



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS
ADMINISTRATIVAS



EDVANDER MESSIAS

**A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO NO CUMPRIMENTO DAS
METAS ESTIPULADAS PELO SETOR PRODUTIVO MINERADOR: um estudo de caso**

Mariana

2022

EDVANDER MESSIAS

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO DO PROCESSO NO CUMPRIMENTO DAS
METAS ESTIPULADAS PELO SETOR PRODUTIVO MINERADOR: um estudo de
caso**

Monografia apresentada ao curso de Administração da
Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito
para obtenção do título Bacharel em Administração

Orientadora: Profa. Clarisse da Silva Vieira Camelo de
Souza

Data de aprovação: 16/11/2022

Mariana

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M585i Messias, Edvander.

A importância da manutenção do processo no cumprimento das metas estipuladas pelo setor produtivo minerador [manuscrito]: um estudo de caso. / Edvander Messias. - 2022.

45 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. clarisse da silva vieira camelo souza.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Administração .

1. Administração da produção. 2. Manutenção produtiva total. 3. Mineração a céu aberto. 4. Produção (Teoria econômica). I. souza, clarisse da silva vieira camelo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 338.4

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa-Bibliotecário Coordenador
CBICSA/SISBIN/UFOP-CRB6a1407



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Edvander Messias

A Importância do Processo de Manutenção no Cumprimento das Metas Estipuladas pelo Setor Produtivo Minerador:

Um estudo de Caso

Monografia apresentada ao Curso de Administração da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Administrador

Aprovada em 16 de Novembro de 2022

Membros da banca

[Doutora] - Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutora] - Simone Aparecida Simões Rocha - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Mestranda] - Itaiane de Paula - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/11/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/11/2022, às 08:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0424804** e o código CRC **7867918B**.

RESUMO

Frente ao cenário cada vez mais competitivo, é de suma importância que as empresas estabeleçam planejamentos estratégicos sólidos, que não visem somente a produção do bem ou serviço, como também a garantia que os equipamentos e instalações estejam em condições para que as metas sejam cumpridas. Nas empresas de mineração não é diferente, nesse contexto a manutenção dos equipamentos se faz necessária para garantir a continuidade do processo de produção, assim, a escolha assertiva do método de administrar a manutenção deve buscar medidas que eliminem ou diminuam as paradas inesperadas dos equipamentos. O trabalho teve como objetivo discorrer a respeito do planejamento e dos métodos de manutenção utilizados no setor mineral, as implicações de uma má gestão deste processo na produção. Utilizou-se a metodologia de estudo de caso exploratório descritivo, com abordagem quanti-qualitativa, de forma a quantificar dados em relação às paradas inesperadas do equipamento, bem como a repercussão dessas paradas no planejamento da produção. Os dados levantados demonstram que a variação dos custos são parecidos entre a manutenção preventiva e corretiva, no entanto quando são acrescidos os prejuízos causados pela perda de produção a definição do método fica mais evidente.

Palavras-chaves: Mineração. Produção. Manutenção. Planejamento. Métodos de Manutenção.

ABSTRACT

Faced with the increasingly competitive scenario, it is of paramount importance that companies establish solid strategic plans, which not only aim at the production of the good or service, but also at ensuring that the equipment and facilities are in conditions for the goals to be met. In mining companies it is no different, in this context the maintenance of equipment is necessary to ensure the continuity of the production process, thus, the assertive choice of the method of managing maintenance must seek measures that eliminate or reduce unexpected stops of equipment. The objective of this work was to discuss about the maintenance methods used in the mineral sector, the implications of planning and of a bad management of this process in the production. Data regarding unexpected equipment stops, as well as the impact of these stops on production planning. The data collected show that the variation in costs is similar between preventive and corrective maintenance, however when the losses caused by the loss of production are added, the definition of the method becomes more evident.

Keywords: Mining. Production. Maintenance. Planning. Maintenance Methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Layout da planta de beneficiamento	23
Figura 2: Estrutura da bomba Weir 650	27
Figura 3: Estrutura da bomba Weir 650	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relatório de paradas por falhas mecânicas	23
Tabela 2: Produção mensal: Planejado e Executado	24
Tabela 3: Variação do preço da Oz de Ouro mensal	25
Tabela 4: Variação do dólar	25
Tabela 5: Componentes da bomba	26
Tabela 6: Cálculo da perda de produção por onça de ouro em R\$	29
Tabela 7: Cálculo de perda de produção em oz/Au	29
Tabela 8: Total perda de produção de oz/Au em R\$	30
Tabela 9: Custo total de mão de obra por manutenção preventiva	31
Tabela 10: Custo total de 3 e 4 paradas programadas para manutenções preventivas ao ano ..	32
Tabela 11: Perda da capacidade produtiva em Real considerando 3 e 4 manutenções preventivas ao ano	32
Tabela 12: Custo total da parada para manutenção programada	33
Tabela 13: Custo de mão de obra por parada não programada para manutenção corretiva ..	34
Tabela 14: Custo total da parada para manutenção corretiva	35
Tabela 15: Perda da capacidade produtiva em Real por parada para manutenção corretiva ..	35
Tabela 16: Custo total da parada para manutenção programa da para manutenção corretiva	36
Tabela 17: Custo total da parada para manutenção programada para manutenção.....	37

LISTA DE SIGLAS

AASP – Associação dos Advogados de São Paulo
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANM – Agência Nacional de Mineração
Au – Ouro
Gr – Grama
NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
Oz – Onça de ouro
PCM – Planejamento e Controle da Manutenção
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso
TPM – Manutenção produtiva total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO.....	13
4.1.1	Manutenção preventiva.....	14
4.1.2	Manutenção preditiva	14
4.1.3	Manutenção produtiva total (TPM).....	15
4.1.4	Manutenção centrada na confiabilidade (MCC)	16
4.1.5	Manutenção corretiva	16
4.2	INDICADORES DE MANUTENÇÃO	17
4.3	CUSTOS DE MANUTENÇÃO	17
4.4	A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PARA SEGURANÇA	19
5	METODOLOGIA.....	20
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	22
6.1	ESTUDO DE CASO	22
6.2	CÁLCULO DE PERDA DE PRODUÇÃO.....	29
6.3	PERDA DE RECEITA BRUTA OCACIONADA PELAS PARADAS INESPERADAS	30
6.4	CÁLCULOS DO CUSTO DAS PARADAS	30
6.4.1	Custo anual da manutenção programada	31
6.4.1.1	Perda de Capacidade Produtiva em Decorrência das Manutenções Programadas	32
6.4.1.2	Perda Receita Bruta mais Custo de Manutenção Programada	33
6.4.2	Custo de manutenção corretiva.....	33
6.4.2.1	Custo médio da parada corretiva	34
6.4.2.2	Perda de Capacidade Produtiva em Decorrência das Manutenções Corretivas 35	
6.4.2.3	Perda receita bruta mais custo de manutenção corretiva.....	35
6.4.3	Custo da manutenção preditiva	36

7	COMPARATIVO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA X MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	37
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, é vital que as organizações sejam capazes de se adaptar às constantes modificações do mercado. O setor de manutenção se destaca como um diferencial ao manter ativos e imobilizados em condições de atender às necessidades dos clientes de forma eficiente e em tempo hábil. Dessa forma, os profissionais da equipe de manutenção devem dispor de todos os recursos para executar as operações de manutenção. Uma gestão eficiente e racional é imprescindível para suprir as necessidades do setor e garantir, além de recursos indispensáveis para operacionalizar a manutenção, que o setor de manutenção seja autossustentável a ponto de prover o que a organização espera dele, sem onerar demasiadamente a empresa (ALMEIDA, 2017).

De acordo com Gregório e Silveira (2018) a palavra manutenção deriva do latim e quer significa manter o que se tem funcionando; já a manutenção industrial teve sua origem no século XVI, quando a produção artesanal começou a decair, dando espaço à produção industrial. Desde então, a produção industrial vem enfrentando variados desafios no que diz respeito à perda de produtividade. Pois, diversos fatores influenciam nos resultados e metas estipuladas.

No setor da mineração, são vários os fatores que comprometem de forma significativa todo o processo, dentre eles, a variação do teor de minério na mina em relação aos dados da pesquisa mineral; erros de operação que geram vazamentos, recirculação de material nas linhas de produção ou transbordos das caixas de concentrado; e falhas ou defeito dos equipamentos, podendo esse ser de natureza mecânica, elétrica ou nos instrumentos de automação. E nesse contexto, a manutenção é considerada um mal necessário, sendo inerente a qualquer processo. Isso se deve, simplesmente, pela necessidade de executar atividades de reparos, como, por exemplo, a pintura de uma casa que se deteriorou com o tempo, a troca de óleo de um veículo que já foi usado no tempo estipulado pelo fabricante, ajuste dos freios ou mesmo tampar um buraco na rua que oferece riscos de acidentes aos condutores e pedestres.

Conforme Vasconcelos (2008) desde os primórdios, quando as primeiras tecnologias foram introduzidas para facilitar a vida do homem, para aumentar a produção ou para diminuir o esforço físico em relação ao trabalho, se faz necessário realizar reparos para garantir que equipamento, ativo ou ferramenta funcione dentro dos limites de eficiência para o qual foi projetado. E com o advento da Revolução Industrial, em 1760, foram substituídas as ferramentas utilizadas na produção artesanal, por máquinas com objetivo de realizar a

produção em larga escala, surgindo assim, a mecanização da produção, com isso essa necessidade de fazer os reparos se tornou mais latente (VASCONCELOS, 2008).

No entanto, segundo Gregório e Silveira (2018) a produtividade não era prioridade para as empresas, a manutenção consistia apenas na lubrificação, limpeza e reparos corretivos em decorrência de paradas não programadas das máquinas. As intervenções nos equipamentos somente ocorriam após a geração de algum dano ou falha. Nesse caso, a manutenção visava apenas corrigir o defeito, ou seja, pela realização de um reparo paliativo. Esses, geralmente, são mais rápidos e geram menores perdas de produção (para esse método). No entanto, ainda não era possível prever ou prevenir as paradas indesejadas dos equipamentos. Entretanto, com o fim da segunda guerra mundial, o processo de manutenção tornou-se mais necessário. Sendo assim, foram desenvolvidas técnicas para planejar, organizar e executar as manutenções.

Dada a importância da manutenção, atualmente as grandes organizações possuem no seu organograma, uma gerência específica para atender a manutenção, sendo que no geral o número de funcionários nessa gerência se equipara ao da gerência de operação, sendo ambas partes do organograma da Diretoria de Operações.

E dessa forma, o presente estudo visa analisar os principais fatores que influenciam o processo de manutenção na mineração, utilizando dados reais de uma mineradora multinacional, que possui uma unidade de operação no estado de Minas Gerais. Assim, poderá ser proposto o um planejamento estratégico adequado ao método de manutenção, como determinação de prazos e períodos, juntamente com o planejamento e controle da produção. Além de minimizar as perdas decorrentes das falhas ou defeitos, fornecendo maior confiabilidade aos equipamentos e ao processo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo geral apresentar as implicações ocasionadas pela falta efetiva do planejamento da manutenção e os métodos utilizados no setor de beneficiamento mineral, entendendo o funcionamento de cada método e as consequências que estes geram para o custo final da produção.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o tema abordado;
- ✓ Identificar as implicações da falta do planejamento efetivo da manutenção;
- ✓ Identificar as consequências das falhas de manutenção nas metas de produção;
- ✓ Analisar os métodos de manutenção adequados ao processo;
- ✓ Propor uma solução baseada no método escolhido.

3 JUSTIFICATIVA

É muito comum nas usinas de beneficiamento de minérios, principalmente na produção de ouro, a ocorrência de altas perdas em decorrência das falhas dos instrumentos de automação industrial ou das paradas não programadas dos equipamentos. Por isso, segundo Chiavenato (2008), toda produção deve ser planejada previamente para evitar desperdícios, perdas de tempo, atrasos ou antecipações.

Para Almeida (2015), a manutenção pode ser entendida como um composto de procedimentos técnicos necessários para garantir o bom funcionamento e também o reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas. Dessa forma, como a manutenção é algo inerente ao processo de produção, ela deve acontecer de maneira programada. Para isso, o planejamento da produção deve contemplar, periodicamente, inspeções e/ou reparos nos equipamentos de forma a evitar as paradas não programadas.

Entre os grandes desafios da manutenção estão a manutenção de uma equipe altamente especializada e um alto engajamento com fornecedores. Isso pode tornar o processo muito oneroso, tornando o custo da produção muito alto. Sendo assim, é necessário um estudo detalhado em relação à melhor estratégia de manutenção, principalmente em equipamentos considerados críticos ao processo de produção.

Isto demonstra que a escolha do método é muito complexa e necessita de uma análise detalhada em relação aos objetivos da empresa, o período econômico e outras variáveis vivenciadas, tendo em vista a viabilidade econômico-financeira da organização. Pois, a manutenção depende, direta e indiretamente, da compreensão e apoio de diversas gerências da empresa, como por exemplo: Produção, Finanças, Recursos Humanos e Logística, e os resultados obtidos afetam simultaneamente essas variadas áreas. Dessa forma, o planejamento das manutenções deve ocorrer, visando minimizar o tempo de parada dos equipamentos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

A mineração é um setor muito importante para o desenvolvimento humano e tecnológico. O Brasil é um dos principais países que se destaca nesse setor, possuindo uma grande variedade de minerais em seu subsolo. Segundo a ANM (Agência Nacional de Mineração), o Brasil possui aproximadamente 70 substâncias minerais diferentes (BRASIL, 2019).

Para garantir a produção das mineradoras é preciso assegurar a disponibilidade dos equipamentos envolvidos na produção, tendo em vista que as paradas repentinas em decorrência de falhas geram grandes perdas de produção. As perdas são trabalhos realizados, que geraram custos para a empresa e não proporciona nenhum retorno financeiro. Ele é caracterizado quando a empresa tem um dispêndio financeiro para produzir algo, porém o produto se perdeu no decorrer do processo.

Com a finalidade de manter as máquinas em condições adequadas de funcionamento, a equipe de manutenção elabora e executa planos de manutenções, os quais são desenvolvidos para que não ocorram paradas que possam prejudicar o funcionamento da organização. Sendo assim, um dos fatores que prejudica o fluxo de produção de uma empresa mineradora corresponde à quebra de equipamentos, uma vez que o processo fica estacionado enquanto as falhas são corrigidas. Isso acarreta prejuízo à empresa, pois o processo não produz no período em que o maquinário estiver quebrado, repercute na redução do volume de produção, aumento dos custos, redução de receitas, dentre outros. Para evitar parada dos processos e reduzir os custos, as manutenções devem ser planejadas com antecedência (REZENDE *et al.*, 2022).

Segundo Penha (2021) o planejamento detalhado e eficiente propicia o cumprimento dos prazos e dos critérios de manutenção ideais permitindo que o equipamento seja mantido com o mínimo de incidente ou acidentes. Dessa forma, evitando, consequentemente, a ocorrência de grandes prejuízos operacionais e financeiros para toda a planta.

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é o núcleo estratégico da gerência da manutenção, sendo responsável por administrar, controlar, programar e medir os índices da manutenção. Segundo Almeida (2015), os gestores do PCM possuem 5 métodos de administração da manutenção, são eles: manutenção preventiva, manutenção preditiva,

manutenção produtiva total (TPM), manutenção centrada na confiabilidade e manutenção corretiva.

4.1.1 Manutenção preventiva

É a manutenção planejada para ser realizada antes da apresentação da falha no equipamento. Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), a Norma Brasileira de Regulamentação - NBR 5462/94, na manutenção preventiva consiste em ser realizada em intervalos predeterminados, seguindo critérios específicos para sua realização. No intuito de aumentar a vida útil do equipamento, diminuindo as perdas em decorrência de falhas no equipamento e melhorando a assertividade nos planos de manutenção.

Dutra (2006) salienta que as manutenções devem ser realizadas de maneira preventiva, o que requer dos profissionais o conhecimento de suas atividades para que os processos possam cumprir as metas e objetivos da organização. Na visão de Branco Filho (2008), a manutenção preventiva objetiva mapear e corrigir possíveis falhas e não conformidades antes que as mesmas ocorram, sendo executadas todas as ações de reparo quando o sistema ainda apresenta característica operacional. As manutenções preventivas devem ser feitas de acordo com as recomendações do fabricante dos equipamentos ou considerando o histórico de funcionamento e manutenção de cada um deles, normalmente agendadas a partir da organização da empresa que definem quais serão os parâmetros para as manutenções.

4.1.2 Manutenção preditiva

É o tipo de manutenção que se aplica com base em técnicas de análise e monitoramento dos equipamentos, está focada em definir a intervenção somente quando necessário, com objetivo de utilizar ao máximo os componentes do equipamento. Uma grande vantagem desse tipo de manutenção é a redução do número de falhas do equipamento, aumento da vida útil do equipamento e diminuição dos tempos de parada, devido à previsibilidade das condições dos componentes, principalmente em equipamentos críticos (MORENGHI, 2005).

Para Mazia (2007) o programa de manutenção preditiva é caracterizado por uma combinação de três fases. A primeira é inspeção – que consiste no monitoramento das condições do equipamento para detectar possíveis anomalias; já a segunda é o diagnóstico - isolar a causa do problema; e a terceira fase é a correção - realizar a ação corretiva.

Este tipo de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, em que fenômenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos etc. são observados por meio de instrumentos específicos. Esta análise permite a observação das reais condições do equipamento e o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planejamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção para troca de peças e a eliminação do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado (ALMEIDA, 2015, p. 23).

De acordo com a NBR-5462 (ABNT, 1994) é a manutenção preditiva que permite garantir a qualidade do serviço desejado, se baseando na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando meios de supervisão centralizados ou amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

4.1.3 Manutenção produtiva total (TPM)

É um conceito desenvolvido por empresas japonesas após a segunda guerra mundial. A TPM utiliza os métodos da manutenção preventiva e preditiva, com programas que treinam os próprios operadores para auxiliarem no monitoramento dos equipamentos e realizam atividades simples, como, por exemplo, uma simples troca de filtros (PINTO; XAVIER, 2009).

A TPM é um modelo de estratégia de manutenção autônoma, envolvendo a equipe da operação em atividades de inspeção, check-list e realização de tarefas simples de manutenção, a fim de antever danos ao equipamento. Este modelo propõe a integração da operação nas atividades de manutenção, de forma que o operador é também responsável por manter o equipamento, de forma autônoma, ou seja, por iniciativa própria (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

A TPM aborda a ideia de “quebra zero”, baseando-se no conceito que a quebra é manifestação visível da falha. Sendo assim, tem-se o entendimento que antes da manifestação visível, podem ocorrer várias falhas invisíveis, que podem ocorrer por fatores físicos e psicológicos (PINTO; XAVIER, 2009).

4.1.4 Manutenção centrada na confiabilidade (MCC)

Conforme Sandim (2021), a MCC é um tipo de manutenção que busca a segurança e a confiabilidade dos equipamentos ou ativos, por meio do acompanhamento dos equipamentos, através de instrumentos de análise que operam de forma remota, ou seja, através de softwares que fornecem informações em tempo real dos resultados e da vida útil de cada equipamento. Para Fogliatto e Ribeiro (2011), a confiabilidade está relacionada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras e falhas.

Silva (2018) afirma que a MCC tem como objetivo principal aumentar a disponibilidade das máquinas e otimizar a produção. Desse modo, possibilita reduzir as paradas emergenciais e paradas para manutenção corretivas, melhorar a distribuição da mão de obra, bem como reduzir também a taxa de serviços aguardando programação e evidenciar a ampliação da vida útil dos equipamentos, uma vez que cada componente do sistema recebe a manutenção necessária para cumprir a sua função.

4.1.5 Manutenção corretiva

Para Pinto e Xavier (2009), a manutenção corretiva é um conjunto de procedimentos para atender o setor da produção. Essa manutenção somente será realizada quando o equipamento apresenta alguma falha ou baixo rendimento em relação ao projetado. Teles (2021) afirma que o método manutenção corretiva tem como desvantagem a falta de previsibilidade dos tempos de parada que também dificulta o planejamento e preparação para realizar a manutenção. Podendo essa ser corretiva programada, quando é possível continuar a operação do equipamento, após a apresentação da falha, por um período até que os recursos necessários sejam disponíveis para iniciar a manutenção, ou pode ser corretiva não programada, quando a falha causa a parada imediata do equipamento.

Na ABNT (1994), a NBR-5462 se refere à manutenção corretiva como sendo a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Esse tipo de manutenção acontece quando o reparo precisa ser

feito imediatamente com o objetivo de evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente (VIANA, 2002).

4.2 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Segundo Zen (2003), devem ser usados os seguintes indicadores para organizar a estrutura de manutenção:

- ✓ Hora de parada: indica o tempo de indisponibilidade do equipamento para operar, ou seja, é o período em que ocorre a parada devido a falha até sua liberação para operação;
- ✓ Hora de espera: é o tempo entre a comunicação da falha até o início da intervenção da equipe de manutenção;
- ✓ Hora de impedimento: é a medição do tempo desperdiçado com fatores que dependem de outras equipes, como por exemplo a aquisição de componentes pelo setor de compras;
- ✓ Disponibilidade: é determinada pelo tempo em que o equipamento está disponível para a equipe de operação, atendendo os requisitos desejáveis para atendimento das metas de produção;
- ✓ Custo de manutenção: é o montante de todos os custos gerados pelo processo de manutenção, desde os custos com materiais, mão de obra, até perdas de produção em decorrência da parada.

Sendo admissíveis tantas opções, a escolha do método e do indicador irá ocorrer de forma que agregue valor à empresa, visando melhores resultados e maior lucratividade.

4.3 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

A constante busca pelo aumento da produtividade e redução de custos sempre esteve presente nos empreendimentos de mineração (OLIVEIRA, 2019). Nesse sentido, Silveira (2015) reforça que realizadas as escolhas certas na gestão da manutenção, é possível melhorar o desempenho do equipamento, alcançando, ao mesmo tempo, uma redução dos custos de

manutenção e um aumento de sua confiabilidade operacional. Entretanto, se houverem más escolhas, outros problemas serão criados, enquanto aqueles já existentes tenderão a piorar.

Na visão da ABECOM (2022), os custos de manutenção garantem a eficiência de funcionamento dos equipamentos e ampliam a sua vida útil. Os principais itens a ser considerados nos custos de manutenção são - mão de obra de manutenção própria ou terceirizada, reposição de peças, indisponibilidade de máquinas, e estoque de peças e materiais para os serviços (ABECOM, 2022).

Os custos de manutenção correspondem à parte primordial dos custos operacionais totais das entidades e são inerentes ao seu ciclo operacional.

Os custos de manutenção correspondem à parte principal dos custos operacionais totais das entidades e são inerentes ao seu ciclo operacional. Quanto à relevância e à efetiva necessidade, faz-se necessário analisar caso a caso. Deve-se implantar método ou métodos que permitam um gerenciamento desses custos, independentemente de se atribuir tal encargo ou função a um determinado setor da entidade ou status que se lhe queira atribuir, ou seja, a situação passa a ser vista como de gerenciamento de indivíduos, devidamente treinados e qualificados a executarem determinados serviços, utilizando para esse mister, ferramentas e materiais modernos, métodos e técnicas adequadas (FREITAS; RESENDE FILHO, 2005, p. 3).

O custo de manutenção envolve os custos direto, indireto e induzido. Geralmente, a separação dos custos está relacionada às atividades, diretas ou não, no processo de manutenção da empresa. E são classificados como custos diretos (envolvem recursos usados para realizar o serviço de manutenção, tais como: mão de obra, ferramentas, peças de reposição e insumos), já os custos indiretos são os decorrentes da depreciação dos equipamentos e do lucro cessante (prejuízo causado em função da interrupção das atividades produtivas) e ainda os custos induzidos – os quais ocorrem por erros de manutenção e geram impactos nos processos produtivos, bem como no caixa da empresa (TELES, 2017).

Atualmente, há a necessidade, cada vez maior, de eliminar custos e aumentar a produtividade nas empresas, devido à grande concorrência existente. Diante dessa necessidade, a manutenção se tornou essencial ao cumprimento destas duas metas. Pois, é com ela que se repara a máquina com as melhores tecnologias, técnicas e métodos disponíveis, bem como é também a manutenção que disponibiliza máquinas confiáveis e capazes de produzir sem imprevistos, agregando lucros maiores para a organização (LOTTERMANN, 2014).

4.4 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PARA SEGURANÇA

O plano de manutenção deve ser minucioso para garantir a segurança na mineração. Infelizmente por falhas nas máquinas ou desatenção, as lesões e fatalidades entre os trabalhadores de minas continuam gerando preocupações. Segundo a Fundacentro, órgão do Ministério do Trabalho, entre 2002 e 2012, cerca de 50 mil mineradores no Brasil sofreram acidentes durante suas atividades (apud IBRAM, 2018).

De todos os setores industriais, a mineração é um dos mais perigosos. Apesar de o setor ter conseguido reduzir o número de acidentes de 6.396 em 2008 para 6.016 em 2010, a indústria extrativa mineral é ainda responsável pelas maiores taxas de mortalidade dentre toda a indústria brasileira, na ordem de 30% seguida pelo setor da construção civil 17% (PELLEGRINELLI, 2013 *apud* CATTABRIGA; CASTRO, 2014, p. 401).

Para trabalhar com segurança, as minas precisam manter os equipamentos em boas condições de uso, utilizar o maquinário na intensidade correta e fazer com que os funcionários utilizem os EPIs necessários em cada operação (IBRAM, 2018).

A degradação e o desgaste de máquinas e equipamentos envolvidos no processo de mineração podem acarretar em perdas e quebras, aumentando os custos com manutenção. Pode-se destacar, também, o comprometimento da segurança dos colaboradores, os quais são expostos a riscos devido à degradação e desgastes de máquinas e equipamentos (FERREIRA et al., 2022). Sendo assim, a manutenção também objetiva garantir a segurança dos colaboradores, bem como o cumprimento das exigências das normas ambientais.

5 METODOLOGIA

Este trabalho é um estudo de caso exploratório e descritivo, que busca elementos da realidade para ilustrar e dar substrato aos conceitos teóricos. Estas metodologias são adequadas na medida em que realiza uma análise dos custos de manutenção. Quanto ao objetivo, é proporcionar maior familiaridade com o problema, podendo envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado (GIL, 2017).

Conforme Marconi e Lakatos (2017), o estudo de caso trata de uma pesquisa empírica abrangente, com procedimentos preestabelecidos, que investiga um ou múltiplos fenômenos contemporâneos no contexto da vida real, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Esse método “consiste na observação de fatos e na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presumem relevantes para analisá-los” (MARCONI e LAKATOS, 2011, p. 169).

Para realizar o estudo de caso e entender o impacto da manutenção no setor da produção, fez-se coleta de dados quanti-qualitativos por meio dos relatórios de um equipamento que possui influência direta nos resultados de produção, sendo esse uma bomba Warmam 650, instalada para movimentar o material proveniente da descarga de um moinho de bolas, gerando a restrição de 19% da produção. Esses dados indicam o impacto do equipamento por hora parada e as perdas de faturamento causadas por essas paradas. Dessa forma, os custos das manutenções foram analisados, a partir dos resultados e das implicações das falhas no processo e no cumprimento das metas de produção.

Gil (2017) salienta que a consulta a fontes documentais é imprescindível em qualquer estudo de caso, e que essas informações podem auxiliar na elaboração dos planos de observação. Sem contar que à medida que dados importantes estejam disponíveis, não haverá necessidade de procurar obtê-los mediante interrogação, a não ser que se queira confrontá-los.

Os dados observados foram extraídos da produção de uma mineradora, através da abordagem quanti-qualitativa, sob a qual, segundo Gomes e Araújo (2005, p. 10) “Os resultados alcançados com o emprego dessas metodologias alternativas apontam para uma maior fidedignidade e validação das pesquisas”. Esses dados foram selecionados do planejamento e execução da produção pelo período de 24 meses, compreendido entre os meses de abril de 2020 a março de 2022, sendo o objeto de estudo as paradas ocasionadas pela falha mecânica da bomba de minério da linha 4 da usina de beneficiamento.

A escolha do método de manutenção se deu através de análise do custo-benefício, adequando-o à realidade econômica da empresa. Para isso, foi considerado:

- ✓ O impacto do método de manutenção nos processos de produção, relacionando a restrição da produção, considerando o tempo de parada em hora/ano e quanto, em valor monetário, a empresa deixaria de faturar em decorrência da parada do equipamento para manutenção.
- ✓ O custo de cada método, qual o custo anual na aplicação dos métodos que pudessem ser aplicados.

Para a realização do trabalho, realizou-se uma pesquisa bibliográfica a respeito dos métodos de manutenção, para fornecer dados qualitativos aos resultados. Além de diversas reuniões, frequentes, durante um período de três meses, onde estavam presentes um engenheiro mecânico, um supervisor da área de manutenção, um supervisor de operação, um técnico em mecânica e o pesquisador. Houve também pesquisas documentais, com a finalidade de levantamento de informações relativas à manutenção da bomba Warmam modelo 650.

Com a obtenção dos dados, esses foram trabalhados com a utilização de tabelas para controle, a fim de se discutir os resultados inerentes aos mesmos e entender quais os ganhos no caso da implantação do projeto. Dessa forma, a pesquisa se desenvolveu mediante o uso das abordagens quantitativa e qualitativa, de forma a quantificar dados em relação às paradas inesperadas do equipamento, por causa da falta de planejamento da manutenção; e a repercussão dessas paradas no planejamento da produção.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1 ESTUDO DE CASO

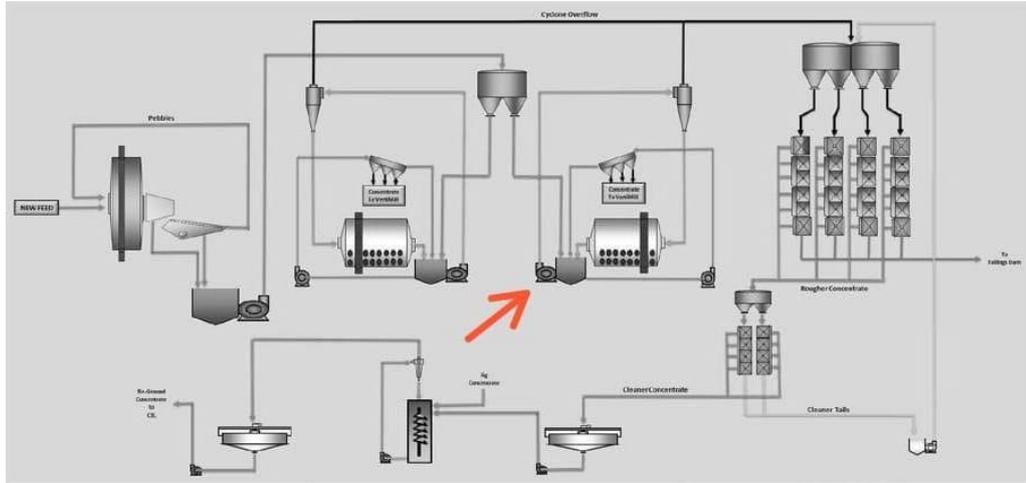
O presente estudo foi desenvolvido em mineradora de ouro instalada no estado de Minas Gerais. A empresa possui 17 anos de operação na região.

A planta de beneficiamento é alimentada através de uma pilha de material proveniente da instalação de britagem. Abaixo da pilha estão instalados alimentadores de sapata que movimentam o minério para um transportador de correia que alimenta um moinho, responsável pela moagem primária. Esse moinho funciona como uma espécie de britagem secundária. Nesse estágio do processo são acrescentados água e reagentes específicos.

Após a moagem, o minério é peneirado, a fim de classificar o material. Aquele que não atingiu o tamanho desejado retorna novamente no Moinho. Já o que atingiu o tamanho desejado segue para a próxima etapa do processo, sendo depositado na caixa de descarga desse moinho. Nela estão instaladas 6 bombas, sendo que 2 são consideradas bombas reserva, as demais bombas recalcam nas 4 linhas dos moinhos de bola, sendo essa denominada “moagem secundária”.

O material proveniente desse processo é movimentado para os hidrociclones através de bombas, onde é feita a separação por nível de granulometria. O material que está na granulometria desejada é direcionado para o processo de flotação e, posteriormente, para Hidrometalurgia. O que não atingiu o nível desejado retorna no processo da moagem secundária. A bomba, objeto desse estudo de caso, está instalada nessa parte do processo, conforme apresentado na Figura 1. Ela está indicada pela seta vermelha.

Figura 2 – Layout da planta de beneficiamento



Fonte: Dados da empresa.

A usina de beneficiamento possui 4 linhas de produção, sendo cada linha responsável por 25% da produção. Porém, em caso de alguma parada, é possível aumentar em até 2% da produção em cada linha, dependendo do teor do minério que estiver alimentando a usina. Assim, uma parada inesperada pode gerar, aproximadamente 19% de perda de produção.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os motivos e tempo de parada da bomba da linha 4. As informações foram retiradas a partir de dados do histórico de paradas do mês de Abril de 2020 até Março de 2022.

Tabela 2 – Relatório de paradas por falhas mecânicas

Motivos das paradas	PARADAS PARA MANUTENÇÃO									
	Meses									
	abr/20	jun/20	ago/20	out/20	dez/20	abr/21	set/21	jan/22	mar/22	
Desgaste do Revestimento LA	20:18:00						22:11:00			
Quebra de Rotor						18:53:00				
Trocar Gaxeta		3:32:00								3:45:00
Manutenção Programada			14:53:00		14:26:00			15:06:00		
Aquecimento do mancal				5:52:00						
Total de horas programadas	44:25:00									
Total de horas não programadas	74:31:00									
Total de horas paradas	118:56:00									

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme apresentado, as paradas programadas totalizaram 44 horas e 25 minutos, já as paradas não programadas totalizaram 74 horas e 31 minutos. Dessa forma, no período analisado, a bomba ficou parada por 118 horas e 56 minutos. Essas paradas inesperadas foram fatores importantes que contribuíram nas perdas de produção. As manutenções corretivas ocorreram por desgaste da parte metálica do equipamento. Esse desgaste ocorreu devido à dureza do material beneficiado e a manutenção foi realizada após o período indicado pelo fabricante, na tentativa de aumentar a vida útil do equipamento.

No estudo de Bezerra Junior (2019) o mesmo acredita que se houver um maior acompanhamento pela equipe de manutenção sobre as reais condições do sistema, acarretaria em menos falhas existentes uma vez que a ação corretiva desses itens acarretou em paradas não programadas.

As metas de produção são determinadas anualmente e esse planejamento é baseado em diversos fatores, sendo os mais relevantes - a capacidade de alimentação da planta, a disponibilidade dos equipamentos e o teor de ouro da mina.

A Tabela 2 apresenta o planejamento e a produção mensal entre os meses de Abril de 2020 e Março de 2022.

Tabela 2 – Produção mensal: Planejado e Executado

PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO EM OZ						PRODUÇÃO EXECUTADA EM OZ					
abr/20	41078	dez/20	32080	ago/21	39567	abr/20	40512	dez/20	31989	ago/21	39698
mai/20	38605	jan/21	40589	set/21	39698	mai/20	38715	jan/21	40698	set/21	39420
jun/20	39490	fev/21	39650	out/21	38981	jun/20	39425	fev/21	39675	out/21	39025
jul/20	40363	mar/21	38962	nov/21	38795	jul/20	40359	mar/21	38912	nov/21	38687
ago/20	33650	abr/21	39630	dez/21	39559	ago/20	33692	abr/21	39395	dez/21	39861
set/20	43024	mai/21	41216	jan/22	34139	set/20	42998	mai/21	41368	jan/22	34126
out/20	42632	jun/21	40364	fev/22	40865	out/20	42497	jun/21	41130	fev/22	40179

Fonte: Dados da pesquisa.

O ouro, por ser uma commodity, segue os valores negociados nas bolsas internacionais. O Brasil adota como base as negociações do metal realizadas na bolsa de valores de Nova Iorque, a cotação é dada em onça (oz), uma onça equivale a 31,1 gramas (gr) (COMPRO OURO BR, 2016). A Tabela 3 mostra a variação no valor do ouro durante o período considerado.

Tabela 3 – Variação do preço da oz de Ouro mensal

PREÇO DO OURO EM OZ (COTAÇÃO EM DÓLAR)					
abr/20	1683,17	dez/20	1858,42	ago/21	1785,28
mai/20	1715,91	jan/21	1866,98	set/21	1775,14
jun/20	1732,22	fev/21	1808,17	out/21	1776,85
jul/20	1846,51	mar/21	1718,23	nov/21	1821,76
ago/20	1986,63	abr/21	1760,04	dez/21	1970,43
set/20	1921,92	mai/21	1850,26	jan/22	1816,02
out/20	1900,27	jun/21	1834,57	fev/22	1856,3
nov/20	1866,3	jul/21	1807,84	mar/22	1947,83

Fonte: Index Mundi, 2022.

Outro fator importante é que, por ser negociado no mercado internacional, o dólar é a moeda utilizada para determinar o preço da onça de ouro, sendo necessário fazer a conversão monetária do dólar para a moeda local, nesse caso para o real. O dólar sofre variações de valor por diversos fatores macroeconômicos. A Tabela 4 apresenta a variação média do valor do dólar ao longo dos 24 meses analisados.

Tabela 4 – Variação do dólar

Cotação do dólar em R\$					
abr/20	4,7362	dez/20	5,4854	ago/21	5,100
mai/20	5,2579	jan/21	5,0968	set/21	5,2474
jun/20	5,8229	fev/21	5,2714	out/21	5,2576
jul/20	5,1883	mar/21	5,3815	nov/21	5,4510
ago/20	5,3491	abr/21	5,6296	dez/21	5,4199
set/20	5,3852	mai/21	5,6234	jan/22	5,7127
out/20	5,2728	jun/21	5,2701	fev/22	5,5349
nov/20	5,6172	jul/21	5,0874	mar/22	5,1881

Fonte: Associação dos Advogados de São Paulo – AASP, 2022.

Segundo determinações da Weir Minerals (2009), fabricante da bomba, após realizar análises de desgaste na empresa, é necessário fazer uma manutenção preventiva na bomba a cada 2500 horas de funcionamento. Sendo necessário trocar as peças na parte da bomba denominadas de “parte molhada”, por terem contato direto com o minério que é transportado.

Na Tabela 5, a seguir, estão listadas as peças que necessitam ser trocadas preventivamente e seus respectivos preços.

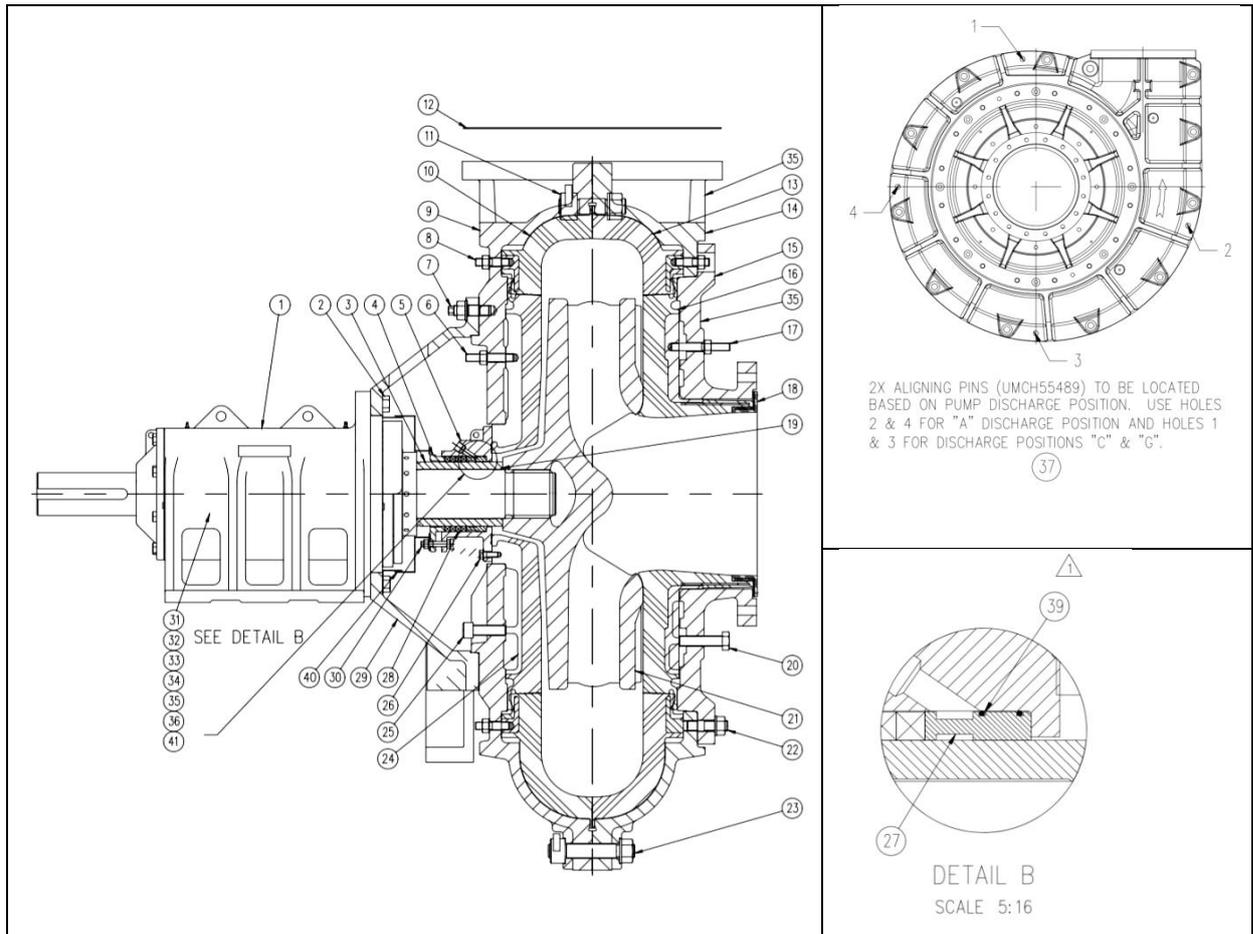
Tabela 5 – Componentes da bomba

BOMBA WEIR MOD 650 M220			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
ROTOR UMC651450971A61 WEIR	1	195.933,80	195.933,80
ENXERTO MC65083- 2XSZ86 WEIR	1	135.648,45	135.648,45
CARCACA UMCU65092T2A08 WEIR	1	513.600,03	513.600,03
ENXERTO LADO ACIONAMENTO	1	117.727,85	117.727,85
DISCO UMC65083R55 WEIR	1	65.114,68	65.114,68
DISCO UMC65041R55 WEIR	1	57.071,09	57.071,09
LUVA DESGASTE M200076 WEIR	1	17.061,81	17.061,81
ESTOJO; TAMPA ACIONAMENTO	4	159,38	637,52
ESTOJO; TAMPA LADO SUCCAO	1	167,65	167,65
PARAFUSO	20	377,05	7.541,00
VEDACAO PLAN	1	4.072,45	4.072,45
PARAFUSO CABECA SEXTAVADA	1	11,26	11,26
PARAFUSO	4	431,77	1.727,08
ANEL	1	7.199,28	7.199,28
ANEL	1	175,40	175,40
PARAFUSO CABECA SEXTAVADA	12	8,24	98,88
JUNTA	1	1.574,39	1.574,39
PARAFUSO M48H2200V WEIR	8	281,63	2.253,04
FLANGE	1	3.830,65	3.830,65
DISCO UMC65086R55 WEIR	1	62.106,70	62.106,70
DISCO UMC65043R55 WEIR	1	60.079,07	60.079,07
FLANGE CEGO	1	627,51	627,51
CUSTO TOTAL DAS PEÇAS			1.254.259,59

Fonte: WEIR MINERALS, 2010.

Já a parte denominada “parte seca” deve ser monitorada e lubrificada. Somente haverá alguma intervenção mecânica caso apresente alguma quebra ou falha (WEIR MINERALS, 2009). A Figura 2 mostra a vista lateral e frontal da bomba e na Figura 3 são listados os componentes e número mínimo necessários para futuras manutenções.

Figura 2 - Estrutura da bomba Weir 650



Fonte: Weir do Brasil, 2015.

Figura 3 – Estrutura da bomba Weir 650

ITEM	QTY	DESCRIPTION	PART No.
1	1	BEARING ASSEMBLY (REF. DRG. A384957)	M200005
2	8	FRAME PLATE ADAPTER BOLT	M42H1-120V
3	1	SHAFT SLEEVE	M200076C21
4	1	GLAND (2 PIECE)	UMC044C23
5	1	STUFFING BOX	UMC078C23
6	4	F.P.L.I. STUD – PULLER	ZSD80294AE62
	4	HEX NUT	M36H5-V
	4	FLAT WASHER	M36-11-Z
			ZSD80294A-CJ → (ITENS DENTRO DA CHAVE FAZEM PARTE DO CJ)
7	8	FRAME PLATE STUD	UMC039M-2
8	16	CASING LINER STUD – 1 NUT – 1 WASHER	M36Z3-120VC
9	1	FRAME PLATE	M200MCR65032D21
10	1	FRAME PLATE LINER	UMCH65043R55
11	1	COVER PLATE STUD – CUTWATER (M72)	UMCR65015AE48
	1	ANTI-ROTATE NUT – CUTWATER (M72)	UMCH65284AE47
	1	HEX NUT	M72H5-V
	1	FLAT WASHER	M72-11-H
			UMCR65015A-CJ → (ITENS DENTRO DA CHAVE FAZEM PARTE DO CJ)
12	1	DISCHARGE JOINT RING	UMCH65132R55
13	1	COVER PLATE LINER	UMCH65018R55
14	1	COVER PLATE	UMCR65013-1D20J
15	1	SUCTION COVER	UMCR65190D20J
16	1	THROATBUSH	UMC65083R55
17	4	THROATBUSH STUD – PULLER	ZSD80294BE62
	4	HEX NUT	M36H5-V
	4	FLAT WASHER	M36-11-Z
			ZSD80294-CJ → (ITENS DENTRO DA CHAVE FAZEM PARTE DO CJ)
18	1	INTAKE JOINT RING	UMC65372R55
19	1	IMPELLER O-RING	U109S54
20	4	THROATBUSH SET SCREW – PUSHER	M48H2-200V
21	1	IMPELLER (AS SELECTED)	UMC65145EL1A61
22	16	SUCTION COVER STUD – 1 NUT – 1 WASHER	M48Z3-140VC
23	11	COVER PLATE STUD – CUTWATER (M64)	UMCR65015E47
	11	ANTI-ROTATE NUT – CUTWATER (M64)	UMCH65284E47
	11	HEX NUT	M64H5-V
	11	FLAT WASHER	M64-11-H
			UMCR65015-CJ → (ITENS DENTRO DA CHAVE FAZEM PARTE DO CJ)
24	1	FRAME PLATE LINER INSERT	UMC65041R55
25	4	F.P.L.I. SET SCREW – PUSHER	M48A2-150V
26	8	HEX BOLT – 1 WASHER	M24H1-70VW
27	1	LANTERN RESTRICTOR	UMC118K31
28	4	PACKING	U111Q05
29	1	FRAME PLATE ADAPTER	M200MC65380D21
30	4	GLAND BOLT – 1 NUT – 1 WASHER	UHTPO45C23
31	1	NAMEPLATE	PL-CART-ASH
32	1	WARNING PLATE – BURSTING	SC73C22
33	1	WARNING PLATE – LIFTING	SC80C22
34	1	WARNING PLATE – IMPELLER REMOVAL	SC83C22
35	2	NAMEPLATE – WEIR MINERALS	PL-AD-ASH
36	2	NAMEPLATE – WARMAN	PL-PO-ASH
37	2	ALIGNMENT PIN	UMCH55489E23
38	1	SHAFT WRENCH (NOT SHOWN)	M200306E02
39	2	O-RING, LANTERN RESTRICTOR	53T330N382
40	1	SEAL GUARD	M200560C73
41	1	NAMEPLATE	PL-ID-ASH

Fonte: Weir do Brasil, 2015.

6.2 CÁLCULO DE PERDA DE PRODUÇÃO

Para quantificar a perda de produção foi calculado o quanto a empresa perdeu de produção, considerando o impacto financeiro gerado na receita. Dessa forma, considerando o valor médio da onça de ouro, foi convertido na moeda local.

Tabela 6 – Cálculo da perda de produção por onça de ouro em R\$

Valor médio Oz/Au em US\$	Valor médio cotação mensal US\$ em R\$	Cálculo da perda de produção por Oz/Au em R\$
1.829,46	5,3495	9.786,70

Fonte: Dados da pesquisa.

A perda de produção em oz/Au foi calculada com base na subtração do valor planejado e do valor executado (baseado na Tabela 2). Assim, obteve-se os resultados, demonstrados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Cálculo de perda de produção em oz/Au

Mês	Planejado	Executado	Perda
abr/20	41078	40512	566
jun/20	39490	39425	65
out/20	42632	42497	135
abr/21	39630	39395	235
set/21	39698	39420	278
mar/22	40235	40179	56
TOTAL DE PERDAS DE PRODUÇÃO EM oz de Au	242763	241428	1335

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, a soma das perdas de produção nesse período, em decorrência de paradas inesperadas foi de 1335 oz de ouro.

6.3 PERDA DE RECEITA BRUTA OCACIONADA PELAS PARADAS INESPERADAS

Para calcular o impacto dessa perda na receita bruta, foi calculado multiplicando a quantidade de onça (oz) de ouro não produzidas pela cotação média do ouro nesse período, convertido em real (R\$), assim:

Tabela 8 – Total perda de produção de oz/Au em R\$

Nº de oz não produzidas	Valor da perda de produção por oz/Au em RS	Total de perda da receita bruta R\$
1335	9.786,70	13.065.244,50

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma parada não-programada custa muito. De acordo com o site Metso Outotec (2022), em “pesquisa global True Cost of Downtime, com 72 grandes multinacionais, mostrou que plantas industriais perdem em média 323 horas de produção por ano com as falhas de equipamentos”. O custo médio de perda de receita, tempo ocioso da equipe e reinício de linhas é de US\$ 532 mil por hora (METSO OUTOTEC, 2022). Com o custo ascendente de vários minerais no mercado internacional, pode-se imaginar o peso da falha de um equipamento.

6.4 CÁLCULOS DO CUSTO DAS PARADAS

Os cálculos foram realizados em várias etapas, de acordo com as pontuações consideradas e relevantes pela equipe que executou o levantamento dos dados.

Para fazer a manutenção do equipamento são necessárias 5 mão de obra, com custo médio de R\$19,55/h de cada funcionário.

Para determinar o custo de parada do equipamento, utilizou-se o valor médio da cotação do ouro (Au), o cálculo foi executado com base na média simples conforme a seguinte fórmula (ABECOM, 2022):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Assim o valor médio da onça de ouro em dólar foi de US\$ 1.829,46

Para a variação do dólar também foi utilizado o mesmo modelo de média simples. Dessa forma, o valor médio da cotação mensal do dólar foi de R\$ 5,3495.

6.4.1 Custo anual da manutenção programada

Considerando o tempo determinado pelo fabricante da bomba (WEIR MINERALS, 2009), a manutenção preventiva da parte úmida deve ser realizada a cada 2500 horas de funcionamento. Desse modo, levando-se em conta que cada dia possui 24 horas, conclui-se que a troca deve ser realizada em aproximadamente 104 dias (2500horas / 24horas = 104,1666 dias). Então, como o ano possui 365 dias, tem-se (365/104 = 3,5 vezes por ano).

Sendo assim, a manutenção preventiva deve ser realizada 3 de a 4 vezes por ano. Logo, o custo das manutenções preventivas é obtido somando-se o preço das peças, com o custo de mão de obra multiplicado pela quantidade de manutenções por ano. O tempo previsto para execução de uma parada programada é de 14 horas. Dessa forma, o custo de mão de obra de cada manutenção foi obtido multiplicando-se o número de pessoas envolvidas pelo custo médio de mão de obra, que será multiplicado pelo tempo previsto para execução, tendo assim: R\$1.368,50. A Tabela 9 mostra esse resultado.

Tabela 9 – Custo total de mão de obra por manutenção preventiva

Nº de colaboradores	Custo/hora mão de obra	Nº horas utilizada manutenção programada	Custo total de mão de obra por manutenção por parada programada (R\$)
5	19,55	14	1.368,50

Fonte: Dados da pesquisa.

Para 3 manutenções preventivas anual, o custo total é de R\$3.767.177,52 e para 4 paradas de manutenção preventiva anual é de R\$5.022.903,36 conforme Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 - Custo total de 3 e 4 paradas programadas para manutenções preventivas ao ano

Custo por mão de obra + Preço total das peças em R\$ (1.368,50 + 1.254.259,59)	Custo total para 3 manutenções preventivas ao ano (R\$)	Custo total para 4 manutenções preventivas ao ano (R\$)
1.255.628,09	3.766.884,27	5.022.512,36

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4.1.1 Perda de Capacidade Produtiva em Decorrência das Manutenções Programadas

Esse valor foi obtido considerando a perda de produção multiplicada pelo preço médio da onça (oz) de ouro. Levando em conta que a produção média por hora de cada moinho é de 14oz/h, conclui-se: (14 x 14 = 196 Oz). Assim, com a parada programada, a empresa deixa de produzir 196 oz de ouro. Para calcular o valor da perda de receita foi multiplicada a média da cotação do ouro em Real pela produção que não foi realizada.

Tabela 11 – Perda da capacidade produtiva em Real considerando 3 e 4 manutenções preventivas ao ano

Perda de produção média Oz/h por moinho x hr parada programada (14 oz/au x 14hs)	Cálculo da perda de produção por Oz/Au em RS	Custo por perda da capacidade produtiva por parada	Custo por perda da capacidade produtiva para 3 paradas programadas ao ano	Custo por perda da capacidade produtiva para 4 paradas programadas ao ano
196	9.786,70	1.918.193,20	5.754.579,60	7.672.772,80

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, a empresa deixa de gerar em média R\$1.918.193,20 de receita bruta para cada manutenção. Quando são planejadas 3 paradas anuais o valor é R\$5.754.579,60 de perda de receita e quando são planejadas 4 manutenções esse valor passa a ser R\$7.672.772,80.

Uma parada não-programada custa muito. A pesquisa global True Cost of Downtime, com 72 grandes multinacionais, mostrou que plantas industriais perdem

em média 323 horas de produção por ano com as falhas de equipamentos (METSO OUTOTEC, 2022).

Ainda de acordo com a Metso Outotec (2022), no Brasil, a cultura de adoção da manutenção preventiva, ainda não é tão bem consolidada. A visão imediatista de explorar o máximo da planta de processamento para aproveitar a alta nos preços de commodities minerais tem colocado em apuro muitas empresas do setor. Desse modo, a produção fica em primeiro plano e a manutenção é relegada a um papel secundário. Ao adotar uma cultura de manutenção mais proativa é possível manter o desempenho da planta e evitar o pesadelo – e os custos – da parada não-programada.

6.4.1.2 Perda Receita Bruta mais Custo de Manutenção Programada

Para se calcular o custo total da parada programada foi somado o custo da manutenção com a perda de receita. Assim, a Tabela 12 mostra o que cada parada custa para empresa.

Tabela 12 – Custo total da parada para manutenção programada

Custo da manutenção programada (R\$)	Perda da capacidade de produção R\$)	Custo total por parada programada (R\$)
1.255.628,09	1.918.193,20	3.173.821,29

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4.2 Custo de manutenção corretiva

O custo de manutenção corretiva é caracterizado quando o equipamento precisa ser reparado em virtude de alguma falha ou quebra de um ou mais componentes. Sendo assim, para esse cálculo foram utilizadas as paradas não programadas em que foram substituídas as mesmas peças que seriam substituídas na manutenção programada, as apresentadas nos seguintes meses: Abril/2020, Abril/2021 e Setembro/2021. Conforme Pereira (2011), nesse caso, a ação principal é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento. Do ponto de

vista do custo de manutenção, é mais acessível do que prevenir as falhas nos equipamentos, em contrapartida, pode causar grandes perdas na interrupção da produção. Garcia e Nunes (2014) afirma que essa não é uma manutenção recomendada, pois deixa-se o problema chegar ao extremo, tornando-o, assim, muito mais grave e comprometendo a vida útil do equipamento, bem como a produção em si.

6.4.2.1 Custo médio da parada corretiva

Considerando o tempo médio das paradas para manutenção corretiva, obteve-se o tempo médio de parada de 20 horas. O custo de mão de obra de cada manutenção corretiva foi obtido multiplicando-se o número de pessoas envolvidas pelo custo médio de mão de obra, que multiplicado pelo tempo previsto para execução, tem o resultado apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Custo de mão de obra por parada não programada para manutenção corretiva

Nº de colaboradores	Custo/hora mão de obra	Nº horas utilizada manutenção corretiva	Custo de mão de obra por manutenção por parada não programada (R\$)
5	19,55	20	1.955,00

Fonte: Dados da pesquisa.

O custo total de mão de obra devido à parada não programada para manutenção corretiva é de R\$1.955,00 cada parada.

O total do custo por parada não programada para manutenção corretiva é de R\$1.256.214,59, mostrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Custo total da parada para manutenção corretiva

Custo por mão de obra	Preço total das peças em R\$	Custo total parada não programada para manutenção corretiva
1.955,00	1.254.259,59	1.256.214,59

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4.2.2 Perda de Capacidade Produtiva em Decorrência das Manutenções Corretivas

Esse valor foi obtido seguindo o mesmo procedimento adotado na perda de capacidade produtiva por manutenção programada. Considerando que a produção média por hora de cada moinho é de 14 oz/h, conclui-se: $14 * 20 = 280$ oz. Com a parada corretiva, a empresa deixa de produzir 280 oz de ouro. Para calcular o valor da perda de receita foi multiplicada a média da cotação do ouro em Real pela produção que não foi realizada, o que mostra a Tabela 15.

Tabela 15 – Perda da capacidade produtiva em Real por parada para manutenção corretiva

Perda de produção média Oz/h por moinho x hr parada manutenção corretiva (14 oz/Au x 20hs)	Cálculo da perda de produção por oz/Au em RS	Custo por perda da capacidade produtiva por parada não programada
280	9.786,70	2.740.276,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Dessa forma, a Mineração Alfa deixou de gerar em média R\$ 2.740.276,00 de receita bruta em cada parada não programada para manutenção corretiva.

6.4.2.3 Perda receita bruta mais custo de manutenção corretiva

Para se calcular o custo total da parada não programada foi somado o custo da manutenção com a perda de receita. Assim, a Tabela 16 mostra o que cada parada custa para empresa.

Tabela 16 – Custo total da parada para manutenção programada para manutenção corretiva

Custo da manutenção não programada (R\$)	Perda da capacidade de produção R\$)	Custo total por parada não programada para manutenção corretiva (R\$)
1.256.214,59	2.740.276,00	3.996.490,59

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4.3 Custo da manutenção preditiva

Devido aos componentes sofrerem desgastes internos, não é possível utilizar esse método para a parte úmida da bomba em estudo. Conforme a recomendação do fabricante (WEIR MINERALS, 2009), a parte seca deve ser monitorada periodicamente, seja por instrumentos de medição em tempo real ou conforme programação por um inspetor de preditiva. Esse profissional possui custo médio de R\$ 20,45/h, sendo recomendado que ocorra uma inspeção semanal, com duração média de 30 minutos cada. Ele irá reportar as anomalias detectadas no equipamento, acionando assim a equipe da manutenção mecânica para solução do problema. Outra recomendação é a lubrificação dos rolamentos, que deve ser realizada semanalmente, aplicando-se 130gr de graxa, o custo com lubrificante é de R\$126,68 por aplicação e o custo de mão de obra do lubrificador é de R\$15,98/h, sendo necessários 15 minutos para cada aplicação.

7 COMPARATIVO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA X MANUTENÇÃO CORRETIVA

Considerando o custo total, onde foram incluídos os custos de manutenção mais perda de receita, dos dois métodos, obteve-se o valor médio de R\$ 3.173.821,29 para manutenção programada e R\$ 3.996.490,59 para manutenção corretiva. A Tabela 17 mostra esses custos.

Tabela 17 – Custo total da parada para manutenção programada para manutenção corretiva

Valor por parada programada para manutenção preventiva (R\$)	Custo total por parada não programada para manutenção corretiva (R\$)	Diferença entre Custo entre parada programada x não programada
3.173.821,29	3.996.490,59	822.669,30

Fonte: Dados da pesquisa.

Logo, a diferença entre os custos é de R\$ 822.669,30, ou seja, a manutenção preventiva é 25,92% mais econômica em relação à manutenção corretiva.

De acordo com a Metso Outotec (2022) as paradas anuais não-programadas demonstram que os gestores não foram preparados para uma intervenção programada e vão perder dinheiro. O maior impacto é na perda de produtividade, entretanto, indiretamente os riscos envolvem outras áreas, como a segurança dos colaboradores. Nota-se que as paradas de manutenção que foram devidamente planejadas levam muito a sério os aspectos de segurança. Já no caso de intervenções de emergência (não programadas), os riscos são bem maiores, uma vez que o processo não foi pensado integralmente, e sim como uma solução pontual.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As organizações buscam prolongar ao máximo a vida útil dos equipamentos, muitas vezes negligenciando as determinações do fabricante. A determinação do intervalo entre as manutenções é definida através de estudos realizados, levando em consideração as características do material bombeado, as principais ligas utilizadas na fabricação dos componentes e testes realizados na própria empresa. Assim, as paradas não programadas, que ocorreram no período analisado, foi consequência da falta de planejamento efetivo, em decorrência da não observância das recomendações do fabricante, em relação a vida útil do equipamento, isso causou grandes perdas de receita para a empresa. Com base neste problema, é necessário se reunir com o fabricante, para solicitar a fabricação de componentes com maior resistência ao fluxo dos materiais bombeados.

Conforme abordado, a manutenção dos equipamentos e instalações é essencial para continuidade da operação das empresas, e a escolha correta do método é de fundamental importância para garantir o cumprimento das metas de produção, pois a parada inesperada do equipamento analisado pode gerar grandes perdas de receita, comprometendo aproximadamente 19% da produção da usina, consequentemente causando atrasos nas entregas e dispêndios financeiros inesperados, além de dificultar a gestão de estoques pelo de peças sobressalentes pelo setor de logística.

Outro fator importante é que a usina possui 4 linhas de produção e quando a empresa não programa seus planos de manutenção, pode haver a paralização de mais de uma linha de produção, o que pode comprometer ainda mais as metas de produção.

Na pesquisa bibliográfica foi possível identificar cinco métodos de manutenção que podem ser utilizados pela empresa, no entanto três desses, a manutenção preditiva, TPM e a Centrada na Confiabilidade foram desenvolvidos pensando no monitoramento e acompanhamento dos equipamentos durante o período em que estão em operação, sendo que a realização efetiva da manutenção deverá ser desenvolvida pela manutenção preventiva, que visa substituir os componentes antes da apresentação da falha ou defeito, ou pela corretiva, essa somente acontece após a falha ou quebra do equipamento.

Quando analisados, somente os custos de mão de obra e dos componentes são aproximados, assim, os valores dos dois métodos não se diferem muito, isso porque a única variação entre eles é custo da mão de obra, sendo uma diferença de R\$586,50. No entanto, quanto são acrescidos os valores de perda de produção aos métodos, a diferença entre eles é de aproximadamente R\$822.669,30, tornando a manutenção preventiva 25,92% mais econômica.

Em relação à segurança dos funcionários, a manutenção preventiva permite uma melhor adoção de medidas de controle e cumprimento dos padrões de segurança determinados pela empresa ou pelas normas regulamentadoras que as regem, sendo possível planejar antecipadamente as etapas de manutenção e realizar de forma segura.

Com base no referencial teórico e nos dados levantados, é possível afirmar que o método de manutenção preventiva é o mais indicado, pois ele permite o planejamento antecipado das paradas dos equipamentos, o intervalo entre as manutenções será o mesmo determinado pelo fabricante, pois assim, em caso de alguma falha antes desse período, a empresa poderá acionar a garantia do produto.

Entretanto, somente a adoção da manutenção preventiva não será suficiente para atender às determinações do fabricante, pois há duas recomendações para o mesmo equipamento, sendo que na parte úmida será adotada a manutenção preventiva e na parte seca a manutenção preditiva, sendo determinado que um inspetor deverá inspecionar o equipamento semanalmente, fazer análise de vibração, temperatura e identificação de ruídos anormais, nesse caso quando for detectada alguma anomalia ele deverá fazer uma abertura de nota de serviço para que o programador possa inserir na programação semanal, já o profissional da lubrificação deverá aplicar 130gr de graxa semanalmente, sendo 75gr em cada rolamento do mancal da bomba.

Também foi proposta a instalação de bombas reserva nas 4 linhas de produção, dessa forma é possível reduzir o tempo de parada do moinho, e assim diminuindo a perda de produção por indisponibilidade do equipamento. Porém, esta proposta deverá ser analisada pelo gerente da manutenção e depende de sua autorização para execução, observando o orçamento anual da gerência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECOM. O que é custo direto, indireto e induzido para calcular custos de manutenção?. 2022. Disponível em: <<https://www.abecom.com.br/calcular-custos-de-manutencao-direto-indireto-induzido/>>. Acesso em: 20 out. 2022.

ALMEIDA, P. S. de. Gestão da manutenção aplicado às áreas industrial, predial e elétrica. São Paulo: Editora Érica, 2017.

ALMEIDA, P. S. de. Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Minha Biblioteca, Saraiva, 2015. 9788536519791. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519791/>. Acesso em: 10 out. 2021.(OK)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade. nov. 1994. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8044/abnt-nbr5462-confiabilidade-e-mantenibilidade>>. Acesso em: 15 set. 2022.

Associação dos Advogados de São Paulo – AASP. Índices econômicos mensais: cotação oficial do dólar - US\$. 2022. Disponível em: <<https://www.aasp.org.br/suporte-profissional/indices-economicos/atualizacao-mensal/dolar>>. Acesso em 30 ago. 2022.

BEZERRA JUNIOR, L. F. K. Estudo do sistema de tratamentos de falhas para auxiliar na análise e detecção de falhas das perfuratrizes de uma empresa do setor de mineração. 2019. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Mecânica, 2019. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1857/1/MONOGRAFIA_Estudo SistemaTratamento.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

BRANCO FILHO, G. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. Informe Mineral. Jul./dez. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/informes/informe-mineral-2019-2o-semester>). Acesso em: 15 set. 2022.

CATTABRIGA, L.; CASTRO, N. F. Saúde e segurança no trabalho. In: VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap. 8. P. 399-432. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1737/1/CCL00060014_CAPITULO_08_opt.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

CHIAVENATO, I. Planejamento e controle da produção. 2. ed. São Paulo: Manole, 2008.

COMPRO OURO BR. A Cotação do ouro: entenda como funciona. 2016. Disponível em: <<https://www.comproourobh.com.br/a-cotacao-do-ouro-entenda-como-funciona>>. Acesso em 12 de set. 2022. (OK)

DUTRA, R. Beneficiamento de minerais industriais. Artigo de Revisão. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2, 14 a 18 de agosto de 2006. Anais.. Disponível em: <https://mafiadoc.com/beneficiamento-de-minerais-industriaisutfpr_5a0b8f061723dd009f77a3e4.html>. Acesso em 08 out. 2022.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

FREITAS, M. J. S.; RESENDE FILHO, N. S. Custos de manutenção: competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior competitividade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 9.. Anais... Florianópolis, SC, Brasil, 28 a 30 de novembro de 2005. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br>>. Acesso em 08 out. 2022.

GARCIA, F. L.; NUNES, F. L. Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso. Revista Tecnologia e Tendências, v. 9, n. 2, p. 1-27, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/8semead/resultado/trabalhosPDF/152.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2022.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788597012934. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012934/>. Acesso em: 16 out. 2022.

GOMES, F. P.; ARAÚJO, R. M. Pesquisa quanti-qualitativa em Administração: uma visão holística do objeto em estudo. In: SEMEAD - Seminário em Administração, 2005, 8, São Paulo. Anais... 2005. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/8semead/resultado/trabalhosPDF/152.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. *Manutenção industrial*. São Paulo: Grupo SAGAH, 2018. 9788595026971. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026971/>. Acesso em: 12 out. 2021.

IBRAM. 5 dicas para manutenção eficaz em mineradoras. 2018. Disponível em: <<https://ibram.org.br/noticia/5-dicas-para-manutencao-eficaz-em-mineradoras/>>. Acesso em: 18 out. 2022.

INDEX MUNDI. Ouro Preço Mensal: E.U. dólares por onza troy. 2022. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=ouro&meses=300>>. Acesso em 30 ago. 2022.

LOTTERMANN, A. A. Elaboração de um plano de manutenção para máquinas de usinagem de laboratório de estudos da FAHOR. 2014. 52 f. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Curso de Engenharia Mecânica, Horizontina, 2014. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Adriano_Antonio_Lotterman_n.pdf>. Acesso em: 09 set. 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. M.. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARTINS, G. A. Estudo de Caso: uma estratégia de pesquisa, 2. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2008. E-book. ISBN 9788522466061. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522466061/>. Acesso em: 15 out. 2022.

MAZIA, C. R. O. Implantação da manutenção produtiva total em uma cooperativa agroindustrial. 2007. 76 f. Relatório Técnico (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática, Curso de Engenharia de Produção, Maringá, 2007. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mdpO9SkQu5QJ:www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/1161/1059&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 09 out. 2022.

METSO OUTOTEC. Quanto custa uma parada não programada. Metso Outotec, abr. 2022. Disponível em: <<https://www.mogroup.com/pt/insights/blog/mineracao-e-metals/quanto-custa-uma-parada-nao-programada/>>. Acesso em: 03 nov. 2022.

MORENGHI, L. C. R. Proposta de um sistema integrado de monitoramento para manutenção. 2005. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-18022016-145504/publico/Dissert_Morenghi_LuizCR.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022.

OLIVEIRA, I. C. T. de. Indicadores da manutenção dos equipamentos de carga e transporte em mina a céu aberto. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/rii/7412/1/Isabel%20Cristina%20de%20Oliveira%20-%202019.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

PENHA, D. C. Processo de planejamento e programação de manutenção em uma empresa de mineração em São Luís do Maranhão: estudo caso. 2021. 70f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/13695/1/Dissertacao_ProcessoPlanejamentoProgramacao.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

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

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. Manutenção: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

REZENDE, L. A. *et al.* Manutenção em peneiras de rolos: Um estudo de caso para a redução do tempo de manutenção. In: FRANCO, L. J. V.; LEITE, J. F. Gestão da manutenção industrial e mineração. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2022. v. 1. Cap. 6. p. 71-83. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20220326012938id_/https://poisson.com.br/livros/individuo

ais/Gestao_Manutencao/volume1/Gestao_Manutencao_vol1.pdf#page= 71>. Acesso em: 05 set. 2022.

SANDIM, R. G. A engenharia de manutenção e confiabilidade: um estudo de caso real. 2021. 56 f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32058/1/EngenhariaManuten%C3%A7%C3%A3oConfiabilidade.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2021.

SILVA, A. M. da. Manutenção centrada na confiabilidade: um estudo de caso aplicado em uma indústria do segmento alimentício. 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Núcleo de Tecnologia Curso de Engenharia de Produção. Caruaru, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/43427/1/SILVA%2c%20Aline%20Maria%20da.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2022.

SILVEIRA, C. B. Confiabilidade e disponibilidade de máquinas: um exemplo prático. Sorocaba: Citisystems, 2015.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 8. ed. São Paulo: atlas, 2018.

TELES, J. Gestão de custos de manutenção: parte I. ENGETELES, 2017. Disponível em: < <https://engeteles.com.br/gestao-de-custos-de-manutencao-parte1/>. Acesso em: 15 out.2022.

TELES, J. Manutenção corretiva: o que é, quando fazer e como fazer. ENGETELES, 2021. Disponível em: <https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>. Acesso em: 04 ago. 2022.

VASCONCELOS, N. C. de. Desenvolvimento da TPM em uma indústria siderúrgica produtora de aço. 2008. 63 f. TCC (Graduação) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Curso de Engenharia de Produção, Recife, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46003/1/NATHALIA%20COIMBRA%20DE%20VASCONCELOS%20-%20DESENVOLVIMENTO%20DA%20TPM%20EM%20UMA%20INDUSTRIA%20SIDERURGICA%20PRODUTORA%20DE%20ACO.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

VIANA, H. R. G. Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WEIR MINERALS. Desenho corte 650 M200-MCR-G. Jundiaí: Weir do Brasil, 2015.

WEIR MINERALS. Warman centrifugal slurry pumps: instruções de montagem modelo MCR bombas de descarga de moinho tamanhos 250 – 650 com conjuntos de mancal Warman. Jundiaí: Weir Minerals, 2010.

WEIR MINERALS. Warman-MC Pump range for Mill Circuit applications. 2009. Disponível em:

<https://www.global.weir/assets/files/product%20brochures/AU0087%20MC%20Mill%20Circuit%20BrochureFINAL_v2_Lores.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

YIN, R. K. Estudo de caso. São Paulo: Grupo A, 2015. E-book. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602324/>. Acesso em: 15 out. 2022

ZEN, M. A. G. Indicadores de manutenção. 2003. Disponível em: <http://www.magzen.eng.br/infomagzen/infomagzen10.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2021.