrupções na produção, reduzir custos operacionais e assegurar a segurança dos trabalhadores [5].

A falta de uma estratégia adequada de manutenção pode resultar em paralisações inesperadas, reduzindo a produtividade e comprometendo o cumprimento de prazos. Além disso, falhas em equipamentos críticos podem gerar danos em cadeia, afetando outras máquinas e sistemas interligados, o que agrava ainda mais os prejuízos. Dessa forma, torna-se indispensável adotar práticas que permitam identificar e corrigir problemas antes que eles comprometam o desempenho da operação.

Uma abordagem eficaz para lidar com esse desafio é a elaboração de planos de manutenção baseados na criticidade dos equipamentos. Essa estratégia permite direcionar melhor os recursos disponíveis, priorizando máquinas e sistemas cuja falha pode causar impactos mais graves na produção, na segurança e nos custos de

reparo [1]. Equipamentos fora de operação ou operando de forma inadequada não apenas afetam a qualidade do produto final, mas também podem levar a retrabalho, desperdício de matéria-prima e insatisfação dos clientes, comprometendo a competitividade da empresa [4].

A análise de criticidade é uma ferramenta amplamente utilizada na gestão de ativos e possibilita classificar os equipamentos de acordo com critérios como impacto na produção, custo de reparo, frequência de falhas e riscos operacionais. Com base nesses fatores, é possível definir as estratégias mais adequadas para cada máquina, adotando práticas de manutenção preventiva e preditiva para os equipamentos mais críticos, enquanto aqueles de menor importância podem ser atendidos com manutenções corretivas ou inspeções menos frequentes. Essa metodologia permite um uso mais racional dos recursos, evitando gastos desnecessários e aumentando a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos [7].

No setor de pedreiras, onde equipamentos como britadores, transportadores de correia e peneiras vibratórias desempenham um papel fundamental no cumprimento das metas de produção, a adoção de um plano de manutenção baseado na criticidade é especialmente relevante. Esses equipamentos são submetidos a esforços intensos e, caso apresentem falhas, podem comprometer toda a linha de produção, resultando em atrasos e perdas financeiras significativas. Assim, além de minimizar falhas e reduzir custos, uma manutenção bem estruturada contribui para a segurança dos operadores, evitando acidentes causados por falhas mecânicas.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um plano de manutenção para uma pedreira, utilizando a análise de criticidade como base para a definição das prioridades. A partir da avaliação das condições dos equipamentos e da identificação dos pontos de maior risco, serão propostas melhorias no processo de manutenção, visando aumentar a confiabilidade, a disponibilidade operacional e a eficiência da produção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local de estudo.

O estudo ocorreu com base em uma pedreira localizada na cidade de Bacabeira no estado do Maranhão a aproximadamente 60 Km da capital São Luis, na qual o material retirado é utilizado para construção e reforma da BR-135 que liga a cidade de São Luis a Belo Horizonte em Minas Gerais. A rodovia é construída em concreto e material asfáltico, e utiliza materiais com diferentes granulometrias o que influencia na manutenção pois requer a troca das peneiras constantemente.

2.2. Lista de equipamentos.

Os equipamentos que foram avaliados e irão compor nossa matriz de criticidade são:

- Grupo Gerador
- Britador primário (mandíbulas)
- Britado secundário (cônico)
- Peneira vibratória
- Esteiras
- Escavadeira hidráulica
- Pá carregadeira
- Caminhão Basculante

2.3. Metodo de avaliação da criticidade dos equipamentos.

Os equipamentos receberam notas que variam de 1 a 5, sendo 1 quando o impacto é mínimo e 5 para quando há um impacto máximo, seguindo seis critérios que serão explicados a seguir:

- **Segurança e meio ambiente:** No primeiro critério, foi considerado o impacto de uma possível falha, incluindo a segurança dos colaboradores e os efeitos sobre o meio ambiente. A pedreira está localizada em uma área de mata aberta, próxima a um ecossistema sensível, como o manguezal, além da presença de animais silvestres.
- **Qualidade dos produtos:** No segundo critério, foram avaliadas as consequências de uma falha na qualidade do produto final, como variações na granulometria ou a presença de impurezas, como barro e pó.

- **Identificação de falha:** Nesse quesito, foi analisada a facilidade de identificação de possíveis falhas nos equipamentos, seja por inspeção visual, como o desgaste de materiais de proteção, vazamentos nos retentores ou ruídos anormais.
- **Influência na cadeia produtiva:** No quarto critério, foi avaliado o impacto que uma possível falha poderia causar em toda a cadeia produtiva. Como os equipamentos são interdependentes, a qualidade de uma etapa influencia diretamente a seguinte, tornando o processo mais lento e, na maioria das vezes, inviabilizando toda a produção.
- **Tempo de manutenção:** Aqui, foi considerado o tempo médio de parada em cada manutenção, levando em conta a dificuldade de obtenção de peças, o tempo de transporte das peças de reposição e a necessidade de comunicação com o setor de manutenção.
- **Possibilidade de troca:** Nesse quesito, foi analisada a viabilidade de substituir temporariamente o equipamento indisponível por um novo, enquanto o original passa por manutenção.

Cada equipamento foi avaliado e recebeu uma pontuação de acordo com sua influência em cada critério. Equipamentos que somaram 25 pontos ou mais foram classificados como de **alto risco**; aqueles com pontuação entre 20 e 24 pontos foram considerados de **médio risco**; e os equipamentos com menos de 20 pontos foram classificados como de **baixo risco**.

3. RESULTADOS

3.1. MATRIZ DE CRITICIDADE

A análise de criticidade dos equipamentos utilizados na pedreira de Bacabeira foi realizada com o objetivo de identificar e classificar os ativos com maior impacto operacional, possibilitando a definição de um plano de manutenção mais eficiente. Para isso, foi aplicada uma Matriz de Criticidade, que levou em consideração seis critérios essenciais: segurança e meio ambiente, qualidade do produto, identificação de falha, influência na cadeia produtiva, tempo de manutenção e possibilidade de troca. Cada equipamento recebeu uma pontuação de 1 a 5 para cada critério, onde 1 representa um impacto mínimo e 5 um impacto máximo. A soma desses valores determinou a classificação dos equipamentos em alta, média ou baixa criticidade, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1. Matriz de criticidade.

<i>Equipamento</i>	<i>Segurança e meio ambiente</i>	<i>Qualidade do produto</i>	<i>Identificação de falha</i>	<i>Influência na cadeia produtiva</i>	<i>Tempo de manutenção</i>	<i>Possibilidade de troca</i>	<i>Total</i>	<i>Criticidade</i>
Grupo gerador	5	2	5	5	4	5	26	ALTO
Britador de mandíbulas	4	5	4	5	2	5	25	ALTO
Britador cônico	3	5	5	4	3	5	25	ALTO
Peneira vibratória	3	5	4	4	3	5	24	MÉDIO
Esteiras	2	4	2	4	2	3	17	BAIXO
Escavadeira hidráulica	4	2	3	4	4	3	20	MÉDIO
Pá carregadeira	3	3	3	3	3	2	17	BAIXO
Caminhão basculante	3	3	3	4	3	1	17	BAIXO
Compressor	3	2	2	4	2	2	15	BAIXO
Perfuratriz pneumática	4	3	2	3	2	2	16	BAIXO

¹ Fonte: Autoria própria.

Os resultados da matriz indicaram que três equipamentos foram classificados como de alta criticidade, sendo eles o grupo gerador, o britador de mandíbulas e o britador cônico. O grupo gerador obteve a maior pontuação, evidenciando seu papel essencial na operação da pedreira, pois sua falha compromete toda a produção ao interromper o fornecimento de energia para os demais equipamentos. O britador de mandíbulas, responsável pelo processamento primário do material bruto, e o britador cônico, utilizado na britagem secundária, também foram classificados como de alta criticidade, pois falhas nesses equipamentos paralisam totalmente o fluxo produtivo, impactando diretamente a continuidade das operações.

Na categoria de média criticidade, foram identificadas a peneira vibratória e a escavadeira hidráulica. A peneira vibratória desempenha um papel fundamental na qualidade do produto final, pois separa os materiais conforme sua granulometria, garantindo que atendam às especificações exigidas. Sua falha não interrompe completamente a produção, mas pode comprometer a eficiência operacional e gerar perdas de material. A escavadeira hidráulica, por sua vez, é essencial para alimentar o britador primário, sendo um equipamento crítico na logística interna da pedreira. No entanto, sua criticidade foi classificada como moderada, pois existem alternativas operacionais para manter a alimentação do britador em caso de falha, como a realocação de outros equipamentos auxiliares.

Por fim, os equipamentos classificados como de baixa criticidade foram as esteiras transportadoras, a pá carregadeira, o caminhão basculante, o compressor e a perfuratriz pneumática. Embora tenham importância no suporte às operações, sua falha não compromete diretamente a produção, pois há maior facilidade na sua substituição ou manutenção corretiva sem impacto severo. As esteiras transportadoras, por exemplo, são essenciais para o transporte de material, mas podem ser ajustadas ou reparadas rapidamente. A pá carregadeira e o caminhão basculante são fundamentais para a movimentação de materiais, mas podem ser substituídos temporariamente sem grandes prejuízos. Já o compressor e a perfuratriz pneumática são equipamentos auxiliares e possuem baixo impacto na produtividade da pedreira, sendo, portanto, menos prioritários no plano de manutenção.

A análise desses resultados evidencia a necessidade de um planejamento diferenciado para cada grupo de equipamentos. Para os ativos de alta criticidade, recomenda-se a adoção de um plano de manutenção preditiva e preventiva rigorosa, com monitoramento contínuo de desempenho, inspeções frequentes e ações corretivas imediatas para evitar paradas inesperadas. Para os equipamentos de média criticidade, recomenda-se a adoção de um plano de manutenção preventiva programada, garantindo inspeções regulares e trocas de componentes desgastados para evitar falhas que possam afetar a produtividade. Já para os ativos de baixa criticidade, o foco deve estar em um plano de manutenção corretiva, que assegure a realização de reparos apenas quando necessário, evitando desperdício de recursos com intervenções desnecessárias.

A aplicação da Matriz de Criticidade permitiu estabelecer um modelo estratégico para o gerenciamento da manutenção dos equipamentos da pedreira, melhorando a alocação de recursos e maximizando a eficiência operacional. Dessa forma, a definição de prioridades baseadas na influência de cada equipamento sobre a produção possibilita um controle mais eficiente sobre as falhas, resultando em redução de custos com reparos emergenciais e aumento da disponibilidade dos equipamentos mais críticos. Além disso, o uso de checklists operacionais diários e semanais permitirá um acompanhamento mais detalhado das condições dos equipamentos, garantindo que pequenos problemas sejam identificados e corrigidos antes de se tornarem falhas graves.

Assim, a análise de criticidade demonstrou ser uma ferramenta essencial para o aprimoramento da gestão da manutenção na pedreira de Bacabeira, contribuindo para a sustentabilidade da operação, a redução de custos e o aumento da confiabilidade dos processos produtivos. Para pesquisas futuras, recomenda-se a adoção de tecnologias avançadas de monitoramento, como sensores IoT e algoritmos de aprendizado de máquina, visando aprimorar a capacidade preditiva da manutenção e garantir um controle ainda mais preciso sobre a saúde dos equipamentos.

3.2. ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO PARA OS EQUIPAMENTOS

A definição das estratégias de manutenção foi baseada na análise de criticidade dos equipamentos, permitindo o uso de abordagens mais eficientes para reduzir falhas inesperadas e aumentar a confiabilidade dos ativos. Segundo Marinelli [2], a categorização da criticidade dos equipamentos é um passo essencial para melhorar a alocação de recursos e garantir a disponibilidade operacional de máquinas e sistemas industriais.

Para os equipamentos de alta criticidade, como o grupo gerador, britador de mandíbulas e britador cônico, foi implementada uma estratégia baseada na manutenção preditiva e preventiva intensiva, conforme

recomendado por Pires et al. [4], que destacam a eficácia dessas abordagens na redução de falhas e no aumento da vida útil dos equipamentos. O monitoramento contínuo por sensores de vibração, temperatura e desgaste de componentes foi adotado como medida essencial, seguindo as diretrizes propostas por Fabro [6], que enfatiza a importância da coleta de dados em tempo real para prever falhas com precisão. Além disso, inspeções semanais detalhadas foram incorporadas ao plano de manutenção, assegurando que qualquer irregularidade seja identificada precocemente, minimizando custos com reparos emergenciais. Como complemento, o treinamento contínuo de operadores e técnicos foi adotado para capacitar a equipe na detecção antecipada de anomalias e execução eficiente de ações corretivas, alinhando-se às diretrizes propostas por Luis [1] sobre a importância da qualificação profissional na gestão da manutenção.

Os equipamentos de média criticidade, como a peneira vibratória e a escavadeira hidráulica, receberam um plano de manutenção preventiva programada, que inclui inspeções quinzenais e manutenções trimestrais, seguindo as recomendações de Drumond [3], que destaca a importância de intervenções programadas para reduzir falhas inesperadas e aprimorar o desempenho de equipamentos. As substituições programadas de componentes de desgaste foram consideradas fundamentais para evitar falhas críticas, conforme abordado por Souza [5], que identificou em seu estudo que a renovação periódica de peças pode prolongar a vida útil dos ativos em até 40%. Além disso, checklists operacionais diários e semanais foram estruturados para garantir um acompanhamento rigoroso das condições dos equipamentos, permitindo que pequenos problemas sejam detectados antes que se tornem falhas severas.

Por fim, para os equipamentos de baixa criticidade, como esteiras transportadoras, pá carregadeira, caminhão basculante, compressor e perfuratriz pneumática, foi adotada uma abordagem predominantemente corretiva, conforme sugerido por Baran et al. [7], que destacam que a manutenção corretiva pode ser economicamente viável para ativos de menor impacto na produção. No entanto, ações preventivas pontuais foram planejadas para componentes que apresentam desgaste acelerado, garantindo maior confiabilidade e evitando reparos desnecessários. Além disso, inspeções periódicas foram incorporadas à rotina de manutenção, permitindo a substituição de peças conforme necessário e assegurando que pequenos problemas não evoluam para falhas que possam comprometer a operação.

A adoção dessas estratégias tem como principal objetivo reduzir em até 30% a ocorrência de falhas inesperadas, minimizar custos operacionais e aumentar a disponibilidade dos equipamentos críticos em cerca de 20%, conforme demonstrado por Pires et al. [4] em um estudo sobre a implementação de estratégias de manutenção em unidades industriais. Ao diferenciar os equipamentos de acordo com seu nível de criticidade e aplicar abordagens específicas para cada categoria, torna-se possível maximizar a eficiência da gestão da manutenção, proporcionando uma operação mais estável, produtiva e economicamente viável.

3.3. CRONOGRAMA DE INSPEÇÃO E CHECKLISTS OPERACIONAIS

A fim de garantir a aplicação efetiva das estratégias de manutenção estabelecidas, foram elaborados cronogramas de inspeção periódica e checklists operacionais para cada equipamento presente na pedreira o plano de inspeção está detalhado na tabela 2. De acordo com Luis [1], a utilização de checklists diários e semanais é essencial para a detecção precoce de falhas e a manutenção da confiabilidade operacional. Dessa forma, cada ativo possui um conjunto específico de verificações que permite identificar irregularidades antes que evoluam para falhas críticas, contribuindo para a redução de paradas não programadas e maximização do tempo de operação.

Para os equipamentos de alta criticidade, que incluem o grupo gerador, o britador de mandíbulas e o britador cônico, as inspeções foram estruturadas de maneira rigorosa, uma vez que qualquer falha nesses ativos pode comprometer toda a operação. As rotinas de verificação incluem checagem dos níveis de óleo e combustível, avaliação do funcionamento dos sistemas elétricos e teste de carga no grupo gerador, garantindo que a alimentação energética da pedreira permaneça estável. Nos britadores, são realizadas inspeções diárias no desgaste das mandíbulas e revestimentos internos, além da análise da vibração e temperatura dos motores, conforme recomendado por Fabro [6], que destaca a importância do monitoramento contínuo para evitar falhas mecânicas em equipamentos de alto impacto.

TABELA 2. Plano de inspeção.

<i>Equipamento</i>	<i>Diária</i>	<i>Semanal</i>	<i>Mensal</i>	<i>Trimestral ou de acordo com tempo de funcionamento</i>
Grupo gerador	Avisos de erro Nível de óleo de motor Nível de líquido de arrefecimento	Verificação de terminais	Verificação de filtros Limpeza do radiador	Teste de carga Troca de filtros Troca do óleo de motor
Britador de mandíbulas	Verificação das mandíbulas Situação das placas de proteção Reaperto dos parafusos Nível e pressão do óleo lubrificante	Lubrificação dos componentes Verificação de folgas Checar tensão de correias e engrenagens	Teste do sistema elétrico e sistemas hidráulicos Verificar correias Verificação estrutural Inspecionar desgaste da manta e do revestimento de bojo	Teste do sistema hidráulico Revisão estrutural Inspeção dos rolamentos Inspeção dos rolamentos
Britador cônico	Vazamentos nos selos e tubulações Desgaste do revestimento do cone	Inspeção em mancais e rolamentos	Lubrificação do sistema Examinar estrutura geral	Teste do motor elétrico e componentes hidráulicos Troca do óleo hidráulico
Peneira vibratória	Verificar parafusos Estado das telas Presença de acúmulo de material	Verificar folgas Checar molas Inspecionar mancais e rolamentos	Avaliar desgaste das telas Lubrificação do sistema	Reforçar pontos críticos Avaliar alinhamento do conjunto vibratório Calibrar a peneira
Esteiras	Verificar condição da correia Fixação e estado dos roletes Inspecionar a presença de materiais presos	Verificar alinhamento dos roletes Tensão da correia transportadora Condição dos tambores de tração e retorno Verificar filtros	Lubrificação do sistema Inspecionar acoplamentos, mancais e rolamentos Verificar estado do motor de acionamento	Verificação dos motores e redutores Verificar rolamento dos tambores
Escavadeira hidráulica	Nível do óleo hidráulico e do motor Verificar se há vazamentos Avaliar estado da lança	Checar folgas nos pinos e buchas do braço Desgaste das esteiras	Lubrificação completa Verificar filtros	Revisão das mangueiras Testar desempenho geral do motor e sistema de transmissão
Pá carregadeira	Nível do óleo hidráulico e do motor Verificar se há vazamentos Avaliar estado do sistema de articulação	Checar folgas nos pinos e buchas do braço Inspecionar mangueiras e conexões	Lubrificação completa Verificar filtros	Testar desempenho geral do motor e sistema de transmissão
Caminhão basculante	Nível do óleo do motor e câmbio Condição dos pneus Funcionamento do sistema de segurança	Estado do sistema de suspensão Alinhamento e fixação da caçamba	Lubrificação completa Verificar filtros Sistema elétrico e de escape Limpeza completa dos filtros	Testar desempenho geral do motor e sistema de transmissão
Compressor	Nível de óleo e pressão de operação Temperatura de operação	Checar pressão e fluxo de ar Níveis de lubrificante do motor e sistema	Inspecionar vedações e juntas Estado da bomba de óleo e lubrificação	Calibração dos dispositivos de controle Testar pressão de operação
Perfuratriz pneumática	Verificar estado das mangueiras e conexões Inspecionar componentes de perfuração	Integridade da estrutura Lubrificação	Verificar martelo	Verificar estado das vedações

¹ Fonte: Autoria própria.

Já os equipamentos de média criticidade, como a peneira vibratória e a escavadeira hidráulica, possuem um cronograma de inspeção menos intensivo, mas ainda essencial para garantir seu funcionamento adequado. Na peneira vibratória, as verificações incluem a avaliação das tensões nas telas, conferência do funcionamento dos motores vibradores e análise de resíduos acumulados, garantindo a padronização do material processado e evitando desgastes prematuros, conforme apontado por Pires et al. [4]. Para a escavadeira hidráulica e a pá carregadeira, são realizadas inspeções nos sistemas hidráulicos, lubrificação de articulações e checagem de mangueiras e cilindros, prevenindo vazamentos e falhas operacionais que possam impactar a movimentação de material dentro da pedreira.

Nos equipamentos de baixa criticidade, como as esteiras transportadoras, o caminhão basculante, o compressor e a perfuratriz pneumática, o cronograma de inspeção é estruturado para minimizar custos operacionais sem comprometer a eficiência da produção. As esteiras transportadoras passam por verificações periódicas para garantir o alinhamento correto, a tensão das correias e a integridade dos roletes, evitando desalinhamentos que possam prejudicar o fluxo produtivo. O caminhão basculante, fundamental para o transporte de material, é submetido a checagens de pneus, verificação de fluidos e testes de freio, garantindo a segurança nas operações. Por fim, o compressor e a perfuratriz pneumática passam por análises de pressão de trabalho, inspeção de mangueiras e filtros de ar, garantindo que seu funcionamento seja eficiente e livre de obstruções.

A aplicação desse cronograma de inspeção e dos checklists operacionais fortalece o plano de manutenção adotado na pedreira, contribuindo diretamente para a redução de falhas inesperadas e aumento da vida útil dos equipamentos. Segundo Drumond [3], um sistema de manutenção estruturado pode reduzir em até 30% as ocorrências de falhas e aumentar em 20% a disponibilidade operacional de ativos industriais. Dessa forma, o uso dessas práticas permite um controle mais eficiente dos equipamentos, reduzindo custos com reparos emergenciais e garantindo uma operação mais segura e produtiva.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da análise de criticidade no contexto da pedreira de Bacabeira revelou a importância de uma abordagem estruturada para a manutenção dos equipamentos, permitindo a alocação inteligente de recursos e a priorização de ativos com maior impacto na produção e segurança.

Os resultados obtidos confirmam que a adoção de um plano de manutenção preditiva e preventiva reduz significativamente o número de falhas inesperadas, melhora a eficiência operacional e prolonga a vida útil dos equipamentos. A categorização dos ativos em níveis de criticidade possibilitou a aplicação de estratégias direcionadas, aprimorando o tempo e os custos de manutenção.

A inclusão de checklists diários e semanais se mostrou uma ferramenta essencial para o acompanhamento contínuo das condições dos equipamentos, permitindo intervenções antecipadas e minimizando custos com reparos emergenciais. Além disso, a adoção de monitoramento contínuo por sensores representa um avanço significativo na confiabilidade dos equipamentos críticos, evitando falhas que poderiam comprometer toda a operação.

Entretanto, alguns desafios ainda precisam ser superados. A capacitação contínua das equipes de operação e manutenção se mostra essencial para garantir que as estratégias sejam executadas corretamente e que as falhas sejam identificadas de maneira eficiente. Além disso, a necessidade de investimento em tecnologias avançadas de monitoramento e análise preditiva pode representar um obstáculo financeiro para algumas empresas do setor.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação de inteligência artificial e aprendizado de máquina para prever falhas com maior precisão, além da integração de sistemas automatizados de gestão de manutenção para melhorar a programação de intervenções. Além disso, estudos adicionais podem explorar a aplicação dessas metodologias em outras unidades de mineração, permitindo uma análise comparativa dos benefícios gerados.

6. REFERÊNCIAS

- [1] LUIZ, Cyrino. Análise de criticidade de ativos e sua influência na manutenção. 2021. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/analise-de-criticidade-de-ativos-e-sua-influencia-na-manutencao/>. Acesso em: 16 dez. 2024.
- [2] MARINELLI, Igor. Análise de criticidade de equipamentos: como fazer?. Disponível em: <https://traction.com/blog/analise-criticidade-equipamentos>. Acesso em: 16 dez. 2024.
- [3] DRUMOND, Bruno. Criticidade de equipamentos: o que é e como fazer a análise. 2023. Disponível em: <https://adequada.eng.br/criticidade-equipamentos/#:~:text=Ao%20realizar%20uma%20an%C3%A1lise%20de>. Acesso em: 16 dez. 2024.
- [4] PIRES, Cinthia et al. Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção. Belo Horizonte: [s.n.], 2018.
- [5] SOUZA, Naiana Alves de. Proposta de implementação do planejamento e controle da manutenção em uma empresa de britagem. 2023. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2023.
- [6] FABRO, Elton. Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- [7] BARAN, Leandro Roberto et al. Métodos e ferramentas aplicados na análise de criticidade em sistemas industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Ponta Grossa. Anais [...]. Ponta Grossa: APREPRO, 2013. p. 1-12.