



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



ALEXANDER VIANA DA SILVA

**PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE TROCA DE
REVESTIMENTO PARA O MOINHO DE BOLA DE UMA EMPRESA DE
MINERAÇÃO**

OURO PRETO
2022

ALEXANDER VIANA DA SILVA
alexanderviana17@yahoo.com.br

**PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE TROCA DE
REVESTIMENTO PARA O MOINHO DE BOLA DE UMA EMPRESA DE
MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico. Prof. Dr. Washington Luís Vieira Da Silva

Professor orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira Da Silva

**OURO PRETO
2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

5586p Silva, Alexander Viana Da.
Proposta de um procedimento operacional padrão para troca de revestimento de um moinho de bola de uma empresa de mineração. [manuscrito] / Alexander Viana Da Silva. Alexander Viana da Silva. - 2022.

70 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira da Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Manutenção. 2. Procedimento Operacional Padrão (POP). 3. Moinhos e trabalhos em moinhos - Moinho de bola. I. Silva, Alexander Viana da. II. Silva, Washington Luís Vieira da. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 621



FOLHA DE APROVAÇÃO

Alexander Viana da Silva

Proposta de um Procedimento Operacional Padrão de troca de revestimento para o moinho de bola de uma empresa de mineração

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 03 de junho de 2022

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 10/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2022, às 16:22, 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 **0351399** e o código CRC **47FD1DB8**.

À Nossa Senhora Aparecida dedico mais esta etapa vencida, à minha mãe Eunice e meus irmãos André, Lorrana e a memória de meu pai Luiz Cláudio. Ao meu orientador Washington Luís Vieira que sempre me apoiou e acreditou no meu potencial. Não menos importante, dedico este trabalho a mim que mesmo com os obstáculos da vida consegui alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Dedico meus agradecimentos à Nossa Senhora Aparecida pela realização deste sonho, pois só ela sabe o quanto eu batalhei por este momento, mesmo com os obstáculos da vida. À minha mãe Eunice – mulher guerreira - que sempre acreditou em mim e mesmo com as dificuldades da vida nos orientou a estudar e não cessar mediante aos desafios do cotidiano. Dedico também, aos meus irmãos André e Lorrana que sempre me auxiliaram na vida e nas atividades acadêmicas da Universidade Federal.

À minha avó Efigênia, minha tia Aparecida, meu pai Luiz Cláudio e meu tio Sergio *in memoriam*, que apesar de não estarem mais entre nós, sempre me auxiliaram muito durante a minha caminhada. Aos meus tios Geraldo, Neli e Maria das Graças que me orientaram para os desafios da vida. A meu padrinho Márcio Aparecido Calazans que foi fonte de inspiração para as minhas escolhas na área da mecânica, sempre me guiando e me ajudando nos desafios dessa área incrível.

Aos meus primos Eduardo, Jamile, Juliano, Jonas, Lucas, Mário Henrique e Rafaela por estarem ao meu lado sempre, me acolhendo e ajudando a perceber que sou forte e capaz.

À Luiza e Luna - minhas afilhadas - e ao Gabriel Lucas, meus pequenos primos que tornaram os momentos mais alegres e felizes, os quais me fazem querer ser uma pessoa melhor.

À minha amiga Rúbia que me auxiliou nas aulas de redação permitindo que eu conseguisse realizar meu sonho de entrar na UFOP, que sempre me incentivou e acreditou no meu potencial.

Aos meus amigos e mentores Giuliano Gomes, Márcio Silva, Marcos Nunes, Paulo Schewenck, Regilei Avelar e Wanderson Ponciano que agregaram muito conhecimento para minha trajetória.

Ao meu orientador Washington, que me acolheu, cativou, inspirou, transmitiu sabedoria e me incentivou na busca pela excelência, do início ao fim na universidade.

Dedico, também, meus agradecimentos a todos os professores que contribuíram para minha formação durante os ensinos médio e fundamental. Agradeço àqueles que torcem pelo meu sucesso e que me apoiaram para realização deste trabalho.

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender o desconhecido ”.

Albert Einstein

RESUMO

As empresas que se destacam no mercado são aquelas que gerenciam de forma eficiente, uma vez que é necessário saber administrar de forma coesa os custos internos. Dessa forma, são cobradas cada vez mais ferramentas que auxiliam na máxima produção dos ativos da empresa, para que os lucros sejam atingidos. A manutenção é parte fundamental deste processo, pois sua principal função é manter os ativos da empresa em funcionamento de forma planejada. Neste contexto, o presente trabalho visa analisar a proposta de criação de um procedimento operacional padrão para troca de revestimento de um moinho de bola, equipamento que visa moer o minério de ferro. Assim, foi realizado um levantamento bibliográfico contendo os principais tipos de manutenção, a importância do planejamento da manutenção e os tipos de procedimentos padrão. Para elaboração do trabalho foi aplicada uma metodologia de natureza exploratória, qualitativa, bibliográfica, documental e estudo de caso. A elaboração da proposta de procedimento operacional baseou-se nos históricos de trocas de revestimentos entre os anos de 2015 – 2016, pelos relatos de colaboradores que atuaram na atividade, pelas ordens de serviço, relatórios de planejamento e *feedback* do fechamento da atividade. A partir desta análise, percebeu-se que com a proposta de criação do procedimento operacional padrão, os ganhos seriam expressivos tanto para o setor de planejamento quanto para a área de execução, reduzindo a parada do equipamento de 170 horas para 122 horas, o que vale a dois dias de produção do equipamento. Sendo assim, espera-se que ocorra redução do custo, aumento da produção, maior disponibilidade do equipamento, crescimento da rentabilidade e elevação da produtividade da atividade.

Palavras-chave: Manutenção. Procedimento operacional padrão. Planejamento da manutenção. Ordem de manutenção. Revestimento. Moinho de bola. Histórico de manutenção.

ABSTRACT

As efficient companies that stand out in the market are those that manage efficiently since it is necessary to know how to manage internal costs in a cohesive way. In this way, the tools are paid more and more that help the most of the company's assets, so that profits are achieved. The maintenance of this process is fundamental, as its main function is to keep the company running in a maintained way as part of the company. In this context, the present work aims to analyze the proposal to create a standard operating procedure for changing the lining of a ball mill, equipment that aims more at iron ore. Thus, a bibliographic survey was carried out containing the main types of maintenance, the importance of maintenance planning and the types of standard procedures. For the elaboration of the work, an exploratory, qualitative, bibliographic, documentary and case study methodology was applied. The operational procedure proposal was based on the linings exchange history between the years 2015 - 2016, by the reports of employees who worked in the activity, by the work orders, planning reports and feedback on the closing of the activity. From the projected analysis, for the creation of planning for the definition of operational procedure, for the definition of the operational procedure area, and for the execution area from 170 hours to 12 hours, which is worth two days of production of the equipment. Therefore, it is expected that more important than the cost, is the reduction of equipment availability, the increase in profitability and the effectiveness of the activity.

Keywords: Maintenance. Standard operational procedure. Maintenance planning. Maintenance order. Coating. Ball mill. Maintenance history.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva PF aplicada a manutenção preventiva.	9
Figura 2 - Curva PF, manutenção corretiva.	10
Figura 3 - Vazamento de óleo de uma mangueira do sistema hidráulico.	11
Figura 4 - Manutenção corretiva planejada.	12
Figura 5 - Técnica de manutenção preditiva.	14
Figura 6 - Curva PF com comparativo de custo por manutenção.	15
Figura 7 - Estrutura básica dos padrões de manutenção.	18
Figura 8 - Tipos de padrões técnicos de manutenção e seus conteúdos.	19
Figura 9 - Exemplo de padrão de manutenção	20
Figura 10 - Etapas da metodologia proposta.	25
Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo da empresa analisada.	28
Figura 12 - Fluxograma do setor de planejamento da manutenção.	32
Figura 13 - Moinho de bolas em repouso	38
Figura 14 - Representação esquemática do moinho de bola.	38
Figura 15 - Chute de alimentação do moinho.	39
Figura 16 - Tampa do moinho.	40
Figura 17 - Carcaça do moinho.	41
Figura 18 - Revestimento do moinho.	42
Figura 19 - Foto da manipuladora.	43
Figura 20 - Desenho para montagem do revestimento do moinho.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nomes usuais para os tipos de manutenção.	7
Tabela 2 - Variáveis e Indicadores.	26
Tabela 3 - Quadro de efetivo do setor de planejamento.	33
Tabela 4 - Quadro do efetivo terceiro por área.	34
Tabela 5 - Quantitativo de revestimento de cada moinho.	45
Tabela 6 - Quantitativo de parafusos para o revestimento de cada moinho.	46
Tabela 7 - Procedimento operacional padrão, troca de revestimento dos moinhos.	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Formulação do Problema.....	1
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo Geral	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Estrutura do Trabalho	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Manutenção mecânica	5
2.1.1 Conceitos de manutenção.....	5
2.1.2 Métodos de manutenção.....	6
2.1.3 Planejamento e controle da manutenção	16
2.1.4 Padronização da manutenção	17
2.1.5 Treinamentos de manutenção.....	22
3 METODOLOGIA	23
3.1 Tipo de pesquisa	23
3.2 Materiais e métodos.....	24
3.3 Variáveis e indicadores	26
3.4 Instrumentos de coleta de dados.....	26
3.5 Tabulação de dados	27
3.6 Considerações finais do capítulo	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Características da empresa	27
4.2 Processo produtivo da empresa	28
4.3 Setor de planejamento e manutenção da empresa analisada	29
4.4 Diagnóstico do planejamento da manutenção	33
4.5 Descrição do equipamento moinho de bola.....	37
4.6 Criação do procedimento operacional técnico	46
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	56
5.1 Conclusão	56
5.2 Recomendações	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

O setor de manutenção industrial é de suma importância para estratégia das empresas, visto que o seu objetivo é manter em operação os equipamentos para a produção. Qualquer falha inesperada de um equipamento, dependendo do nível de criticidade deste, impacta no processo, acarretando em perda de produção parcial ou total. Dessa forma, a manutenção tem o papel de formular estratégias para evitar a quebra dos equipamentos ou componentes, a fim de impedir uma parada inesperada do seu ativo.

Segundo a NBR 5492 apud Xenos (1998), a manutenção é definida como:

A combinação de ações e técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter e recolocar um item em seu estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5492-1994). Ou seja, manter significa fazer tudo o que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido. (NBR 5492 apud Xenos, 1998, p.18)

Para que o equipamento desempenhe suas funções adequadas dentro do processo é necessário que se tenha estratégias bem definidas para manter a vida útil do maquinário e uma dessas estratégias é a padronização dos processos de manutenção. Segundo Viana, 2014:

Os planos de manutenção são conjunto de informações necessários, para orientação perfeita das atividades de manutenção preventiva. Os mesmos representam na prática o detalhamento da estratégia de manutenção assumida por uma empresa. A sua disposição o tempo e no espaço, e a qualidade de suas instruções, determinam o tratamento dados pelo organismo mantenedor para a sua ação preventiva. (Viana, 2014, p. 87)

Os padrões são uma forma de melhorar cada vez mais a execução das atividades de manutenção, sendo necessário que os mesmos sejam revisados. Além disso, serve como orientação para capacitar previamente os colaboradores recém-chegados na empresa, aumentando a produtividade dos mesmos logo no início de sua jornada operacional na empresa. Ressalta-se que o padrão permite que os gestores da empresa não dependam diretamente dos especialistas do equipamento, dessa forma, deve-se capacitar o máximo de pessoas, principalmente nas atividades mais críticas, para um melhor fluxo do processo de execução. Com isso, a empresa amplia a disponibilidade de funcionários com este conhecimento.

Dentro da estrutura básica de manutenção, existem os padrões técnicos de manutenção, que estão contidos nos procedimentos operacionais (inspeção, reforma de componentes, troca de peças e manutenção diária). Neste trabalho, destaca-se o procedimento

operacional de troca de peças em uma abordagem da troca de revestimento de moinhos de bola.

Dessa forma, de acordo com Xenos (1998):

Os padrões de troca periódica são muito semelhantes aos padrões de reforma periódica e constituem uma lista de todas as peças com vida útil limitada e que estão sujeitas a troca periódica e suas respectivas periodicidade da troca, além dos procedimentos operacionais detalhado que mostram como trocá-las. (Xenos 1998, p.194)

Por conseguinte, para efeito de aplicação será efetuado o estudo e análise do equipamento moinho de bola, o qual consiste em um equipamento de mineração, com objetivo de moer o minério para reduzir sua granulometria, para a troca de revestimento.

Diante do contexto, formulou-se a seguinte questão problema:

Como propor um procedimento operacional padrão de troca de revestimento do moinho de bola de uma empresa de mineração?

1.2 Justificativa

A manutenção tem sua importância porque ela tem como função evitar a degradação dos equipamentos das instalações industriais. A partir de uma estratégia de manutenção bem definida é possível aumentar a vida útil do equipamento, garantindo que a produção atinja seus indicadores. (Xenos, 1998)

Assim como afirma Teles, (2019):

A área de manutenção deve ser considerada estratégica para o resultado dos negócios. É por meio da manutenção que é possível antecipar e evitar falhas que poderiam ocasionar paradas imprevistas dos equipamentos produtivos e fazer com que a empresa tenha grandes prejuízos. (TELES, 2019, p. 4)

Existe um paradoxo no setor de manutenção, ao mesmo tempo em que ele é visto como algo importante e essencial, ele também consome um considerável capital das empresas, ou seja, necessita de alto investimento para a manutenção e/ou troca dos componentes, sejam eles mecânicos, elétricos ou de instrumentação. Contudo, uma manutenção bem planejada e estruturada, permite que as empresas se tornem altamente competitivas, pois a produção fica sendo de qualidade e atendendo aos prazos fornecidos pelo cliente. (Xenos, 1998)

Para que as estratégias de manutenção sejam eficientes são necessárias ferramentas e métodos para se alcançar a excelência operacional e uma dessas ferramentas é o procedimento operacional padrão, o qual é fundamental para a estratégia de manutenção, pois por meio dessa ferramenta tem-se o passo a passo para a substituição de um determinado equipamento

ou componente. Com isso, a produtividade do setor de manutenção aumenta. Além do mais, é uma ferramenta fundamental para o planejamento da manutenção, pois com base no padrão operacional o planejador de manutenção organiza as atividades de forma mais eficiente, verificando as etapas das atividades, executando o levantamento dos materiais necessários, além dos recursos para a execução da atividade, com isso evitam os imprevistos durante a execução. (Xenos, 1998)

Dentro do setor de mineração, um dos equipamentos que é fundamental para o processo produtivo é o moinho de bola, dessa forma, sua estratégia de manutenção deve ser bem elaborada, pois caso haja uma falha nesse equipamento, poderá acarretar paralisação parcial ou total da usina, isso dependerá do *layout*. Um equipamento desse porte não operando acarreta em perda de produção.

Um dos componentes do moinho de bola é seu revestimento interno, no qual deve ser realizada a troca periódica bianual ou a partir da análise da espessura do revestimento, utilizando o ultrassom. Para realização dessa troca, são necessários entre 7 e 10 dias, a depender do planejamento ou a dimensão do moinho.

Considerando-se que quanto maior o tempo de parada do moinho, menor é o lucro da empresa, faz-se essencial um procedimento operacional padrão que garanta um planejamento bem elaborado e uma execução eficiente para a troca de revestimento do moinho de bola, objetivando a redução do custo, aumento da produção, maior disponibilidade do equipamento, crescimento da rentabilidade e elevação da produtividade da atividade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um procedimento operacional padrão de troca de revestimento para substituição do revestimento do moinho de bola de uma empresa de mineração.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre manutenção, planejamento e controle da manutenção, padronização da manutenção, treinamento operacional e procedimento operacional padrão;
- Elaborar um procedimento metodológico para realizar o diagnóstico das condições do equipamento e da gestão da manutenção em estudo;
- Comparar os dados obtidos com a base teórica para propor um procedimento operacional padrão de troca de revestimento que vise o planejamento e a execução da substituição do revestimento do moinho de bola de uma empresa de mineração.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, a saber: o primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo, trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias à respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as vantagens e desvantagens existentes em cada um.

O terceiro capítulo, consiste em apresentar a metodologia de pesquisa da seguinte forma: tipo de pesquisa, materias e métodos, variáveis e indicadores, tabulação dos dados e as considerações finais do capítulo.

Já o quarto capítulo, trata dos seguintes itens: características da empresa analisada, processo produtivo da empresa, o setor de planejamento da manutenção da empresa, diagnóstico do planejamento da manutenção, descrição do equipamento moinho de bola.

E por fim, no capítulo quinto apresenta-se a conclusão, respondendo à pergunta problema. Nesse capítulo, também, identifica-se sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção mecânica

2.1.1 Conceitos de manutenção

Segundo a NBR 5462 (1994), manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. (NBR 5462, 1994, p. 6). Ou seja, é o conjunto de estratégias, sejam elas de: execução, melhoria, supervisão e planejamento, que tem por finalidade manter os equipamentos com seu devido funcionamento operacional para a planta.

Já Kardec e Nascif (2019), definem a manutenção como aquela que capaz de “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”. (KARDEC e NASCIF, 2019, p.33). Ainda segundo os autores, este conceito mais atual, abrange vários aspectos relacionados ao modelo de manutenção da quarta revolução industrial, de modo que as empresas não atuem em preservação somente dos seus ativos, mas de modo a preservar a saúde e integridade de seus colaboradores e do meio ambiente, de forma sustentável. (Kardec e Nascif, 2019)

Xenos, (1998) ressalta que o objetivo da manutenção é evitar a degradação dos equipamentos e instalações devido ao seu desgaste durante o processo produtivo. O resultado dessa degradação aparece de várias formas, desde uma falha que ocasione a parada de um equipamento durante o processo, até uma anomalia como um ruído atípico ou um curto circuito em um equipamento elétrico, além da poluição ao meio ambiente de forma direta ou indireta.

Segundo os autores Nascif e Dorigo, (2013), a missão da manutenção é “garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de modo a atender um programa de produção ou prestação de serviço com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”. (NASCIF e DORIGO, 2013, p.31). A missão da manutenção é fornecer ao setor de operação os equipamentos em pleno funcionamento, atuando de forma segura e produtiva, com menor custo de manutenção. Dessa forma, a empresa se torna mais competitiva no mercado e lucrativa.

Para os autores Kardec e Nascif (2019), há um novo cenário em que se faz necessário reinventar conceitos de manutenção devido a velocidade do mercado, a cada momento surgem

novos desafios para as empresas, dessa forma, os profissionais do setor de manutenção devem pensar e agir de forma estratégica, a fim de evitar prejuízos. Além disso, o setor de manutenção deve integrar de maneira eficaz o processo produtivo, contribuindo significativamente para a empresa. Neste novo momento da manutenção não existe espaço para improvisos e sim para inovação, velocidade, flexibilidade, cultura de mudança e trabalho em equipe.

Kardec e Nascif (2019), ressaltam que o trabalho da manutenção passa por uma mudança de percepção, se libertando da ideia de ser um setor que simplesmente gasta de forma abusiva ou “apaga fogo” (termo utilizado pela equipe de manutenção que atuava de forma corretiva não planejada), para um setor importante estrategicamente para a empresa, pois na visão atual é uma área que previne a parada do equipamento de forma a evitar interrupção do processo produtivo.

São vários os benefícios de uma manutenção com uma gestão bem elaborada, pois tem como consequência os seguintes benefícios “Aumento da disponibilidade; Aumento do faturamento e do lucro; Aumento da segurança pessoal e das instalações; Redução da demanda de serviço; Otimização de custo; Redução de lucros cessantes; Preservação ambiental.” (KARDEC e NASCIF, 2019, p. 17)

É fundamental perceber a obsolescência dos conceitos anteriores sobre a manutenção e ampliar a percepção sobre a real importância e os benefícios da manutenção sistematizada.

2.1.2 Métodos de manutenção

Vários autores abordam os diferentes tipos de manutenção, que objetivam tratar o mecanismo de falha ou prevenção da falha dos equipamentos, alguns tipos são simplesmente variação dos métodos de manutenção. (Viana, 2020). Para Nascif e Dorigo (2013), “Existem diversas denominações para um mesmo tipo de manutenção e não raramente, esta variável provoca certa confusão na caracterização dos tipos (ou técnicas) de manutenção”, (KARDEC e NASCIF, 2019, p. 140) na tabela 1, pode-se observar os tipos usuais de manutenção.

Tabela 1 - Nomes usuais para os tipos de manutenção.

NOMES USUAIS PARA OS TIPO DE MANUTENÇÃO			CATEGORIA
Corretiva não planejada	Emergência	Não programada	Reativa
Corretiva planejada	Programada	Condicional de execução	
Preventiva	Sistemática		Proativa
Preditiva	Preventiva-Preditiva	Condicional de inspeção	
Detectiva			

Fonte: Nascif e Dorigo (2013).

Nos tópicos abaixo, serão descritos os tipos de manutenção mais usuais.

2.1.2.1 Manutenção preventiva

A definição de manutenção preventiva é destacada na NBR 5462 (1994) como “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. (NBR 5462, 1994, p. 7)

A manutenção preventiva é composta por atividades que são executadas pelo setor de manutenção de forma planejada em intervalos de tempo pré-estabelecidos, com o objetivo de evitar falhas inesperadas nos equipamentos. O processo de manutenção preventiva na máquina deve ser anterior a qualquer tipo de falha, pois como seu nome já diz o objetivo é prevenir que ocorra uma pane no equipamento, para evitar futuras paradas inesperadas (Viana, 2014).

As estratégias de manutenção preventiva são definidas com auxílio do corpo técnico juntamente com a gestão de execução. Com a integração das equipes tem-se vários benefícios como: evitar de se realizar improvisos na fábrica, melhora na qualidade das manutenções no equipamento e, conseqüentemente, uma maior confiabilidade do mesmo. (Viana, 2014)

Viana (2014), reforça que um dos ocorridos mais indesejáveis pelo setor de operação são as paradas inesperadas dos equipamentos que resultam em corretivas não planejadas. Este tipo de ocorrido sobrecarrega as equipes de execução e planejamento de manutenção, pois a necessidade de agilidade em sanar a falha não permite um planejamento bem detalhado da atividade, no qual é necessário realizar uma avaliação rápida e uma execução acelerada, a fim de retornar a planta em operação. As manutenções preventivas reduzem bastante estes

ocorridos, proporcionando controle sobre o funcionamento dos equipamentos e um elevado grau de autoestima da equipe de manutenção.

Segundo os autores Kardec e Nascif (2019), os seguintes fatores devem ser levados em consideração para adoção de uma política de manutenção preventiva:

Quando não é possível a manutenção preditiva, detectiva ou prescritiva; Quando existirem aspectos relacionados com a segurança pessoal ou a instalação que tornam mandatórias a intervenção, normalmente para a substituição do componente; Por oportunidade, em equipamentos críticos de difícil liberação operacional; Quando houver risco de agressão ao meio ambiente; Em sistemas complexos e/ou de operação contínua representando por paradas programadas nas unidades operacionais de refinarias de petróleo, petroquímicas, siderurgias dentro outras. (KARDEC e NASCIF (2019, p. 78)

Segundo Teles (2019), “a manutenção preventiva custa em média 3 vezes mais do que a manutenção preditiva e é aplicada em 11% dos equipamentos”. (TELES, 2019, p. 37). Isso revela que, no restante dos equipamentos dentro da fábrica, esse método de manutenção não é eficiente, pois a taxa de falha não está relacionada à idade dos equipamentos, mas sim às condições de operação.

A figura 1 representa a curva PF para entendimento da manutenção preventiva, na qual segundo Teles (2019), o eixo horizontal representa o tempo de operação do equipamento e o eixo vertical a performance do equipamento. Neste sentido, é possível perceber pela curva PF que antes que ocorra uma variação nos parâmetros de operação do equipamento, há uma redução de sua performance, assinalando, dessa maneira, o momento ideal para que ocorra a manutenção preventiva no equipamento. Executar a manutenção preventiva faz com que o custo seja um valor mais considerado quando comparada com a manutenção preditiva, quanto mais próximo a manutenção atuar na falha potencial, menor será o custo.



Figura 1 - Curva PF aplicada a manutenção preventiva.

Fonte: Teles (2019)

Este método de manutenção é aplicado em grande parte nas estratégias de manutenção das empresas, um ponto negativo desse tipo de manutenção é o custo considerável, também possui outros pontos como destaca Kardec e Nascif (2019): “Falha humana; Falha de sobressalente; Contaminação introduzida no sistema de óleo; Danos durante a partida e parada; Falha dos procedimentos de manutenção.”

2.1.2.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva, segundo a NBR 5462 (1994), é a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. (NBR 5462, 1994, p. 7) ou seja, consiste em recolocar o equipamento em condições de operação após uma falha do equipamento em operação.

Segundo Kardec e Nascif (2019), durante a atuação da equipe de manutenção em um equipamento, onde o funcionamento do mesmo está fora dos parâmetros nominais devido a um defeito, é considerado uma manutenção corretiva. Os autores salientam que existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva:

- Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais ou de funcionamento do equipamento. (Mecânicas, elétricas, etc);
- Ocorrência da falha. (Kardec e Nascif, 2019, p. 73)

Uma manutenção corretiva exige maior agilidade da equipe de manutenção, pois é algo imprevisível, dessa forma gera vários transtornos para o setor, visto que o tempo de reparo deve ser muito rápido. Para Nascif e Dorigo (2013, p. 141) “o serviço não planejado é sempre mais caro, mais demorado e mais inseguro”.

Os autores Kardec e Nascif (2019) dividem a manutenção corretiva em duas classes, a saber, manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada.

A principal diferença entre esses dois métodos de manutenção é devido a falha funcional. Na manutenção corretiva programada, tem-se a falha em potencial (equipamento apresentando anomalias, indícios potenciais para que ocorra uma parada inesperada), com isso o setor de manutenção tem um tempo curto de planejar a atividade e prepará-la. Já na manutenção corretiva de emergência houve a falha funcional, parando a produção do equipamento, como mostra a figura 2.

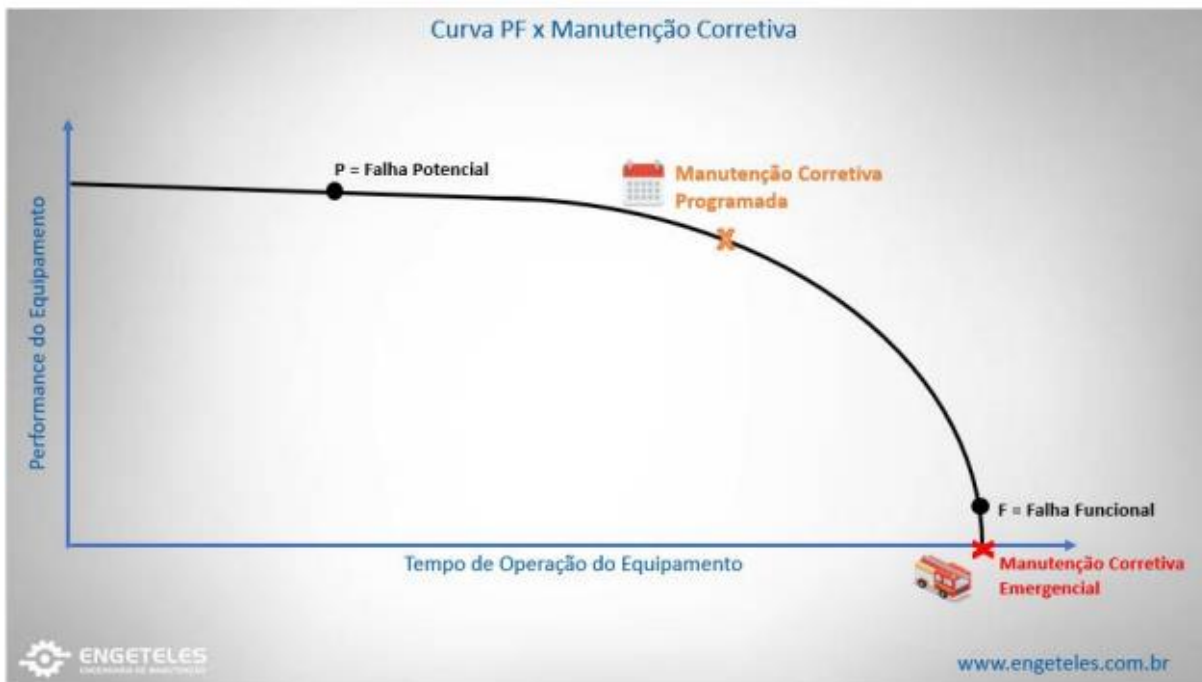


Figura 2 - Curva PF, manutenção corretiva.

Fonte: Teles (2019).

2.1.2.3 Manutenção corretiva não planejada

Esse tipo de manutenção também é conhecido como manutenção de emergência, pois é um método realizado sem planejamento. Ela é caracterizada por uma intervenção no equipamento, onde ocorreu uma paralisação prévia, além disso não há tempo de realizar a preparação do serviço visto que é uma emergência. (Kardec e Nascif, 2019).

Segundo Kardec e Nascif (2019), por se tratar de paradas que não foram esperadas, esse tipo de método de manutenção traz alguns transtornos como alto custo, pois a quebra inesperada pode acarretar em perda de produção, além de afetar a segurança dos colaboradores de execução e por fim causar danos ao meio ambiente. Teles (2019), reforça que esse tipo de manutenção é considerada a mais cara, pois leva mais tempo de retorno da usina para operação e tem um maior tempo de execução.

As quebras aleatórias podem gerar grandes danos aos equipamentos, pois podem levar a altas vibrações, grandes pressões, aumento de temperatura, aumento de vazões, ou seja, a quantidade de energia desenvolvida nesse processo é considerável e interromper um desses processos de forma abrupta pode gerar colapso do equipamento (Kardec e Nascif, 2019). Um exemplo disso é uma mangueira de sistema hidráulico de alta pressão, como mostra a figura 3, na qual a mangueira rompe, sendo necessária a manutenção de forma corretiva, causando transtornos, como comentado anteriormente.



Figura 3 - Vazamento de óleo de uma mangueira do sistema hidráulico.

Fonte: Teles (2019).

Além do senso de urgência, a manutenção corretiva de emergência pode ocorrer devido aos seguintes fatores, como destaca Teles (2019): “Alguém se acidentou ou existe iminente para acontecer um acidente. Há algum problema que agrida o meio ambiente ou existe um risco de iminência disso ocorrer; há algum problema que está comprometendo a qualidade do produto.” (TELES, 2019, p. 25). Dessa forma, o setor de manutenção tem que

se atentar ao máximo para evitar esse tipo de manutenção, pois os riscos são muito grandes para os equipamentos e, também para a segurança dos colaboradores.

2.1.2.4 Manutenção corretiva planejada

De acordo com Kardec e Nascif (2019), o conceito de manutenção corretiva planejada é definido por “ação de correção do desempenho menor do que o esperado no acompanhamento dos parâmetros de condição e diagnóstico levado pelo efeito da preditiva, detectiva, inspeção de manutenção ou prescritiva”. (KARDEC e NASCIF, 2019, p. 75)

Como destacado na figura 2, na curva PF, a manutenção corretiva planejada ocorre após a ocorrência de uma falha potencial no equipamento, que foi detectada pela equipe de preditiva ou inspeção durante a sua ronda, posteriormente, é feito o monitoramento do equipamento, até que a área de manutenção atue corretivamente a fim de sanar a falha e deixar o equipamento em condições de operação. (Viana, 2019).

A diferença entre os tipos de manutenção pode ser vista também na curva PF, figura 2, onde o papel do monitoramento do equipamento é evitar que ocorra a falha funcional, sendo fundamental que a equipe da corretiva atue antes que ocorra essa falha. Além disso, o setor de manutenção consegue intervir de forma mais planejada, tendo uma melhor qualidade durante a execução. (Kardec e Nascif, 2019). A figura 4 exemplifica bem o que foi descrito.

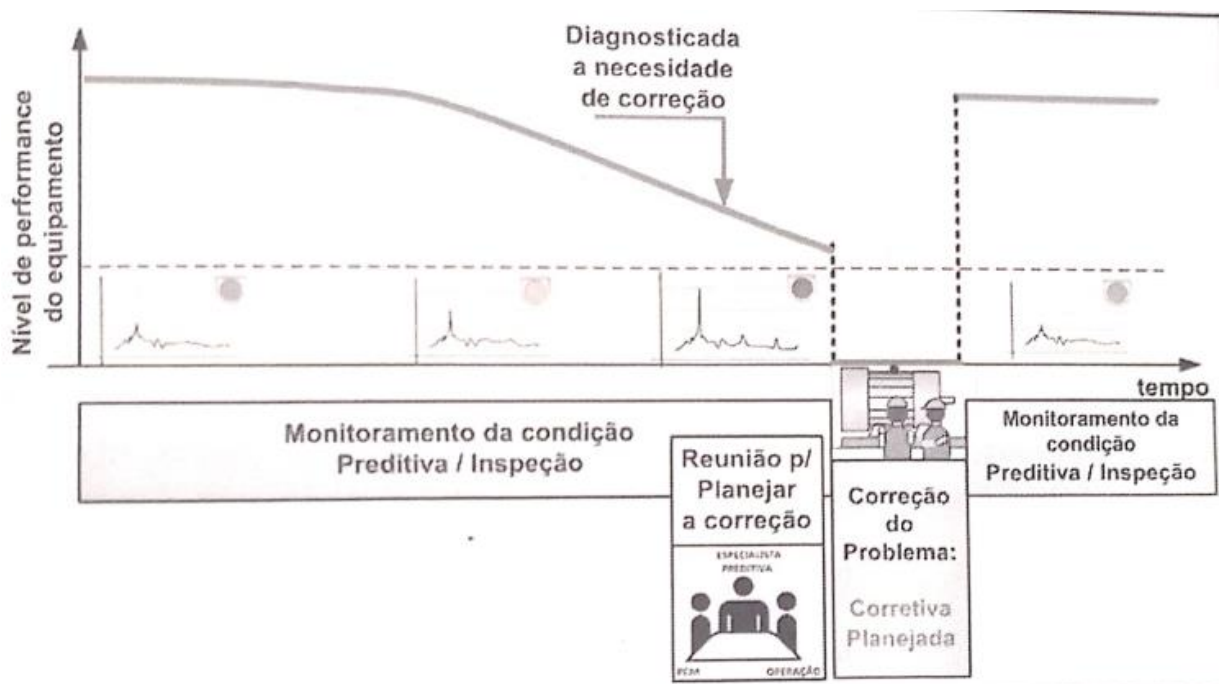


Figura 4 - Manutenção corretiva planejada.

Fonte: Kardec e Nascif (2019)

Para se ter um método de manutenção corretiva bem estruturado no setor de manutenção são necessários os seguintes fatores segundo Kardec e Nascif (2019):

Possibilidade de compatibilizar a necessidade de intervenção com os interesses da produção; Aspectos relacionados à segurança; Melhor planejamento dos serviços; Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental; Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária, para execução dos serviços e em qualidade suficiente, que podem inclusive, ser buscado externamente na organização. (KARDEC e NASCIF, 2019, p. 76)

Para que a manutenção corretiva programada seja efetiva é necessário ter um monitoramento eficiente do equipamento após a falha potencial, pois o seu diferencial é que ela previne a falha funcional, dessa forma, mantém o equipamento em situação de operação até a intervenção da manutenção. (Kardec e Nascif, 2019)

2.1.2.5 Manutenção Preditiva

O conceito de manutenção preditiva destacado pela NBR 5462 (1994) consiste em:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. (NBR 5462,1994, p. 7)

A manutenção preditiva é realizada por meio de monitoramento do equipamento em operação, com isso é realizada a coleta de dados do equipamento, estes dados passam por análise para verificar os parâmetros de funcionamento. Tal monitoramento é realizado com auxílio de aparelhos de medição de vibração, análise físico-química de óleo, ultrassom e termografia. (Teles, 2019). A figura 5 mostra uma técnica de manutenção preditiva, a medição de vibração de um motor, utilizada para a identificação de alguma anomalia no sistema, por exemplo vibração anormal, devido ao desalinhamento.



Figura 5 - Técnica de manutenção preditiva.

Fonte: Teles (2019)

Esse tipo de técnica facilita a tomada de decisão sobre o momento ideal para realizar a manutenção no equipamento em operação. (Teles, 2019). Para este tipo de manutenção é necessário certo conhecimento técnico para que seja feita a correta análise dos dados coletados em campo, de modo que além do investimento que a empresa precisa fazer em termos de equipamentos preditivos, é imprescindível qualificar a mão de obra, o custo inicial do monitoramento on-line é alto, mas um monitoramento bem gerenciado pode trazer uma ótima relação custo/benefício de aproximadamente 1/5 para a empresa. (Kardec e Nascif, 2019)

O engenheiro Teles (2019) cita os principais objetivos da manutenção preditiva:

Determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção numa peça ou componente específico de uma máquina ou equipamento; eliminar desmontagem desnecessárias para inspeção; aumentar o tempo de disponibilidade da máquina; reduzir as intervenções de corretiva; impedir o aumento dos danos; aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento; Aumento do grau de confiabilidade das máquinas e equipamentos. (TELES, 2019, p. 43)

Tendo como parâmetro o custo, a manutenção preditiva se mostra como a opção ideal para a empresa, de acordo com a análise da curva PF, na figura 6. Neste tipo de manutenção é possível acompanhar o desgaste do equipamento, dessa forma é realizada uma intervenção planejada.

Como comentado por Teles (2019), ao comparar o custo dos tipos de manutenção, o tipo corretiva de emergência mostra-se 7 vezes maior do que a preditiva, na manutenção

preventiva o custo é de 3 vezes maior do que a preditiva, isso considerando as especificidades de cada tipo e o momento de intervenção de cada um deles.

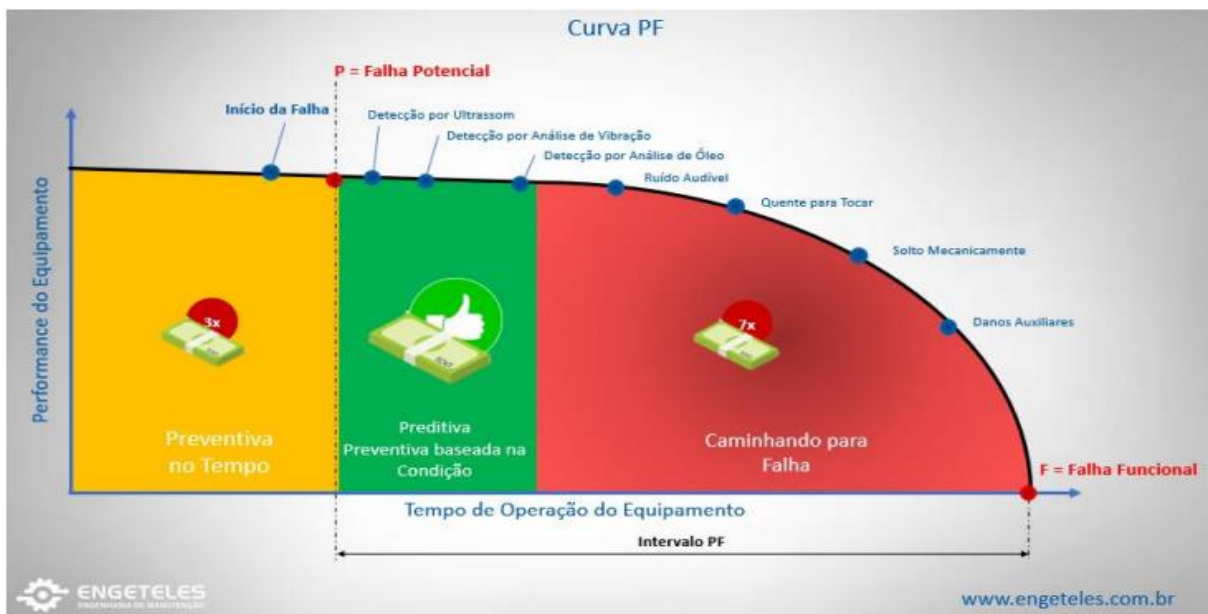


Figura 6 - Curva PF com comparativo de custo por manutenção.

Fonte: Teles (2019)

2.1.2.6 Manutenção Detectiva

O conceito de manutenção detectiva segundo os autores Kardec e Nascif (2019) “é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. (KARDEC e NASCIF, 2019. p. 83)

Esse tipo de manutenção tem por objetivo detectar alguma anomalia no equipamento, sendo necessário verificar se os sistemas de proteção estão em bom estado de funcionamento. A detecção de falhas ocultas no sistema é fundamental para garantir a confiabilidade dos ativos da empresa. (Kardec e Nascif, 2019).

Cada vez mais são utilizados sistemas de computação e instrumentos nas plantas industriais, para auxiliar o monitoramento dos equipamentos, exemplos disso são os *trip*, que têm a finalidade de proteger o sistema caso o equipamento apresente um parâmetro fora do normal, sendo uma forma de defesa do equipamento, caso ocorra uma anomalia o *trip* entra em funcionamento e desarma o equipamento. (Kardec e Nascif, 2019).

Assim como a manutenção preditiva que realiza o monitoramento dos equipamentos por meio de coleta de dados em campo e transforma em informações para os técnicos interpretarem, de modo a definir uma estratégia de execução, na manutenção detectiva

também são coletados dados para o acompanhamento dos parâmetros do equipamento, tal atividade se enquadrada como um sistema de inspeção. (Kardec e Nascif, 2019)

2.1.3 Planejamento e controle da manutenção

O setor de planejamento e controle da manutenção pode ser considerado um dos setores fundamentais para as indústrias de modo geral. É de responsabilidade dessa área realizar o gerenciamento e controle da manutenção. As informações são tratadas por eles, seja o custo de manutenção, mão de obra da manutenção, falhas ocorridas nos equipamentos, gestão das demandas da área e disponibilidade dos equipamentos. (Teles, 2019).

O planejamento da manutenção possui um conjunto de pessoas trabalhando de forma estratégica, com a finalidade de manter as plantas industriais em condições de operação com menor custo possível, além disso, tem como função realizar o acompanhamento dos indicadores de manutenção, que são fundamentais para o desempenho do setor.

Segundo Teles (2019), o objetivo do PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) é “promover, participar e garantir a elevação da confiabilidade e disponibilidade dos ativos, otimizando todos os recursos de manutenção”. (TELES, 2019, p. 57). Na manutenção, os fatores custo e disponibilidade devem ser percebidos de modo associativo. De uma maneira geral, nada se resolve se o setor de manutenção realizar grandes reparos e trocas excessivas sem realizar o acompanhamento dos gastos juntamente com o acompanhamento da degradação das peças ou equipamentos, deve-se aproveitar ao máximo os equipamentos e sobressalentes, a fim de evitar o superfaturamento.

Para que os processos do setor de manutenção interajam entre si é necessário realizar um sistema de controle de manutenção que está contido dentro do planejamento da manutenção, ele permitirá identificar os seguintes aspectos:

Que serviço serão feitos; quando os serviços serão feitos; que recursos serão necessários para o serviço; quanto tempo será gasto em cada serviço;
Quais serão os custos de cada serviço, o custo por unidade e o custo global;
Que materiais serão aplicados; que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessários; Nivelamento de recursos – mão de obra; Programação de máquinas operatrizes ou de elevação de carga; Registo para consolidação de histórico e alimentação de sistemas de especialistas; Priorização adequadas dos trabalhos. (KARDEC e NASCIF, 2019, p. 123)

Percebe-se que são vários os aspectos a serem tratados pelo setor de planejamento e controle da manutenção, mas vale a pena destacar alguns, como a priorização das atividades, priorização de recursos e levantamento e aquisição de material, pois há deficiência do número de funcionários e excesso de demandas. (Viana, 2014)

Além disso, durante as preventivas é de suma importância os recursos sejam alocados de forma adequada em termos de distribuição nos setores, para evitar a ociosidade, por exemplo, recursos como guindaste e caminhão guindauto podem ser compartilhados entre as equipes de manutenção preventiva durante as atividades, de forma organizada. Portanto, um único recurso atende a várias atividades, ao invés de contratar outros, reduzindo o custo de manutenção. (Viana, 2014)

Salienta-se que é importante o setor de planejamento da manutenção mapear todas as interferências das atividades antes da execução das mesmas, para evitar qualquer tipo de imprevisto durante as atividades de execução, de forma a manter disponível para a equipe de execução os recursos como: ferramentas, equipamentos de içamento, sobressalentes e elementos de fixação. Com isso, permite-se uma agilidade nas atividades, pois, um planejamento bem elaborado permite que a execução seja bem realizada. (Kardec e Nascif, 2019).

Outro item importante do planejamento da manutenção são os históricos das atividades já executadas, pois permite serem consultados para planejamentos das atividades posteriores, realizando o giro do ciclo PDCA, procurando maior eficiência na execução e no planejamento. (Xenos, 1998). Outra contribuição do histórico é quando a empresa possui uma rotatividade de colaboradores muito alta, dessa forma, esse documento irá auxiliar nas consultas pelos novos funcionários.

Xenos (1998), também reforça quanto a utilização dos planos de manutenção como função estratégica, pois os mesmos consistem em um conjunto de ações preventivas com objetivo de reduzir as falhas na planta. O plano de manutenção é simplesmente o calendário de ações preventivas durante o ano. Com um mapa bem elaborado pelo setor de planejamento e controle da manutenção, tem-se as datas de todas as manutenções preventivas que irão ocorrer durante as 52 semanas no calendário, facilitando o planejamento.

2.1.4 Padronização da manutenção

Para que as atividades de manutenção sejam bem executadas, algumas tarefas requerem preparação e planejamento bem elaborados e precisos, a fim de alcançar uma melhor performance na execução. Atividades que por si só necessitam de ferramentas, mão de obras terceirizadas, equipamentos locados e peças com grande tempo de fabricação externa para utilização na execução devem ser verificadas com antecedência, com a finalidade de ter uma performance favorável quando realizadas. Sem um planejamento contundente as chances de ineficiência no processo de execução são superestimadas. (Xenos, 1998).

Segundo Xenos, (1998), o planejamento atuando juntamente com os processos de padronização permitem mapear várias interferências antes da execução, analisando o máximo de risco e atuando de forma a evitar os mesmos. Os procedimentos operacionais padrão aplicados de forma correta pelo planejamento têm vários benefícios, como maior confiabilidade, previsibilidade dos recursos, mão de obra disponível e peças de reposição, como resultado tem-se maior controle de custos de manutenção.

Xenos, (1998), destaca que existem vários tipos de procedimentos operacionais como mostra a figura 7, a qual demonstra a estrutura básica de procedimentos, que são divididos em padrões gerenciais e padrões técnicos, os procedimentos operacionais padrão estão contidos dentro do procedimento operacional técnico.

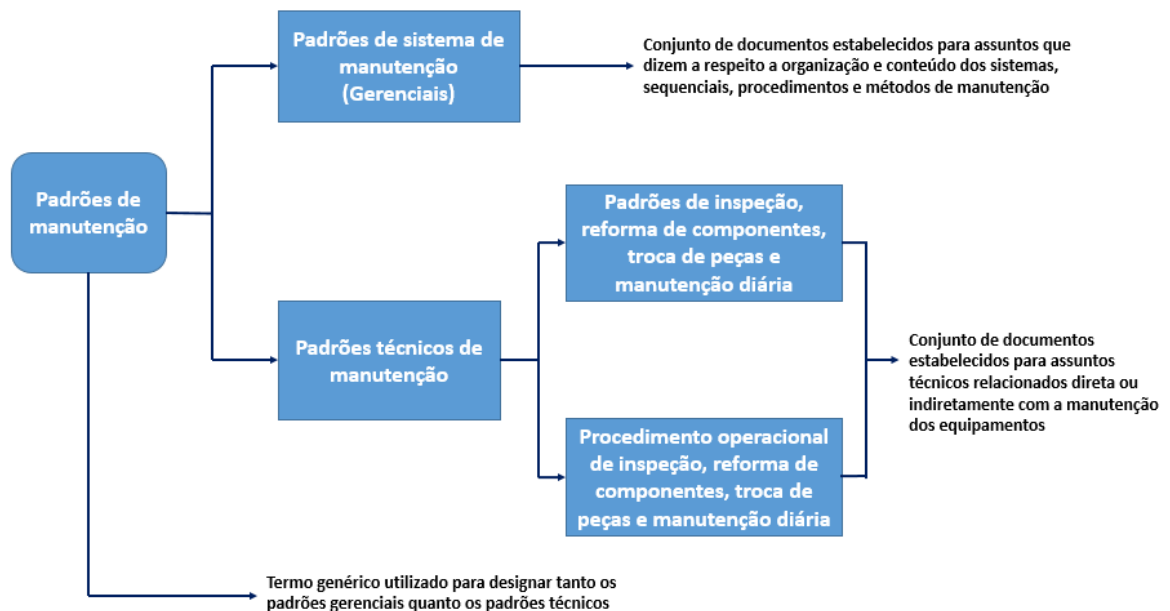


Figura 7 - Estrutura básica dos padrões de manutenção.

Fonte: Xenos (1998)

A seguir serão explicados os tipos de padrões técnicos de manutenção.

2.1.4.1 Os padrões técnicos de manutenção

Os padrões técnicos de manutenção segundo Xenos (1998), “são um conjunto de documentos que tratam das diversas tarefas operacionais de manutenção, executadas diretamente no chão de fábrica”. (XENOS, 1998, p. 188). Exemplo disso é a troca de um rolamento, cujo procedimento técnico deve conter as especificações do rolamento, o tipo de

rolamento, a folga necessária, além do tipo de graxa necessários, o torque dos parafusos dos mancais dentre outras informações.

A figura 8 destaca os quatro tipos de padrões técnicos de manutenção.

TIPOS DE PADRÕES TÉCNICOS	CONTEÚDO	RECOMENDAÇÕES
<p>Padrões Técnicos da Manutenção</p> <p>Denominação genérica do conjunto de requisitos de manutenção e respectivos procedimentos operacionais</p> <p>↓</p> <p>Padrões de Inspeção</p> <p>Padrões de Troca</p> <p>Padrões de Reforma</p> <p>Padrões de Manutenção Autônoma (Ver Capítulo 8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> O que inspecionar, em que pontos e com que frequência. Métodos de inspeção aplicáveis. Instrumentos e aparelhos necessários. Critérios de avaliação do resultado da inspeção e limites de atuação (troca ou reforma). Contramedidas em caso de anomalia. Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> Registrar os resultados das inspeções e fazer análise de tendência. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das inspeções. Transferir as inspeções sensíveis para os Padrões de Manutenção Autônoma.
	<ul style="list-style-type: none"> Identificação das peças sujeitas à troca periódica. Frequência de troca. Procedimentos de remoção/instalação. Procedimentos de teste funcional. Ferramentas, instrumentos e aparelhos. Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> Incluir fotos ou desenhos para facilitar a identificação das peças a serem trocadas. Padronizar a identificação e disposição das peças trocadas para evitar sua reutilização. Incluir cuidados durante manuseio e instalação para evitar danos às peças durante a troca.
	<ul style="list-style-type: none"> Identificação dos componentes sujeitos à reforma periódica. Frequência de reforma. Procedimentos de remoção/instalação do componente. Procedimentos de reforma na oficina ou na área. (desmontagem, limpeza, inspeção, troca de peças, montagem e testes funcionais). Critérios de avaliação das condições das partes. Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> Registrar os resultados da restauração, incluindo a identificação das peças trocadas, resultados das medições e testes funcionais realizados. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das tarefas.
	<ul style="list-style-type: none"> Identificação dos pontos de limpeza, lubrificação, inspeção, reabastecimento. Identificação dos ajustes e testes. Frequência das tarefas. Procedimentos de execução das tarefas. Critérios de avaliação quantitativos e qualitativos. Contramedidas em caso de anomalia. Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das tarefas. Utilizar a gestão à vista nos equipamentos para as tarefas rotineiras de limpeza, lubrificação e inspeção.

Figura 8 - Tipos de padrões técnicos de manutenção e seus conteúdos.

Fonte: Xenos (1998)

2.1.4.1.1 Os padrões de inspeção

Os padrões de inspeção são os procedimentos detalhados para realizar uma verificação visual ou com auxílio de aparelhos de medições. Através deste procedimento, os mantenedores conseguem detectar possíveis anomalias nos equipamentos. (Viana, 2014).

Além disso, Xenos (1998) reforça que os “padrões de inspeção são documentos que detalham os itens a serem inspecionados e sua frequência, os métodos de inspeção a serem utilizados, os critérios de julgamento do resultado das inspeções e as contramedidas, em caso de anomalia”. (XENOS, 1998, p. 188)

Segundo Xenos (1998), os padrões de inspeção devem ser bem detalhados, com itens quantitativos e qualitativos para que evite erros durante a rota de inspeção, os procedimentos devem conter todo o detalhamento da inspeção do equipamento, a fim de evitar que algum

item fique despercebido durante o processo. Sem esse detalhamento dificilmente irá ter uma confiabilidade do processo.

Após encontradas as anomalias utilizando os procedimentos de inspeção, as mesmas devem ser tratadas pelo planejamento de manutenção, por meio das ordens de serviço, a fim de evitar falhas no futuro. Dependendo da anomalia a equipe de manutenção deve atuar de forma ágil a fim de evitar uma falha. (Viana, 2014)

Xenos (1998), destaca que para tornar os padrões de inspeção completos as seguintes informações são essenciais:

Partes dos equipamentos a serem inspecionados; Frequência das inspeções; Métodos de inspeção; Instrumentos e aparelhos de inspeção; Características a serem inspecionadas; Critérios de julgamento; Contramedidas em caso de anomalias. ” (XENOS, 2019, p. 190)

A figura 9 exemplifica como são aplicados todos estes itens na prática.

Empresa		Especificação de Serviço					Máquina	Código
XXX		Inspeção mensal da bomba de água radial centrífuga modelo 2029F (em funcionamento)					Bomba de água modelo 2029F	M-XXX-002-A Folha: 1/1
Item do Parâmetro			Parâmetros de Inspeção/Medição				Ação em caso de anomalia/ observação	
Nº	Item	Nº	Conteúdo	Critério de Avaliação	Registro do Resultado	Instrumento		Método
1	Vedação	1	Gaxeta da bomba	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a gaxeta
		2	Conexão de entrada	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a junta
		3	Conexão de saída	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a junta
2	Fixação	1	Parafusos de fixação da bomba	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
		2	Parafusos de fixação do motor	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
		3	Parafusos de fixação das conexões	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
3	Condições de trabalho	1	Pressão	1,8 a 2,2 kg/cm ²		Manômetro	Visual	Informar ao supervisor
		2	Vazão	18 a 22 m ³ /h		Med. de vazão	Visual	Informar ao supervisor
4	Vibração	1	Vibração do mancal da bomba	$V \leq 4 \text{ mm/s}$		Med. vibração	Ponto indicado	Diminuir periodicidade de medição
		2	Vibração do mancal do motor	$\alpha \leq 1 \text{ mm/s}^2$				
5	Elétrica	1	Isolação do motor	$\geq 10 \text{ M}\Omega$				
		5	Contator da alimentação	Lâmpada acesa		-	Visual	Substituir a lâmpada ou o contator
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	Temperatura	1	Temperatura do mancal da bomba	$\leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$		Termômetro infravermelho	Ponto indicado	Trocar o mancal
		2	Temperatura do mancal do motor	$\leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$			Ponto indicado	Trocar o mancal
		3	Temperatura da carcaça do motor	$\leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$			Ponto indicado	Informar ao supervisor
Executante:						Data		

Figura 9 - Exemplo de padrão de manutenção

Fonte: Xenos (1998)

Todos estes critérios devem ser seguidos de forma fidedigna a fim de evitar alguma anomalia despercebida durante a inspeção de campo para prevenir falhas nos equipamentos.

2.1.4.1.2 Os padrões de reforma periódica

Os padrões de reforma periódicas de equipamentos de manutenção consistem em “especificar os requisitos e a periodicidade e a periodicidade de restauração dos

equipamentos, a fim de restabelecer seus níveis de resistência a falha”. (XENOS, 1998, p. 193). Estes documentos devem descrever de forma detalhada as diferentes formas de restauração dos equipamentos em uma planta industrial.

Xenos (1998) reforça que o procedimento deve conter os seguintes itens do serviço de restauração, de forma detalhada:

- Remoção do equipamento;
- Desmontagem do equipamento;
- Limpeza dos sobressalentes;
- Inspeção dos sobressalentes;
- Retrabalho dos sobressalentes;
- Montagem do equipamento;
- Instalação do equipamento;
- Procedimentos associados.

Os procedimentos de reforma descrevem todas as etapas das atividades de restauração dos equipamentos, levantamento dos ferramentais a serem utilizadas, quais parâmetros de reforma serão utilizados, tempo de execução, a quantidade necessária de recursos humanos, desenhos dos sobressalentes e do conjunto, dessa forma, a equipe de manutenção, consegue executar a atividade de forma organizada e com parâmetros de consulta.

Esses tipos de padrão, assim como os outros tipos, devem passar por revisões constantemente, principalmente quando são realizadas modificações ou melhorias nos processos, dessa forma, o setor de execução deve ser atualizado sobre as mudanças ocorridas. (Xenos, 1998)

2.1.4.1.3 Procedimento Operacional Padrão de troca periódica

Todos os componentes de um equipamento sofrem desgaste e têm uma vida útil pré-estabelecida, segundo orientação do fornecedor, dessa forma, periodicamente, alguns sobressalentes dos equipamentos devem ser trocados. (Viana, 2014).

Os padrões de troca periódica têm por objetivo detalhar para o setor de planejamento e de execução como deve se realizar as trocas dos itens. É importante salientar que durante a execução dos padrões de troca periódica, também pode se realizar a verificação dos sobressalentes nas proximidades do equipamento, para avaliar a necessidade de uma troca antecipada, evitando uma falha no maquinário.

Xenos (1998), reforça que os padrões de troca periódica são semelhantes aos padrões de reforma, além disso segundo o mesmo autor, as informações que o procedimento deve ter são:

- Descrição da desmontagem e do equipamento e dos sobressalentes;
- Métodos para remoção e instalação das peças;
- Cuidados durante a execução do serviço;
- Descrição da montagem do equipamento e seu sobressalente;
- Teste de verificação do funcionamento;
- Lista de ferramentas necessárias e materiais.
- Lista de equipamentos de proteção individual e precauções de segurança.

2.1.4.1.4 Os padrões de manutenção autônoma

A manutenção autônoma são pequenas restaurações realizadas pelo setor de operação, com o objetivo de identificar pequenas anomalias nos equipamentos ou realizar pequenas correções preventivas para evitar falhas nos equipamentos. De forma geral, o auxílio dos operadores tem grande influência nos resultados da manutenção, pois estão em contato direto e frequente com os equipamentos, facilitando a verificação da performance do equipamento. (Xenos, 1998).

Segundo Xenos (1998), os padrões de manutenção são elaborados e utilizados pelos operadores cotidianamente, os mesmo devem ser treinados e capacitados para realizar os reparos nos equipamentos, sendo que, na grande maioria das vezes este treinamento é dado pelo setor de manutenção.

2.1.5 Treinamentos de manutenção

O conhecimento e a experiência que os colaboradores da indústria adquirem durante a sua trajetória profissional permite que as atividades sejam realizadas de forma mais ágil e com qualidade, pois são vivenciados diferentes problemas no setor de manutenção industrial. Dessa forma são cobrados cada vez mais soluções inovadora e de baixo custo para os profissionais de manutenção, afim de evitar as falhas dos equipamentos dentro do setor fabril. E para que os colaboradores tenham suporte para solução dos problemas é necessário a realização de qualificação, por meio de treinamento. (Xenos, 1998)

Com a padronização das atividades de manutenção permite que os colaboradores tenham acesso as informações necessárias para a execução da atividade. Além disso é

necessário treinar as pessoas nos procedimentos operacionais padrões para que verifiquem o sequenciamento das atividades, ferramental necessário e os recursos necessários antes da execução. Importante descartar que manter um profissional experiente para qualificar os colaboradores, conforme o procedimento, permite a troca de experiências, visto que o mesmo já vivenciou aquele momento, tendo como consequência um aprendizado mais eficiente. (Xenos, 1998).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Para Gil (2017), a pesquisa consiste em fornecer a resposta a um problema proposto, ela é necessária quando não se tem informações suficientes para a resposta ao problema, ou de forma que as resoluções dos problemas estejam de forma desorganizada, sendo necessário realizar a junção das informações para se obter a solução.

Quanto ao objetivo da pesquisa, Gil (2017) ressalta que existem três tipos que são: exploratórias, descritivas e explicativas. O autor comenta que a pesquisa exploratória permite maior familiaridade com o problema, logo ela é mais flexível comparada às outras. Além disso, Gil (2017) reforça que a pesquisa exploratória permite maior familiaridade com o problema, dessa forma, a construção das hipóteses de resolução fica mais explícitas. Não será comentado sobre os outros temas visto que o trabalho proposto, se trata de uma pesquisa exploratória.

Quanto à forma de abordagem da pesquisa é possível analisar duas formas, a pesquisa qualitativa e a quantitativa. Para Lakatos e Marconi (2021), a pesquisa quantitativa é aquela que apresenta dados numéricos e estatísticos, de forma que permite quantificar as informações coletadas durante a pesquisa e, após as informações coletadas é preciso analisá-las. De acordo com Creswell apud Soares (2019) a pesquisa qualitativa:

se dá quando o pesquisador estuda os fenômenos em seus ambientes naturais, tentando interpretá-los a partir do modo como são vistos. Sendo assim, esse tipo de pesquisa envolve a coleta e utilização de uma série de materiais empíricos (tais quais estudo de caso, experiência pessoal, observação, históricos, interação de fenômenos ou fatores, entre outros), relativos à rotina e aos entraves observados na análise em questão. (SOARES, 2019, p. 21)

Diante disto, tendo em vista essas duas definições de formas de pesquisa, a que melhor se enquadra para coleta de informações é a pesquisa qualitativa, pois serão analisadas as interpretações das informações de troca de revestimento do moinho.

Quanto aos procedimentos técnicos são definidos os seguintes métodos de pesquisa: bibliográfica, documental, experimental, ensaio clínico, estudo caso, estudo de corte, levantamento de campo, estudo de caso, pesquisa etnográfica, pesquisa fenomenológica, teoria fundamentada nos dados, pesquisa-ação, pesquisas mistas, pesquisa participante pesquisa narrativa. Um trabalho não necessariamente atende somente um estudo. (Gil, 2017) O presente trabalho é classificado como pesquisa bibliográfica, pois será explicado os conceitos de manutenção, planejamento e procedimento operacional com base em vários autores e artigos utilizados como fonte de referência. Essa pesquisa é, também, documental, pois serão utilizados documentos da empresa para auxiliar na criação da solução do problema proposto. E por fim, o estudo de caso que consiste em uma análise profunda do planejamento de manutenção, da troca de revestimento de moinhos de bola de mineração, com objetivo de obter um amplo conhecimento dos processos, além de permitir lidar com um problema real.

3.2 Materiais e métodos

Para o presente trabalho fez-se necessário um estudo sobre as condições encontradas na empresa e nos moinhos de bola de minério de ferro. Dessa forma, elaborou-se as etapas a serem seguidas para elaboração do procedimento operacional padrão, para troca de revestimento. Como mostra a figura 10, etapas determinadas pelo autor.

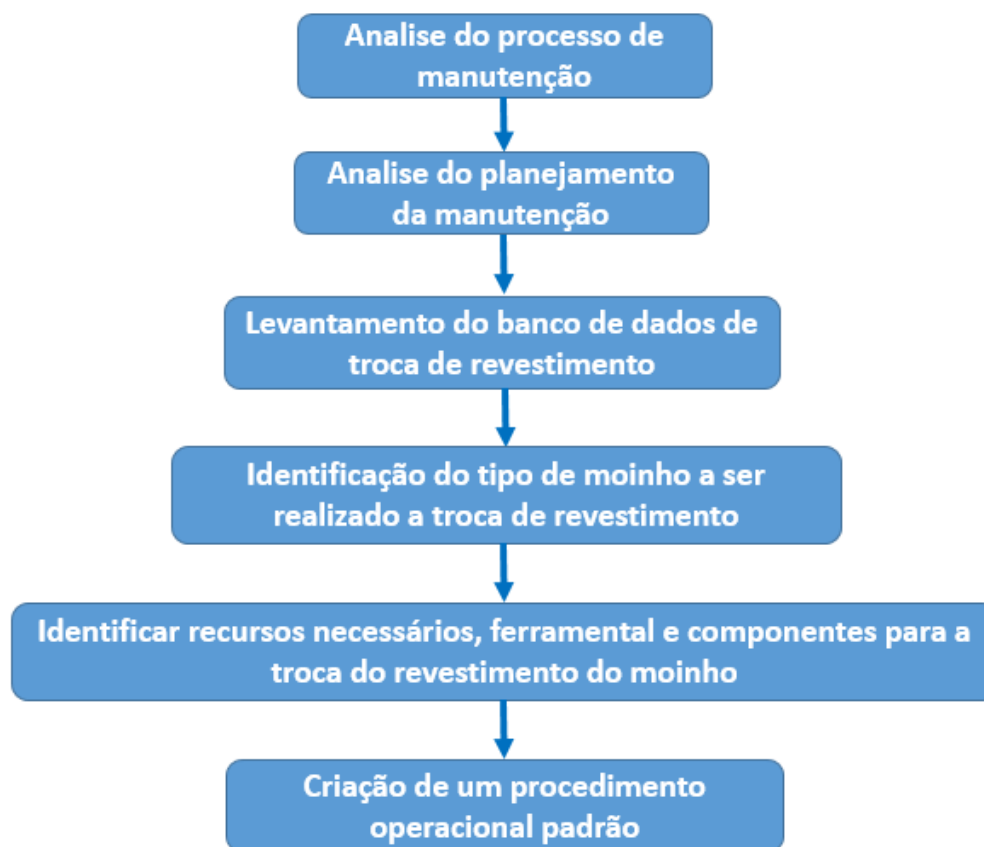


Figura 10 - Etapas da metodologia proposta.

Fonte: Pesquisa direta (2021)

As análises dos processos de manutenção e planejamento serão observados em plena operação da planta. A análise do processo de planejamento se faz necessária uma vez que este setor, juntamente com a engenharia de manutenção, define o melhor momento para a troca do revestimento e realizam a estruturação da troca deste componente.

Será identificado o tipo de moinho a ser realizado a troca de revestimento, visto que a empresa analisada possui três usinas de beneficiamento de minério de ferro, e cada usina possui moinhos de marcas e modelos diferentes.

Utilizar-se-á os históricos da empresa para o levantamento do banco de dados das trocas de revestimentos anteriores, com objetivo de obter o máximo de informação possível, garantindo confiabilidade e credibilidade ao trabalho proposto.

Será executado o levantamento de todos os recursos necessários para a troca do revestimento, instrumentos e ferramentais, quantidade de mão de obra, montante de revestimentos a serem trocados e seus respectivos elementos de fixação, além da descrição das etapas para a troca deste item do moinho. E por fim, após a coleta de todos os dados será

realizada a criação do procedimento operacional padrão de troca periódica, a fim de auxiliar o planejamento e a equipe de execução.

3.3 Variáveis e indicadores

Para melhor entendimento do trabalho é necessário realizar o estudo das variáveis e dos indicadores. Segundo Gil (2002), o conceito de variável é:

O conceito variável refere-se a tudo aquilo que pode assumir diferentes valores ou diferentes aspectos, segundo os casos particulares ou as circunstâncias. Assim, idade é uma variável e pode assumir diferentes valores. (...) Classe social também é uma variável. Embora este conceito não possa assumir valores numéricos, pode abranger categorias diversas, como: alta, média, baixa. (GIL, 2002, p. 32)

Já sobre os indicadores Gil (2002) orienta que são utilizados para mensurar as questões implícitas das variáveis, de forma a controlar por meio numérico ou não numérico o andamento da solução do problema, auxiliando no acompanhamento e controle.

Na tabela 2, estão descritas as variáveis e indicadores para o planejamento operacional de troca e a gestão da manutenção.

Tabela 2 - Variáveis e Indicadores.

VARIÁVEIS	INDICADORES
Procedimento operacional padrão de troca	Ordem de serviço Desenhos técnicos Lista Técnica Banco de dados Padrões de manutenção Procedimentos operacionais
Gestão de manutenção	Planejamento e controle de manutenção Integração dos departamentos Tipos de manutenção

Fonte: Pesquisa Direta (2021).

3.4 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados deste trabalho será feita com base nos históricos de planejamentos de troca de revestimentos anteriores, além da utilização de cronogramas no *software de MS Project* e apresentações no *Power Point*. Nestes documentos serão analisadas as informações dos andamentos das trocas, além de *feedbacks*, ferramental utilizado, dentre outros recursos e interferências durante a atividade.

Já para o levantamento dos materiais será usado o *software SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte)* e uma planilha de *Excel*, que consta todos os sobressalentes do

revestimento do moinho de bola de uma empresa de mineração. Além disso, serão utilizados outros procedimentos da empresa estudada como modelo.

Serão realizadas entrevistas com os planejadores e executores da troca de revestimento de moinho, a fim de coletar o máximo de informações possíveis e mapear o máximo de interferências para a criação do procedimento operacional padrão para troca.

3.5 Tabulação de dados

Os instrumentos para a tabulação de dados que serão utilizados são o *Microsoft Excel* para construção de gráficos e itens de troca, *Microsoft Word* para a criação de modelos de procedimento operacional padrão de troca e por fim o *SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte)* para conversão de dados obtidos para o Excel.

3.6 Considerações finais do capítulo

Esse capítulo abordou a metodologia utilizada durante a pesquisa, bem como os materiais, ferramentas, indicadores, variáveis e instrumentos. Já no capítulo seguinte será mostrada a análise dos resultados no que diz respeito às características gerais da empresa e sua atuação no mercado de uma forma geral.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características da empresa

A empresa analisada atua no mercado transoceânico de exportação e produção de “pelota crua”. As pelotas são produtos resultantes da extração, beneficiamento e aglomeração, elas adequam a sua composição química para obter um produto de alto valor agregado, destinado às siderúrgicas de todo o mundo. Sua capacidade produtiva no ano de 2022 já atingiu cerca de 4,4 milhões de toneladas de minério de ferro de pelotas produzidas para atendimento ao mercado.

Uma das unidades da empresa possui três concentradores, sendo que dois estão passando por reformas e um está em operação, tal qual tem a função de beneficiar o minério e aumentar o seu teor de ferro. Já a outra unidade, em um estado diferente, possui quatro usinas de pelotização que transformam o minério em pelotas. Observa-se que das quatro usinas somente uma está operando, as outras três estão passando por reforma. As duas unidades são interligadas por três minerodutos, com quase 400 quilômetros de extensão, que transportam a polpa de minério de ferro entre os dois estados, passando por 25 municípios.

4.2 Processo produtivo da empresa

A figura 11 mostra o fluxo do processo produtivo da empresa desde a extração do minério de ferro na mina até o transporte de pelotas de minério de ferro que são descarregadas no navio para transportar aos clientes da empresa.

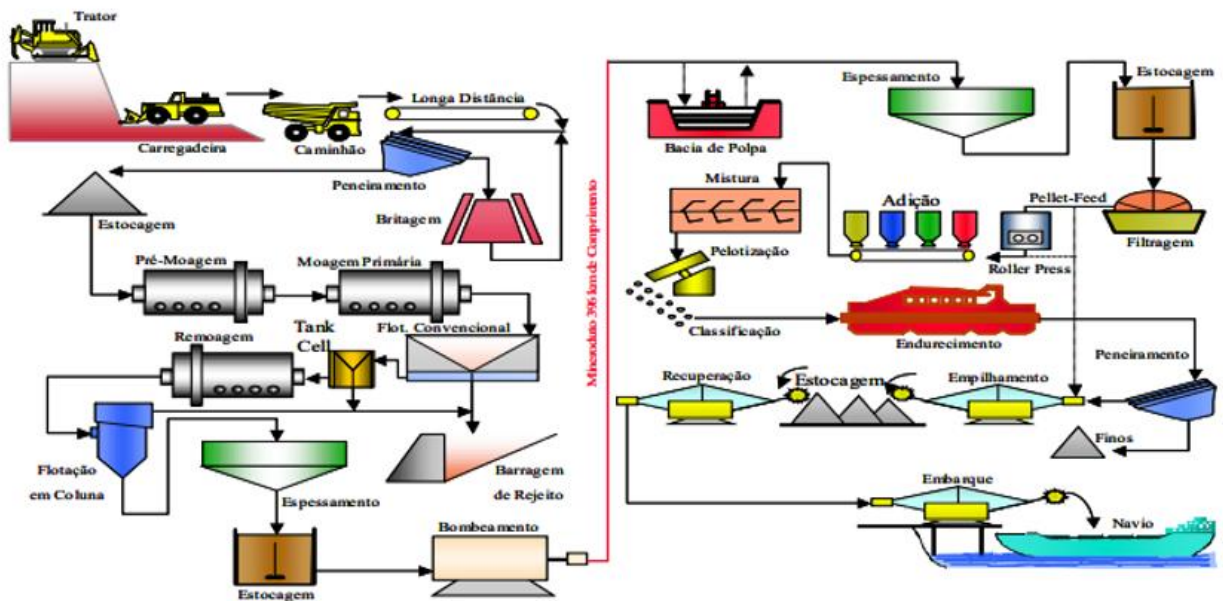


Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo da empresa analisada.

Fonte: Mapa (2006)

O processo produtivo da empresa funciona da seguinte forma:

Na extração do minério de ferro na mina são realizadas as detonações definidas pelos engenheiros de minas, a fim de realizar o desmonte das rochas, dessa forma, o minério deteriorado é transportado por máquinas como fora de estrada e carregadeiras. Após o transporte, o minério é descarregado nas correias de longa distância a fim de transportá-lo até a fase de peneiramento e britagem, como mostra a figura 12 no processo produtivo.

Na fase de peneiramento e britagem o minério é separado e britado, com o objetivo de alcançar a granulometrias específicas. Dessa maneira, as peneiras separam o minério a seco com diferentes granulometrias. Já os britadores têm a função de reduzir a granulometria que não foi peneirada pelas peneiras vibratórias.

O material proveniente da pilha pulmão alimenta os moinhos primários no setor da moagem. Este equipamento tem a função não só de promover redução das partículas de

minério de ferro, mas também atua na moagem. Assim, o minério de ferro é misturado com água, formando uma polpa.

A polpa é encaminhada para o processo de deslamagem onde os ciclones retiram as partículas menores de lama e as encaminham para o espessador de lama. Em seguida, o processo vai para a flotação que consiste em realizar a separação das impurezas existentes no minério de ferro, resultando no rejeito arenoso e no minério concentrado. O concentrado é encaminhado para moagem secundária para a regularização das especificações do teor de ferro, em seguida encaminhado para o espessador de concentrado, o rejeito arenoso é encaminhado para o espessador de rejeito;

O rejeito é transportado para o espessador que é encaminhado com auxílio de bombas centrífugas para o sistema de filtragem, que consiste na remoção da água do rejeito. Assim, o rejeito se torna arenoso, com isso, o mesmo é estocado em pilhas úmidas. Já a lama que não é aproveitada no processo produtivo é armazenada na barragem;

A polpa de minério do espessador de concentrado é encaminhada para o mineroduto por meio de sistema de bombeamento. O mineroduto tem por finalidade transportar a polpa de minério até as outras estações de bombeamento, até chegar na usina de pelotamento.

Quando a poupa de minério de ferro chega na usina de pelotamento por meio dos mineroduto, ele é transportado novamente para os espessadores que têm a função de separar parte do líquido da polpa de minério. Dessa forma é realizado a transformação da polpa em pelota crua.

As pelotas que saem da zona de resfriamento do forno são encaminhadas para o peneiramento. Aquelas com características adequadas são transportadas, por correias, para os pátios de estocagem. Em seguida, as pelotas são carregadas para embarque nos navios para transporte. Com isso o produto produzido pela empresa pelota de minério de ferro, que é matéria prima para fabricação do aço.

4.3 Setor de planejamento e manutenção da empresa analisada

O setor de planejamento de manutenção da empresa analisada tem a seguinte divisão: o setor de inspeção de manutenção, planejamento de paradas programadas, planejamento de rotina e controle de manutenção. O setor é responsável por levantar todas as anomalias dos equipamentos da planta e realizar a gestão dessas pendências de forma planejada, a fim de evitar qualquer tipo de interrupção indesejada da planta durante a operação. Dessa forma, é descrito cada função dentro do planejamento de manutenção da usina de beneficiamento de minério de ferro.

Já o inspetor de manutenção é responsável por realizar inspeções sensitivas e preditivas nos equipamentos da usina de beneficiamento de minério de ferro a fim de encontrar anomalias durante sua rota de inspeção. Dessa maneira, os inspetores realizam análise e são realizadas a abertura de notas técnicas no *software SAP PM*. Este *software* é utilizado pela empresa para realizar a gestão de modo geral, realizando a comunicação entre os setores como: manutenção, almoxarifado, suprimentos, célula de contratos, etc. Durante a abertura da nota técnica o inspetor insere na nota o equipamento em que foi encontrada a anomalia. Após esta etapa, o mesmo descreve toda anomalia que foi encontrada durante sua rota de inspeção. Além disso, são inseridos os recursos necessários e o que deverá ser realizado para sanar a anomalia. Após o preenchimento de todos os campos necessários na nota, a mesma é gerada no centro de trabalho (local onde são encaminhadas as notas técnicas no *SAP PM* por cada área do responsável) que irá tratar a anomalia do equipamento.

O planejador de rotina é responsável pelos equipamentos que permitem realizar intervenção, seja corretiva, planejada ou preventiva, sem restringir a operação da área, com isso, ele verifica no seu *backlog*, carteira de serviços, as demandas abertas pelo inspetor ou pelo setor de operação. Dessa forma, ele irá tratar essas demandas sempre para semana seguinte, ou seja, ele analisa sua carteira de serviço por prioridade, e insere a demanda na programação semanal, para serem executadas pelos mantenedores. Em seguida, verifica os seguintes requisitos durante o planejamento da atividade: quantidade mão de obra necessária, para execução da atividade, recurso necessário (andaime, guindaste e caminhão guindauto etc.), sobressalentes e equipamentos para a manutenção. Além disso, é de responsabilidade do planejador de rotina realizar a gestão dos planos de manutenção, que são as manutenções periódicas nos equipamentos de sua responsabilidade.

O planejador de turno é responsável pelas manutenções corretivas que ocorrem dentro da planta, ele fornece suporte a equipe do turno com materiais e recursos durante as corretivas não planejadas. Ademais, o mesmo planeja, para a equipe, programações semanais, que são planos de manutenção de gaxetas, planos de manutenção de iluminação e remoção de condições inseguras para os trabalhadores, a equipe atua na limpeza e organização da área.

O planejador de recursos é responsável por realizar a gestão dos recursos necessários para os planejadores de rotina, de paradas de manutenção e do turno. É realizada uma reunião semanal para priorizar os recursos necessários para a programação da semana seguinte, isso se faz necessário pois os recursos apresentam alta demanda, visto que as carteiras dos planejadores são extensas. Sendo assim, a reunião de recurso tem a finalidade de priorizar

atividades mais críticas do processo, fazem parte dos recursos da reunião: andaime, carreta, plataforma, guindauto e guindaste.

Os planejadores de paradas de linha e geral são responsáveis por realizarem a gestão da sua carteira de trabalho no *SAP PM* verificando as demandas que serão executadas em paradas, seja geral ou linha. Estas demandas são executadas somente com a restrição parcial da operação em caso de paradas de linha ou restrição total em caso de parada geral. Estas paradas seguem com suas datas no mapa de 52 semanas, que é o calendário anual contendo todas as paradas do setor, que foi realizado pelo setor de engenharia. Com isso, os planejadores de parada realizam o planejamento das atividades, com recursos necessários, mão de obra, equipamentos ou sobressalentes a serem trocados, são verificadas, também, as interferências com outras áreas como: instrumentação, vulcanização e lubrificação etc. Em relação ao tempo de parada e manutenção do equipamento, irá depender da manutenção a ser realizada que pode variar de 10 a 122 horas obedecendo a duração da atividade a ser executada. As paradas ocorrem mensalmente, funcionando da seguinte forma: uma parada de britagem, uma parada de mina, uma parada de linha de usina associada a uma parada de linha da filtragem, uma parada geral da usina juntamente com a filtragem.

Os técnicos de controle são responsáveis pelo controle de custos da manutenção. Sua função é realizar o levantamento dos custos anuais do setor de manutenção e uma previsão para o ano seguinte. Com isso, controlam os custos e acompanhamentos de contratos de terceiros, custos de reforma de equipamentos, custo de aquisição de equipamentos, custo de sobressalentes etc. Os mesmos são responsáveis por controle de custos mensais de forma que não ultrapassem o custo planejado.

As funções dos engenheiros são de acompanhar a rotina dos técnicos do planejamento, auxiliando nas atividades de forma geral. Além disso, os mesmos acompanham os indicadores do setor de manutenção, fazem a interface com os supervisores e coordenadores, além de propor melhorias para suas respectivas áreas de atuação dentro do planejamento. A figura 12 mostra o fluxograma da equipe do planejamento:

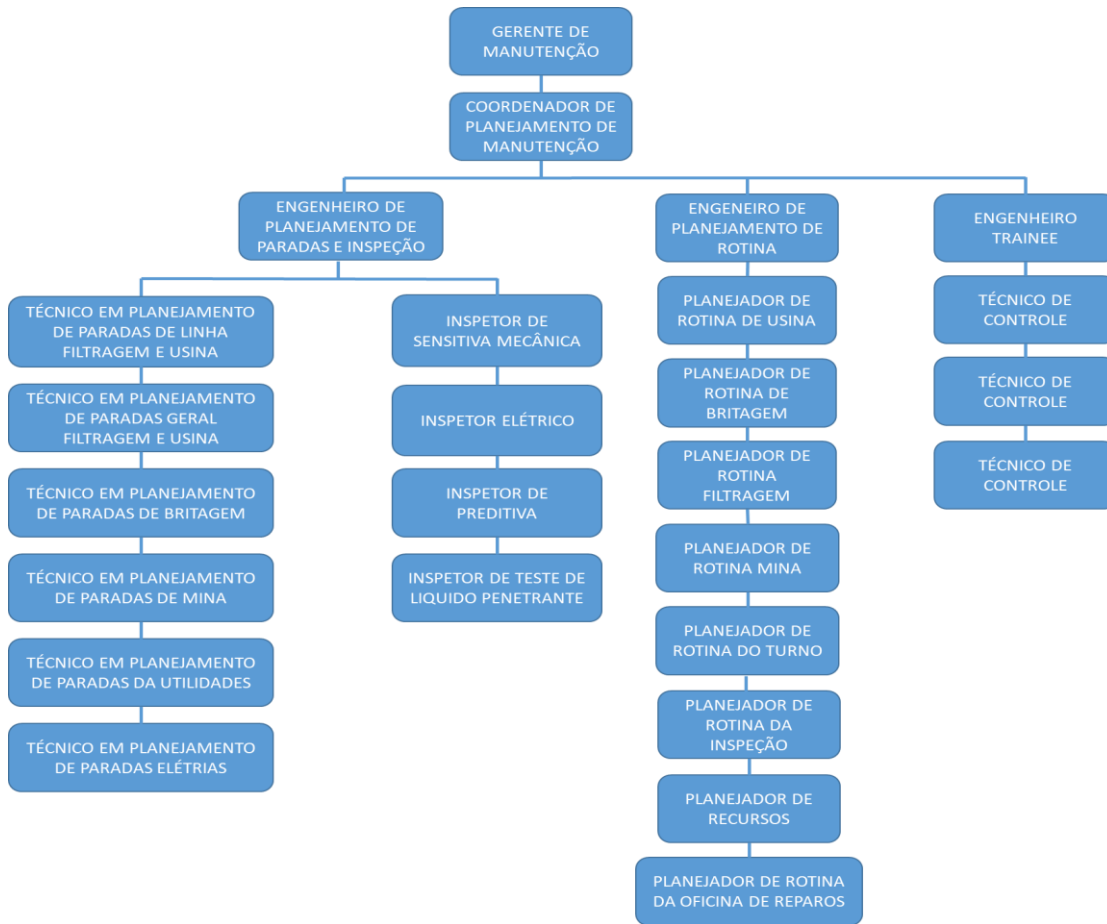


Figura 12 - Fluxograma do setor de planejamento da manutenção.

Fonte: Pesquisa direta (2021)

Na empresa analisada são 25 colaboradores que fazem parte da equipe do planejamento sendo que compreende um gerente de manutenção, um coordenador, três engenheiros, seis técnicos em planejamento de paradas, quatro inspetores, oito planejadores de rotina e três técnicos de controle.

O moinho de bola é localizado na usina de beneficiamento de minério de ferro da planta. Para realizar a troca de revestimento dos moinhos primários e secundários, é necessário que a usina esteja em uma parada de linha ou parada geral. Dessa forma, os responsáveis pelo planejamento da troca de revestimento dos moinhos de bola são: engenheiro de planejamento de paradas e inspeção, o técnico de planejamento de paradas de filtragem e usina linha e geral e o técnico de planejamento da rotina da usina. Todos esses funcionários atuam em conjunto para realizar o planejamento da troca de revestimento.

4.4 Diagnóstico do planejamento da manutenção

Os principais tipos de manutenção aplicados na empresa são: manutenção preventiva, manutenção corretiva planejada e não planejada e, por fim, mas não menos importante a manutenção preditiva.

Como o trabalho proposto refere-se a um equipamento da instalação da usina de beneficiamento de minério de ferro será tratado o setor de manutenção deste local. Sendo assim, não será descrito o setor de pelotamento.

Como mostrado na tabela 3, cada área da usina de beneficiamento de minério de ferro possui os seguintes efetivos de funcionários por área:

Tabela 3 - Quadro de efetivo do setor de planejamento.

QUADRO DE FUNCIONARIOS PROPRIOS POR ÁREA														
	INSPETOR MECÂNICO	INSPETOR ELETRICO	PLANEJADOR DE ROTINA MECÂNICA	PLANEJADOR DE ROTINA ELÉTRICA	PLANEJADOR DE PARADAS ELÉTRICA	PLANEJADOR DE DE PARADAS MECÂNICA	ENGENHEIRO DE CAMPO	SUPERVISOR DE MANUTENÇÃO MECÂNICA	SUPERVISOR DE MANUTENÇÃO ELETRICA	TÉCNICO EM MANUTENÇÃO ELÉTRICA	TÉCNICO EM MANUTENÇÃO MECÂNICA	MECÂNICO	ELÉTRICISTA	SOLDADOR
MINA			1	1	1	1	1	1	1	4	4	8	6	3
BRITAGEM			1			1		1		1	3	8	6	3
USINA	3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	4	8	6	3
FILTRAGEM			1					1		2	3	6	4	2
UTILIDADES			1	1		1	1	1	1	2	2	6	4	2
OFICINA	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	1
TURNO	0	0	1	0	0	0	0	2	2	4	4	16	4	4
TOTAL	3	1	7	2,5	2,5	5	3	8	5	15	21	55	30	18
									HH	97,5	136,5	357,5	195	117

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

São 176 colaboradores que atuam no setor de manutenção da usina de beneficiamento de minério de ferro, sem entrar neste cálculo, as empresas terceirizadas. A gestão sobre os planejadores e inspetores é de responsabilidade do coordenador de planejamento, porém, é função do planejador responder de forma indireta ao supervisor da sua área de responsabilidade, sendo necessário o supervisor acompanhar o planejamento das atividades, já que os engenheiros respondem diretamente para o gerente de manutenção. As gestões dos executantes são realizadas pelos supervisores de cada área e os supervisores de turno para os executantes do turno, que atuam em regime de 12 x 36, são 4 letras A, B, C e D.

Além do quadro de efetivo da empresa analisada tem-se o apoio de empresas terceirizadas como mostra a tabela 4:

Tabela 4 - Quadro do efetivo terceiro por área.

QUADRO DE FUNCIONARIOS TERCEIROS									
	SUPERVISOR	ENCARREGADO	VULCANIZADOR	LUBRIFICADOR	MECÂNICO	SOLDADOR	ELETRICISTA	PLANEJADOR	INSPECTOR
VULCANIZAÇÃO	2	4	20	0	0	0	3	1	2
LUBRIFICAÇÃO	2	2	0	16	0	0	0	1	0
EQUIPE POOL	2	9	0	0	45	18	0	2	0
INSPEÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL	6	15	20	16	45	18	3	4	8
		HH	120	96	270	108	18		

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

São 135 colaboradores terceirizados que auxiliam na execução das atividades de manutenção da usina. Abaixo estão especificadas as responsabilidades das empresas terceirizadas:

- A empresa de vulcanização é responsável por inspeções em tapetes de transportador, inspeções de revestimento das polias de transportador, troca e reparo em tapetes de transportador de correia, reparo e troca de revestimento de polias de correias transportadores, além de alguns reparos de borracha.
- A empresa de lubrificação é responsável pelos cumprimentos dos planos de lubrificação dos equipamentos da usina, além de atuar nas demandas solicitadas de cada área da usina, a fim de realizar lubrificação nos componentes mecânicos e elétricos.
- A equipe *pool* (equipe volante, atende as diversas áreas em momentos de manutenção) é responsável pelos atendimentos nas paradas de manutenção. Em momentos em que não ocorrem as paradas de manutenção, essa mesma equipe é dividida para auxiliar nas programações semanais de cada área dentro da planta.

A manutenção da empresa ocorre das seguintes formas: os inspetores de manutenção realizam suas rotas diárias a fim de encontrar anomalias durante suas verificações. Caso o mesmo venha a encontrar a anomalia é realizada a abertura de uma nota técnica no *SAP PM*, com os seguintes itens: descrição da anomalia, equipamento, centro de trabalho da área responsável, tempo, prioridade da anomalia, data limite que anomalia pode ser tratada. Após a abertura da nota é realizada a análise, pelo planejador de rotina, parada e turno, constatando em qual carteira a atividade se enquadra. É importante ressaltar que as demandas também são repassadas pelas áreas da operação, engenharia, e equipe de campo, e ambas as áreas criam uma nota técnica no *SAP PM*, na qual é realizada a triagem pelo inspetor e assim liberado para planejamento.

Os planejadores realizavam a triagem das notas técnicas verificando quais são de sua responsabilidade, planejadores de rotina verificam atividades que podem ser executadas na rotina da manutenção, sempre planejando as atividades para a semana seguinte e encerrando as ordens das atividades que foram executadas na semana anterior e, também, reprogramando as que não foram executadas. Durante a montagem da programação semanal os planejadores de rotina verificam os seguintes itens a respeitar seu HH (Homem-hora), seus recursos que são escassos e seus materiais em estoque. Grande parte das atividades de rotina se relacionam com o plano de manutenção em equipamentos onde não existe necessidade de paralização da planta totalmente ou parcialmente. Além disso, é de responsabilidade da rotina as intervenções nos equipamentos que possuem anomalias durante o funcionamento. Nota-se que são considerados equipamentos da rotina os que possuem reserva, ou seja, um fica em operação enquanto o outro permanece fora de operação. Após isso, o planejador de rotina verifica todos os materiais necessários para execução da atividade e realiza a interface com o setor de almoxarifado e o planejador de rotina da oficina para fornecer todos os materiais necessários para que a equipe de execução cumpra as atividades conforme programação semanal. Um indicador muito importante da programação é sua aderência, onde são realizadas as seguintes medições: dados em porcentagem, atividades executadas divididas pelas atividades programadas. Caso este indicador apresente um valor menor que 85% é realizada uma análise de falha para verificar os pontos de melhoria.

As demandas de emergência ou as corretivas não planejadas são executadas pelo turno, com isso, sempre há necessidade de abertura de uma nota técnica, mesmo que a anomalia seja identificada no dia e removida no mesmo dia. Dessa forma, o programador analisa junto com supervisor a demanda para a atuação, o planejador de turno realiza abertura da ordem de serviço contendo os materiais necessários e os recursos e direciona a equipe para frente de trabalho. As corretivas não planejadas devem ser evitadas ao máximo, pois geram vários transtornos para equipe de manutenção e para empresa. É importante ressaltar que a equipe do turno possui sua programação, porém a sua prioridade é o atendimento às corretivas que ocorrem na planta. Após a ocorrência da falha do equipamento é realizada uma análise de falha, para evitar que ocorra a situação novamente.

O planejador de paradas atua nas anomalias dos equipamentos que necessitam de uma intervenção maior e que possui como premissa a restrição da planta parcialmente ou totalmente, mapeando as notas técnicas no *SAP PM*. São realizados o mapeamento de todas as atividades e o planejamento do escopo da parada. Durante o planejamento das atividades são verificados a quantidade de mão de obra necessária para os reparos, se possuem os

sobressalentes e equipamentos em estoque, os recursos necessários para a atividades. Quando necessário, é verificada a necessidade de apoio de outras áreas como: instrumentação, elétrica, vulcanização, lubrificação e manutenção de pontes rolantes.

Antes da parada programada são realizadas três reuniões para os alinhamentos das atividades que serão executadas. Na primeira reunião, que consiste no levantamento do escopo da parada, que tem o objetivo de informar as partes interessadas a data da parada, o recolhimento das demandas da operação e outras áreas. Na segunda reunião, ocorre a realização do congelamento do escopo de manutenção, onde o planejador da parada apresenta todo o escopo de manutenção, além das atividades do caminho crítico que consistem em atividades de maior duração e as atividades que não podem deixar de ser executadas. Além disso, é comunicado com o setor de operação o tempo de parada de manutenção e repassado para as outras modalidades o apoio durante a parada. A partir dessa reunião somente são inseridas atividades no escopo da parada de manutenção com autorização do coordenador de planejamento e do gerente de manutenção. Dessa maneira não se tem uma desorganização do planejamento da parada. E, por fim, é realizada a última reunião que consiste na apresentação da parada de manutenção. Durante a reunião é informado todo o planejamento que foi elaborado, é apresentado o cronograma de manutenção da parada, o custo da parada, a quantidade de mão de obra atuante, logística, necessidade de limpeza, horário de entrega dos bloqueios dos equipamentos, etc.

No dia da parada de manutenção os bloqueios de energia são entregues para cada responsável da atividade, antes de executarem atividades eles realizam a verificação do bloqueio conforme procedimento de segurança e realizam uma análise preliminar de risco, após essa fase dão início as atividades.

Durante a parada de manutenção é realizado o acompanhamento das atividades que estão sendo executadas, esse acompanhamento é realizado pelo planejador responsável e o supervisor, os mesmos acompanham todas atividades, verificando se possuem atrasos, necessidade de algum outro recurso, etc. Com isso, no final da tarde é realizada uma reunião com todas as partes interessadas, a fim de verificarem o andamento da parada e se a mesma irá ser concluída no horário conforme planejado.

Após a conclusão da parada de manutenção o planejador verifica quais atividades foram executadas. Com isso, realiza o encerramento das ordens no *SAP PM* e reprograma as ordens que não foram executadas, realizando a reprogramação para a próxima parada de manutenção. Além disso, o planejador de paradas realiza uma reunião de análise crítica da parada, para verificar a o indicador de aderência da parada, onde é dado o resultado em

porcentagem, que consiste na seguinte fórmula: atividades executadas divididas pelas atividades planejadas. Este indicador é informado na análise crítica da parada, ele é apresentado antes e depois das atividades da parada de manutenção, por meio de fotos, além do custo da parada de manutenção e os pontos positivos e negativos da parada de manutenção. Assim como na reunião de apresentação da parada de manutenção o público alvo são todas as partes interessadas.

Foram verificados alguns pontos de melhoria para serem realizados no processo de manutenção. Grande parte das atividades que são executadas na rotina e nas paradas de manutenção são atividades repetitivas que a área de execução está acostumada a realizar, porém, as atividades de grande impacto são executadas por poucos funcionários que possuem o conhecimento necessário para esta execução. Além disso, constatou-se que tanto as atividades de simples execução quanto as complexas não possuem um padrão, dessa forma, a equipe de execução realiza as atividades com base na experiência adquirida. Com isso, sugere-se que sejam criados procedimentos operacionais, apontando o detalhamento da execução das atividades, dessa maneira, todas as pessoas envolvidas no planejamento e na execução das atividades devem ser treinadas, a fim de buscar padronização e redução de erro humano.

4.5 Descrição do equipamento moinho de bola

O moinho de bola é um equipamento que faz parte do processo produtivo da indústria de beneficiamento de minério de ferro. Ele é utilizado na etapa de moagem primária e secundária, dessa forma, o objetivo do mesmo é realizar a redução do minério de ferro, por meio de impacto, com auxílio do corpo moedor para redução da granulometria do material.

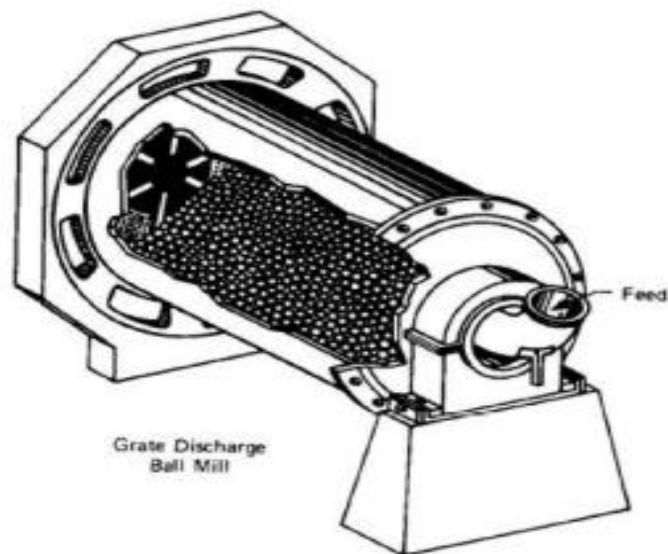


Figura 13 - Moinho de bolas em repouso

Fonte: Nascimento e Austin (2013)

A figura 13 mostra o moinho de bola, que é construído por uma carcaça metálica cilíndrica, que pode ser dividida em duas ou três partes. Isso vai depender do projeto de dimensão do moinho, o revestimento interno do moinho pode ser metálico ou de borracha. No interior deste equipamento temos os corpos moedores, que são esferas metálicas que têm a função de reduzir a granulometria do minério de ferro por impacto, a dimensão dos corpos moedores dos moinhos secundários e primários são de direções diferentes.

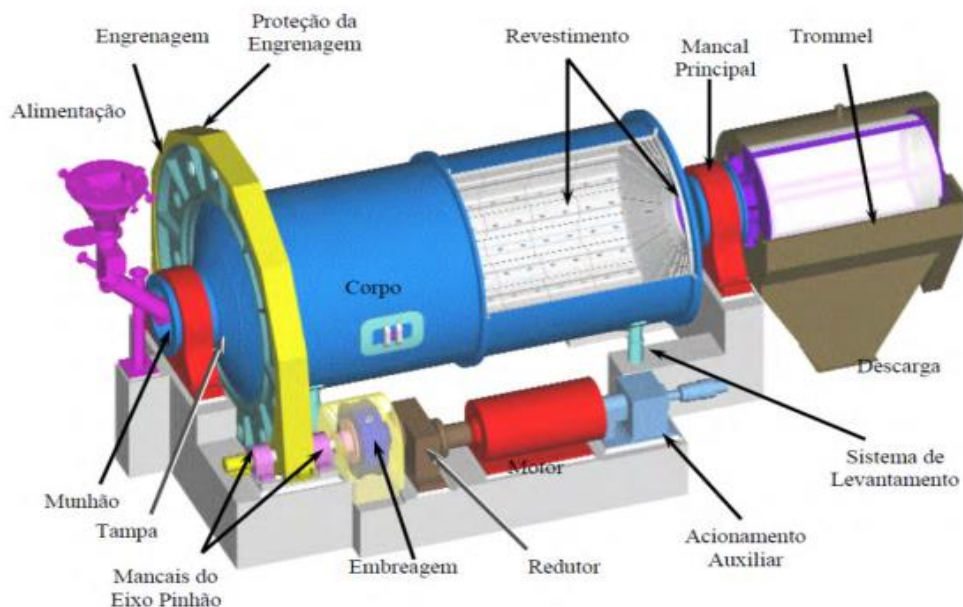


Figura 14 - Representação esquemática do moinho de bola.

Fonte: Silva, Lobo e Paes de Andrade (2013)

A figura 14 mostra os componentes de um moinho de bola, que serão descritos a seguir.

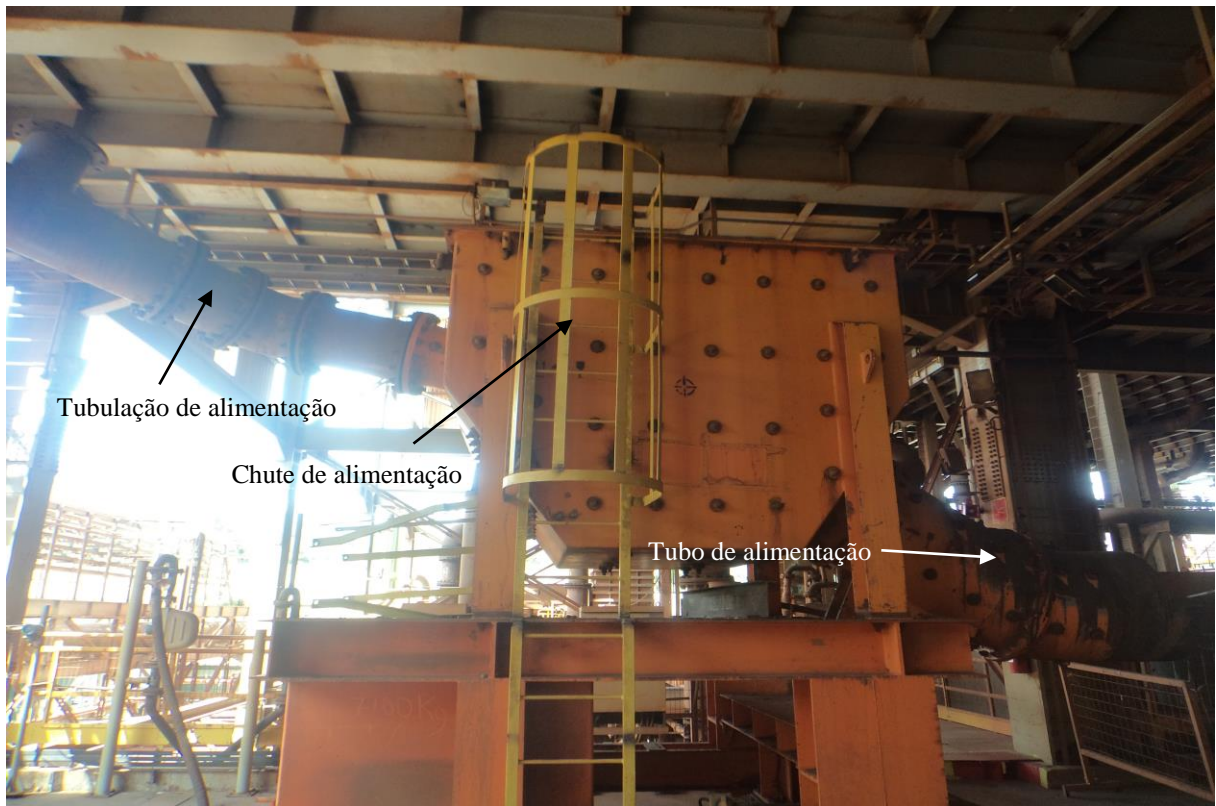


Figura 15 - Chute de alimentação do moinho.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

- Alimentação: essa parte é responsável por realizar a alimentação do moinho, tanto com o minério de ferro em seu estado seco, quanto com os corpos moedores e a água. Estes itens são misturados na parte interna do moinho de bola, com objetivo de reduzir a granulometria do minério. Além disso, também fazem partes da alimentação, o chute de alimentação, como mostrado na figura 15, que é uma caixa metálica que recebe os três constituintes e encaminha o minério por meio do tubo de alimentação para dentro do moinho;
- Proteção da engrenagem: tem a função de proteger a engrenagem para evitar contaminação, ela se localiza em torno do início da carcaça do moinho;
- Acionamento auxiliar: sua principal função é girar o moinho de forma reduzida para posicionar o mesmo em manutenções e trocas de revestimentos, ele é utilizado somente para estes tipos de atividades, sendo que para operação é utilizado o acionamento principal;

- Descarga do moinho: a descarga do moinho consiste no local em que, após o minério ser moído dentro do equipamento a polpa é descarregada para a próxima fase;



Figura 16 - Tampa do moinho.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

- Tampa do moinho: A figura 16 mostra uma das tampas dos moinhos que ficam localizados nas extremidades do cilindro do moinho e tem a função de fechar o moinho, as mesmas são cobertas por revestimento metálico ou de borracha, isso vai depender do moinho.



Figura 17 - Carça do moinho.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

- Carça do moinho: são os corpos cilíndricos, como mostrado na figura 17, que são fabricados por chapas metálicas, dependendo do moinho, a carça pode ter de duas a três divisões, possui união de parafusos com flanges, assim como a tampa de alimentação, a carça do moinho também possui seu revestimento.

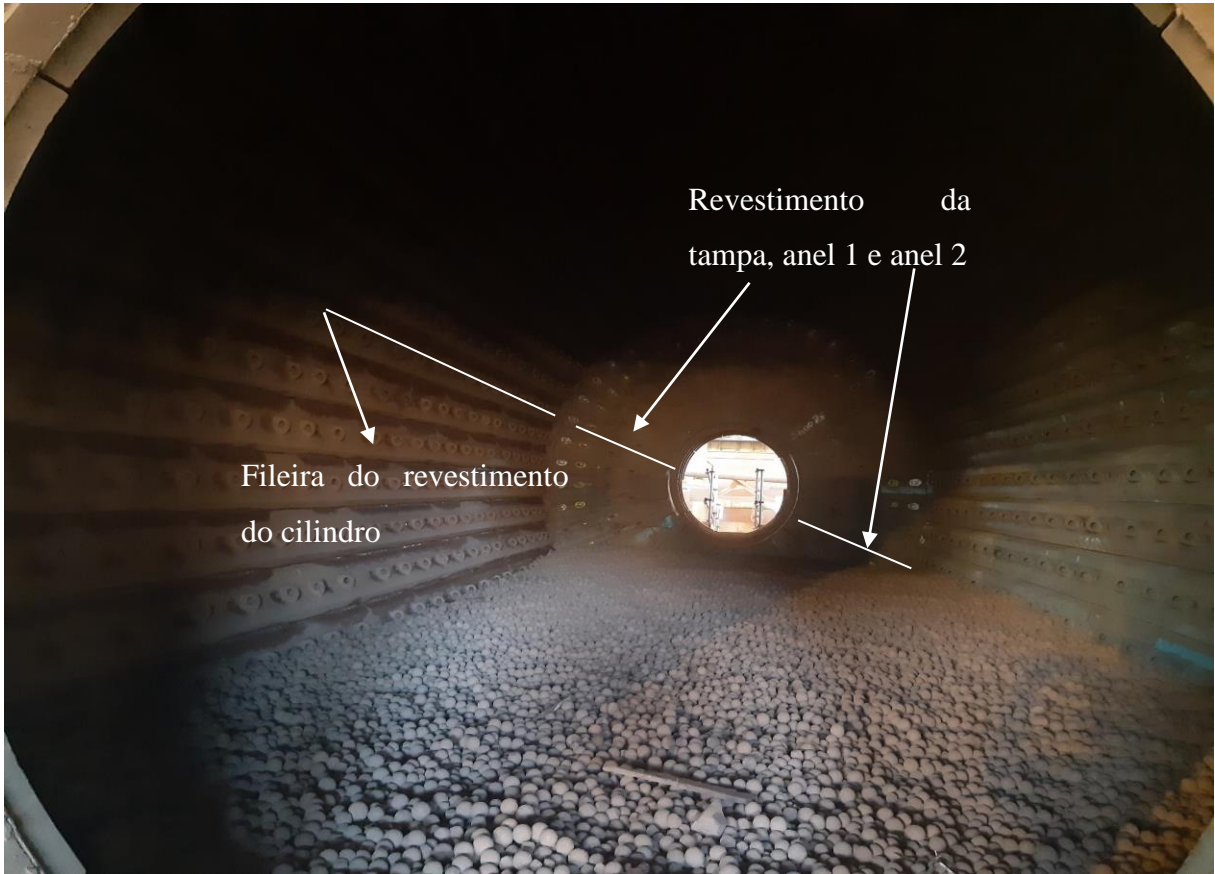


Figura 18 - Revestimento do moinho.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

- Revestimento do moinho: o revestimento, como mostra na figura 18, fica localizado na parte interna do moinho. Ele reveste o cilindro metálico internamente, a tampa de alimentação e a tampa de descarga. Ele também é fixado por meio de parafusos que fazem a união das placas na carcaça ou nas tampas. Sua principal função é proteger a carcaça e as tampas de alimentação de desgaste. Com isso, o revestimento se desgasta ao invés do cilindro e da tampa, pois é muito mais prático e vantajoso trocar os revestimentos;
- Acionamento principal: ele é constituído pelo motor elétrico, redutor e o acoplamento. Sua função é fornecer movimento para que o moinho entre em operação e permaneça em operação. Tem moinhos que possuem somente um acionamento e outros que possuem dois, isso depende muito do fabricante e da capacidade do moinho;

- Mancais do eixo pinhão: são mancais de rolamento que possuem em seu interior dois rolamentos, que possui um eixo e um pinhão que são acoplados no acionamento principal fornecendo força e movimento para engrenagem;
- Trommel: esse componente fica localizado na descarga do moinho. Ele é formado por uma estrutura metálica cilíndrica que possui telas em seu interior, é um sistema de helicoidal para separar os corpos moedores da polpa de minério de ferro, ou seja, o corpo moedor passa pela helicoidal e não passa pela tela e é encaminhado para um determinado local, a polpa passa pela tela e é encaminhada para descarga dos moinhos. Ambos os itens são separados;
- Munhão: são os locais de sustentação do moinho. Estes locais são sustentados pelas sapatas deslizantes, onde são aplicados fluido lubrificante a altas pressões de trabalho, permitindo que o moinho deslize sobre essas sapatas durante a operação;
- Sistema de lubrificação: é responsável por realizar a lubrificação dos componentes dos moinhos e a filtragem do óleo do moinho;
- Torre de resfriamento dos moinhos: responsável por realizar o resfriamento da água dos trocadores de calor do moinho de bola;



Figura 19 - Foto da manipuladora.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

- Manipuladora: este item não faz parte do moinho, porém é uma máquina fundamental para a troca do revestimento, pois devido ao peso de cada placa que pode ter de 200kg a 300kg, é necessário utilizá-la para realizar o transporte e a remoção das placas desgastadas e realizar a montagem das placas novas, dentro do moinho a figura 19 mostra esse equipamento;

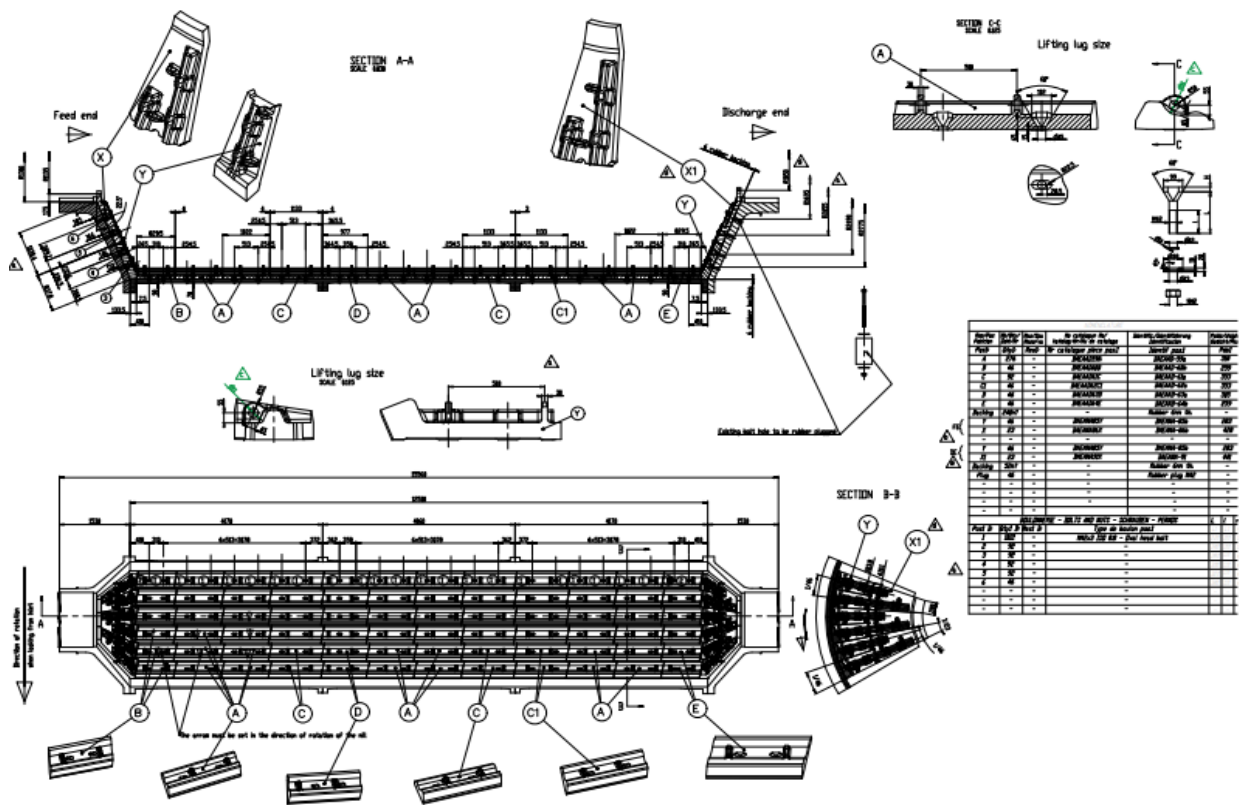


Figura 20 - Desenho para montagem do revestimento do moinho.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

A figura 20 representa o desenho de referência para montagem do revestimento do moinho. Percebe-se que as placas de revestimento são diferentes, dessa forma, durante a troca de revestimento deve-se utilizar o desenho para montagem, para evitar retrabalho. A tabela 5 mostra os códigos dos revestimentos dos moinhos, a quantidade necessária e o valor total do revestimento para troca dos quatro moinhos da empresa. Na tabela 6, contém os elementos de fixação. Os revestimentos dos moinhos primários e secundários possuem cada um, uma particularidade, por isso códigos diferentes.

Tabela 5 - Quantitativo de revestimento de cada moinho.

LISTA DE CONJUNTO REVESTIMENTOS							
EQUIP.	Material	Descrição	Posição	Qtd	OM	Valor Unt.	Valor Total
G00-05MP001	381289	REVESTIMENTO METALICO;MOINHO;BAEAAD59A	POS A	276,00	3100614376	R\$ 7.388,93	R\$ 2.039.344,68
G00-05MP001	381235	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD60B	POS B	46	3100614376	6.224,86	R\$ 286.343,56
G00-05MP001	381236	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD61C	POS C	92	3100614376	8.299,49	R\$ 763.553,08
G00-05MP001	381237	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD62C1	POS C1	46	3100614376	8.438,62	R\$ 388.176,52
G00-05MP001	381238	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD63D	POS D	46	3100614376	7.310,08	R\$ 336.263,68
G00-05MP001	381239	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD64E	POS E	46	3100614376	6.239,21	R\$ 287.003,66
G00-05MP001	381240	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA85Y	POS Y	46,00	3100614376	6.919,65	R\$ 318.303,90
G00-05MP001	381241	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA86X	POS X	23	3100614376	11.077,08	R\$ 254.772,84
G00-05MP001	381240	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA85Y	POS Y	46	3100614376	6.919,65	R\$ 318.303,90
G00-05MP001	396060	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA91X	POS X1	23	3100614376	11.092,17	R\$ 255.119,91
G00-05MP001	391881	ROLHA;MAGOTTEAUX/DEST1B3	.	46	3100614376	63,26	R\$ 2.909,96
G00-09MS003	381242	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD65A	POS A	276,00	3100614378	R\$ 5.311,34	R\$ 1.465.929,84
G00-09MS003	381243	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD66B	POS B	46	3100614378	4.341,44	R\$ 199.706,24
G00-09MS003	381245	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD68C	POS C	92	3100614378	5.911,75	R\$ 543.881,00
G00-09MS003	381246	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD69C1	POS C1	46	3100614378	5.865,57	R\$ 269.816,22
G00-09MS003	381247	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD70D	POS D	46	3100614378	5.080,41	R\$ 233.698,86
G00-09MS003	381244	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD67E	POS E	46	3100614378	4.341,44	R\$ 199.706,24
G00-09MS003	381248	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA89X	POS X	23,00	3100614378	8.428,87	R\$ 193.864,01
G00-09MS003	381249	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA88Y	POS Y	46	3100614378	5.242,06	R\$ 241.134,76
G00-09MS003	395779	REVESTIMENTO;DESG0309MSM500700POSX1	POS X1	23	3100614378	9.260,21	R\$ 212.984,83
G00-09MS003	381249	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA88Y	POS Y	46	3100614378	5.242,06	R\$ 241.134,76
G00-09MS003	391881	ROLHA;MAGOTTEAUX/DEST1B3	.	46	3100614378	63,26	R\$ 2.909,96
G00-09MS004	381242	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD65A	POS A	276,00	3100614379	R\$ 5.311,34	R\$ 1.465.929,84
G00-09MS005	381243	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD66B	POS B	46	3100614379	4.341,44	R\$ 199.706,24
G00-09MS006	381245	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD68C	POS C	92	3100614379	5.911,75	R\$ 543.881,00
G00-09MS007	381246	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD69C1	POS C1	46	3100614379	5.865,57	R\$ 269.816,22
G00-09MS008	381247	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD70D	POS D	46	3100614379	5.080,41	R\$ 233.698,86
G00-09MS009	381244	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEAAD67E	POS E	46	3100614379	4.341,44	R\$ 199.706,24
G00-09MS010	381248	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA89X	POS X	23,00	3100614379	8.428,87	R\$ 193.864,01
G00-09MS011	381249	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA88Y	POS Y	46	3100614379	5.242,06	R\$ 241.134,76
G00-09MS012	395779	REVESTIMENTO;DESG0309MSM500700POSX1	POS X1	23	3100614379	9.260,21	R\$ 212.984,83
G00-09MS013	381249	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA88Y	POS Y	46	3100614379	5.242,06	R\$ 241.134,76
G00-09MS014	391881	ROLHA;MAGOTTEAUX/DEST1B3	.	46	3100614379	63,26	R\$ 2.909,96
G00-05MP002	381289	REVESTIMENTO METALICO;MOINHO;BAEAAD59A	POS A	276	3100614377	7.388,93	R\$ 2.039.344,68
G00-05MP003	381235	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD60B	POS B	46	3100614377	6.224,86	R\$ 286.343,56
G00-05MP004	381236	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD61C	POS C	92	3100614377	8.299,49	R\$ 763.553,08
G00-05MP005	381237	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD62C1	POS C1	46	3100614377	8.438,62	R\$ 388.176,52
G00-05MP006	381238	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD63D	POS D	46	3100614377	7.310,08	R\$ 336.263,68
G00-05MP007	381239	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEAAD64E	POS E	46	3100614377	6.239,21	R\$ 287.003,66
G00-05MP008	381240	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA85Y	POS Y	46	3100614377	6.919,65	R\$ 318.303,90
G00-05MP009	381241	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA86X	POS X	23	3100614377	11.077,08	R\$ 254.772,84
G00-05MP010	381240	REVESTIMENTO;METALICO;MOINHO;BAEANA85Y	POS Y	46	3100614377	6.919,65	R\$ 318.303,90
G00-05MP011	396060	REVESTIMENTO;MAGOTTEAUX/BAEANA91X	POS X1	23	3100614377	11.092,17	R\$ 255.119,91
G00-05MP012	391881	ROLHA;MAGOTTEAUX/DEST1B3	.	46	3100614377	63,26	R\$ 2.909,96
							R\$ 18.109.724,82

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Tabela 6 - Quantitativo de parafusos para o revestimento de cada moinho.

LISTA DE PARAFUSOS							
EQUIP.	Material	Descrição	Qtd	OM	Pedido	Valor Unt.	Valor Total
G03-05MP001	225791	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	1.012,00	3100614376	4500199338	R\$ 497,69	R\$ 503.662,28
G03-05MP001	225792	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614376	4500199338	514,75	R\$ 47.357,00
G03-05MP001	225793	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614376	4500199338	679,62	R\$ 62.525,04
G03-05MP001	225794	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614376	4500199338	701,91	R\$ 64.575,72
G03-05MP001	225795	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614376	4500199338	724,18	R\$ 66.624,56
G03-05MP001	225796	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	46	3100614376	4500199338	746,46	R\$ 34.337,16
G03-09MS003	225791	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	1.012,00	3100614378	4500199338	497,69	R\$ 503.662,28
G03-09MS003	225792	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614378	4500199338	514,75	R\$ 47.357,00
G03-09MS003	225793	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614378	4500199338	679,62	R\$ 62.525,04
G03-09MS003	225794	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614378	4500199338	701,91	R\$ 64.575,72
G03-09MS003	225795	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614378	4500199338	724,18	R\$ 66.624,56
G03-09MS003	225796	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	46	3100614378	4500199338	746,46	R\$ 34.337,16
G03-09MS004	225791	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	1.012,00	3100614379	4500199338	497,69	R\$ 503.662,28
G03-09MS004	225792	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614379	4500199338	514,75	R\$ 47.357,00
G03-09MS004	225793	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614379	4500199338	679,62	R\$ 62.525,04
G03-09MS004	225794	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614379	4500199338	701,91	R\$ 64.575,72
G03-09MS004	225795	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614379	4500199338	724,18	R\$ 66.624,56
G03-09MS004	225796	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	46	3100614379	4500199338	746,46	R\$ 34.337,16
G03-05MP002	225791	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	1.012,00	3100614377	4500199338	497,69	R\$ 503.662,28
G03-05MP002	225792	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614377	4500199338	514,75	R\$ 47.357,00
G03-05MP002	225793	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614377	4500199338	679,62	R\$ 62.525,04
G03-05MP002	225794	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614377	4500199338	701,91	R\$ 64.575,72
G03-05MP002	225795	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	92	3100614377	4500199338	724,18	R\$ 66.624,56
G03-05MP002	225796	PARAFUSO M42X3P/PORCA/ARRUELA/ANEI	46	3100614377	4500199338	746,46	R\$ 34.337,16
							R\$ 3.116.327,04

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

4.6 Criação do procedimento operacional técnico

Para a padronização da atividade foi proposta a criação de um procedimento operacional padrão para troca de revestimento dos moinhos da usina, visto que se trata de uma atividade extremamente crítica. Serão cerca de 122 horas, com aproximadamente 40 pessoas envolvidas, em dois regimes de 12 horas de trabalho, que têm duração de segunda a sábado. Abaixo temos o procedimento operacional padrão elaborado.

Tabela 7 - Procedimento operacional padrão, troca de revestimento dos moinhos.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP) - MOAGEM			
NOME DA TAREFA	Troca de revestimento do moinho	DATA DA CRIAÇÃO	-
LOCAL DE EXECUÇÃO	Gerencia de manutenção	PRIORIDADE DE REVISÃO	BIANUAL
RESPONSÁVEL	Engenheiro de manutenção		
EQUIPAMENTOS	G00-05MP001, G00-05MP002, G00-09MS003 E G00-09MS004	CÓDIGO:M - 000 - 001 - A	
OBJETIVO			
Estabelecer diretrizes para troca de revestimento de moinho de bola primário e secundário			
PASSO A PASSO			
<ol style="list-style-type: none"> 1- Realizar a preparação do ferramental 2- Realizar a pintura dos parafusos para identificação e deixar os mesmos próximo do moinho 3- Posicionar 16 paletes de revestimento no piso da moagem 4- Posicionar as empilhadeiras no primeiro piso da moagem e a outra no segundo piso 5- Posicionar as caçambas para descarte dos revestimentos 6- Deixar o lençol de borracha de 124 metros x 6mm, cola e o catalisador próximo do moinho 7- Responsável da atividade solicitar o bloqueio da fonte de energia ao electricista e instrumentista, conforme NR 10 8- Realizar a montagem do andaime do cilindro do lado direito e esquerdo 9- Realizar a montagem do andaime da tampa de alimentação e descarga 10- Realizar a montagem do andaime para a desmontagem da tubulação de alimentação do moinho 11- Realizar a drenagem do moinho 12- Realizar isolamento e sinalização da atividade 13- Realizar análise preliminar de risco 14- Remover os parafusos da tubulação de alimentação 15- Remover a tubulação de alimentação do moinho com auxílio de talha manual 16- Remover o guarda corpo acima do chute de alimentação 17- Remover os parafusos do chute de descarga da correia e o chute de alimentação 18- Remover os parafusos de travamento do chute de alimentação no piso 19- Remover a selagem do moinho 20- Remover as proteções dos trilhos de deslocamento do chute 21- Realizar limpeza em volta dos trilhos de deslocamento 22- Realizar a ligação da tomada 440V do redutor de deslocamento do chute de alimentação do moinho 23- Realizar o comando para deslocamento do chute de alimentação até abertura do piso superior 24- Realizar amarração do chute de alimentação com auxílio do balancinho e a ponte rolante 25- Realizar o içamento do chute com auxílio da ponte rolante 26- Posicionar o chute de alimentação no primeiro piso da usina 27- Posicionar empilhadeira próximo da tampa de alimentação do moinho 28- Montar o extensor de empilhadeira nas lanças da empilhadeira 29- Remover os parafusos da tampa de alimentação 30- Remover a tampa de alimentação com auxílio da empilhadeira 31- Posicionar a tampa de alimentação no local adequado 32- Montar luminárias no interior do moinho 33- Montar sistema de exaustão no interior do moinho 34- Realizar o deslocamento da manipuladora 35- Realizar o posicionamento e travamento da manipuladora na alimentação do moinho 36- Realizar o posicionamento e travamento da manipuladora na alimentação do moinho 37- Realizar a montagem das mangueiras e conexões da aparafusadeira pneumática 38- Posicionar aparafusadeira pneumática para remoção e torqueamento dos parafusos 39- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação 40- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação 			

- 41- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 42- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 43- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 44- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 45- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 46- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 47- Desmontar 12 placas na carreira N°1
- 48- Desmontar 12 placas na carreira N°2
- 49- Desmontar 12 placas na carreira N°3
- 50- Desmontar 12 placas na carreira N°4
- 51- Desmontar 12 placas na carreira N°5
- 52- Desmontar 12 placas na carreira N°6
- 53- Desmontar 12 placas na carreira N°7
- 54- Desmontar 12 placas na carreira N°8
- 55- Montar 12 placas na carreira N°1
- 56- Montar 12 placas na carreira N°2
- 57- Montar 12 placas na carreira N°3
- 58- Montar 12 placas na carreira N°4
- 69- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio eléctrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 60- Giro N° 1 no moinho
- 61- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 62- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 63- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 64- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 65- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 66- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 67- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 68- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 69- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 70- Desmontar 12 placas na carreira N°9
- 71- Desmontar 12 placas na carreira N°10
- 72- Desmontar 12 placas na carreira N°11
- 73- Desmontar 12 placas na carreira N°12
- 74- Desmontar 12 placas na carreira N°13
- 75- Desmontar 12 placas na carreira N°14
- 76- Desmontar 12 placas na carreira N°15
- 77- Desmontar 12 placas na carreira N°16
- 78- Montar 12 placas na carreira N°5
- 79- Montar 12 placas na carreira N°6
- 80- Montar 12 placas na carreira N°7
- 81- Montar 12 placas na carreira N°8
- 82- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio eléctrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 83- Giro N° 2 no moinho
- 84- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 85- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 86- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 87- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 88- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 89- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 90- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação

- 91- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 92- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 93- Desmontar 12 placas na carreira Nº17
- 94- Desmontar 12 placas na carreira Nº18
- 95- Desmontar 12 placas na carreira Nº19
- 96- Desmontar 12 placas na carreira Nº20
- 97- Desmontar 12 placas na carreira Nº21
- 98- Desmontar 12 placas na carreira Nº22
- 99- Desmontar 12 placas na carreira Nº23
- 100- Desmontar 12 placas na carreira Nº24
- 101- Montar 12 placas na carreira Nº9
- 102- Montar 12 placas na carreira Nº10
- 103- Montar 12 placas na carreira Nº11
- 104- Montar 12 placas na carreira Nº12
- 105- Solicitar ao eletricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 106- Giro Nº 3 no moinho
- 107- Solicitar ao eletricista o bloqueio da fonte de energia
- 108- Solicitar ao eletricista o bloqueio da fonte de energia
- 109- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 110- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 111- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 112- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 113- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 114- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 115- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 116- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 117- Desmontar 12 placas na carreira Nº25
- 118- Desmontar 12 placas na carreira Nº26
- 119- Desmontar 12 placas na carreira Nº27
- 120- Desmontar 12 placas na carreira Nº28
- 121- Desmontar 12 placas na carreira Nº29
- 122- Desmontar 12 placas na carreira Nº30
- 123- Desmontar 12 placas na carreira Nº31
- 124- Desmontar 12 placas na carreira Nº32
- 125- Montar 12 placas na carreira Nº13
- 126- Montar 12 placas na carreira Nº14
- 127- Montar 12 placas na carreira Nº15
- 128- Montar 12 placas na carreira Nº16
- 129- Solicitar ao eletricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 130- Giro Nº 4 no moinho
- 131- Solicitar ao eletricista o bloqueio da fonte de energia
- 132- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 133- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 134- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 135- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 136- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 137- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 138- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 139- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 140- Desmontar 12 placas na carreira Nº33

- 141- Desmontar 12 placas na carreira N°34
- 142- Desmontar 12 placas na carreira N°35
- 143- Desmontar 12 placas na carreira N°36
- 144- Desmontar 12 placas na carreira N°37
- 145- Desmontar 12 placas na carreira N°38
- 146- Desmontar 12 placas na carreira N°39
- 147- Desmontar 12 placas na carreira N°40
- 148- Montar 12 placas na carreira N°17
- 149- Montar 12 placas na carreira N°18
- 150- Montar 12 placas na carreira N°19
- 151- Montar 12 placas na carreira N°20
- 152- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio eléctrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 153- Giro N° 5 no moinho
- 154- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 155- Desmontar 2 placas 1° anel na tampa de alimentação
- 156- Desmontar 2 placas 2° anel na tampa de alimentação
- 157- Desmontar 2 placas 1° anel na tampa de descarga
- 158- Desmontar 2 placas 2° anel na tampa de descarga
- 159- Montar 2 placas 1° anel na tampa de alimentação
- 160- Montar 2 placas 2° anel na tampa de alimentação
- 161- Montar 2 placas 1° anel na tampa de descarga
- 162- Montar 2 placas 2° anel na tampa de descarga
- 163- Desmontar 12 placas na carreira N°41
- 164- Desmontar 12 placas na carreira N°42
- 165- Desmontar 12 placas na carreira N°43
- 166- Desmontar 12 placas na carreira N°44
- 167- Desmontar 12 placas na carreira N°45
- 168- Desmontar 12 placas na carreira N°46
- 169- Montar 12 placas na carreira N°21
- 170- Montar 12 placas na carreira N°22
- 171- Montar 12 placas na carreira N°23
- 172- Montar 12 placas na carreira N°24
- 173- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio eléctrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 174- Giro N° 6 no moinho
- 175- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 176- Desmontar 2 placas 1° anel na tampa de alimentação
- 177- Desmontar 2 placas 2° anel na tampa de alimentação
- 178- Desmontar 2 placas 1° anel na tampa de descarga
- 179- Desmontar 2 placas 2° anel na tampa de descarga
- 180- Montar 2 placas 1° anel na tampa de alimentação
- 181- Montar 2 placas 2° anel na tampa de alimentação
- 182- Montar 2 placas 1° anel na tampa de descarga
- 183- Montar 2 placas 2° anel na tampa de descarga
- 184- Montar 12 placas na carreira N°25
- 185- Montar 12 placas na carreira N°26
- 186- Montar 12 placas na carreira N°27
- 187- Montar 12 placas na carreira N°28
- 188- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio eléctrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 189- Giro N° 7 no moinho

- 190- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 191- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 192- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 193- Desmontar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 194- Desmontar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 195- Montar 2 placas 1º anel na tampa de alimentação
- 196- Montar 2 placas 2º anel na tampa de alimentação
- 197- Montar 2 placas 1º anel na tampa de descarga
- 198- Montar 2 placas 2º anel na tampa de descarga
- 199- Montar 12 placas na carreira N°29
- 200- Montar 12 placas na carreira N°30
- 201- Montar 12 placas na carreira N°31
- 202- Montar 12 placas na carreira N°32
- 203- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 204- Giro N° 8 no moinho
- 205- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 206- Montar 12 placas na carreira N°33
- 207- Montar 12 placas na carreira N°34
- 208- Montar 12 placas na carreira N°35
- 209- Montar 12 placas na carreira N°36
- 210- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 211- Giro N° 9 no moinho
- 212- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 213- Montar 12 placas na carreira N°37
- 214- Montar 12 placas na carreira N°38
- 215- Montar 12 placas na carreira N°39
- 216- Montar 12 placas na carreira N°40
- 217- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 218- Giro N° 10 no moinho
- 219- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 220- Montar 12 placas na carreira N°41
- 221- Montar 12 placas na carreira N°42
- 222- Montar 12 placas na carreira N°43
- 223- Montar 12 placas na carreira N°44
- 225- Solicitar ao electricista a remoção do bloqueio elétrico do moinho para realizar o giro do mesmo no redutor auxiliar
- 226- Giro N° 11 no moinho
- 227- Solicitar ao electricista o bloqueio da fonte de energia
- 228- Montar 12 placas na carreira N°45
- 229- Montar 12 placas na carreira N°46
- 230- Remover o travamento da manipuladora
- 231- Realizar o deslocamento da manipuladora para seu estacionamento
- 232- Desmontar luminárias no interior do moinho
- 233- Desmontar sistema de exaustão no interior do moinho
- 234- Deslocar com a tampa de alimentação para próximo da alimentação do moinho
- 235- Montar o extensor de empilhadeira nas lanças da empilhadeira
- 236- Posicionar a tampa de alimentação
- 237- Posicionar e torquear os parafusos da tampa de alimentação
- 238- Realizar amarração no chute de alimentação para deslocamento com a ponte rolante

239- Realizar o içamento do chute de alimentação com auxílio da ponte e o balancinho
240- Posicionar o chute de alimentação nos trilhos
241- Ligar os cabos do acionamento de deslocamento do chute
242- Realizar o deslocamento do chute até a alimentação
243- Posicionar o chute de alimentação e realizar o travamento do mesmo no piso
244- Montar a selagem do chute de alimentação
245- Montagem da tubulação de alimentação, fixação dos parafusos da parte superior do chute e montagem do guarda corto
246- Desmontar andaime com roldanas na base para remoção da tubulação de alimentação do chute
247- Realizar a limpeza e organização do local
248- Remover os bloqueios das fontes de energia elétrica, mecânica e pneumática
249- Remover a sinalização e isolamento do local de trabalho
250- Realizar teste operacional no moinho
FERRAMENTAL UTILIZADOS
1- Torqueadeira pneumática
2- Mangueira da pneumática
3- Marreta
4- Alavanca
5- Soquete 46, 1 1/8", 1 3/4"
6- Torquímetro
7- Chave combinada
EQUIPAMENTOS UTILIZADO
1- Ponte rolante 80 toneladas
2- Empilhadeira de 4,1 toneladas
3- Manipuladora
OBSERVAÇÕES
1- Antes de realizar qualquer atividade é necessário solicitar o bloqueio da fonte de energia conforme NR 10
2- Os andaimes para troca de revestimento podem ser montados em paradas anteriores, de forma que o mesmo não encoste no moinho, dessa forma reduzindo o tempo de parada para troca de revestimento
3- No máximo 16 paletes podem ser locados no segundo piso (piso da moagem)
4- Cada moinho possui 46 fileiras em seu cilindro e 23 fileiras em cada tampa
5- Parafuso no cilindro – Total: 1.104 parafusos de cabeça oval M42 X 3, classe de resistência 8.8
6- Tampas de alimentação/descarga – total: 322 parafusos de cabeça oval M42 X 3, classe de resistência 8,8
7- Para adentrar dentro do moinho é necessário treinamento de espaço confinado N33
8- Cada giro possibilita a desmontagem de 8 fileiras e montagem de 4 fileiras
9- Após 100 horas do moinho em operação os parafusos devem ser torqueados
10- O1 conjunto completo de revestimento contem 124 palhetes Os revestimentos com desgaste que são removidos do moinho e retirados de dentro dele com auxílio da manipuladora, com isso, a empilhadeira auxilia na remoção do revestimento da manipuladora e encaminha para
11- a caçamba, que fica localizada no piso da moagem. Após isso, a empilhadeira recolhe o revestimento novo e posicionar na manipuladora e a mesma desloca o revestimento para dentro do moinho, com isso realizando o posicionamento para montagem A medida que a caçamba do piso da moagem fica cheia com revestimento com desgaste é realizado a troca da
12- caçamba vazia que esta no primeiro piso, com auxílio da ponte rolante. A caçamba cheia é encaminhada para um centro de descarte de sucata metálica. Esse ciclo vai se repetindo até a conclusão da troca de revestimento
13- Para montagem do revestimento consultar desenho técnico do equipamento O torqueamento dos parafusos do moinho devem ser realizados após 100 horas de operação do moinho com
14- carga, para que o revestimento se assente na carcaça, torque dos parafusos é de 1995 N.m

RESULTADOS ESPERADOS		
1-	Promover um ambiente de trabalho mais organizado e seguro	
2-	Garantir maior disponibilidade do equipamento	
3-	Garantir maior produtividade e qualidade da atividade	
4-	Maior controle da atividade	
5-	Auxílio na execução e planejamento	
AÇÕES CORRETIVAS		
1- Consultar o desenho técnico do moinho para a montagem do revestimento		
	Data	Revisões
	Responsável	
	Aprovador	

Fonte: Pesquisa direta (2022)

Para que seja realizada uma execução eficiente, é necessário realizar uma boa preparação do ferramental, equipamentos e materiais necessários para troca de revestimento, conforme consta os itens de 1 a 6 no procedimento da tabela 7. Além disso, é necessário antes da execução da atividade realizar uma manutenção preventiva na manipuladora e na ponte rolante, para evitar que ocorra uma falha durante a troca de revestimento.

Antes de iniciar as atividades de troca de revestimento é fundamental realizar uma análise preliminar de risco, que é um documento contendo os riscos da atividade e as medidas de controle de incidentes, conforme item 13 do procedimento. Importante destacar que consta no documento a necessidade do isolamento do local de trabalho, item 12, para evitar transição de pessoas que não fazer parte da atividade. Além disso, é necessário o responsável pela execução, solicitar os bloqueios da fonte de energia ao eletricitista (fonte de energia elétrica) e instrumentista (fonte de energia pneumática) isso antes do início da atividade.

Após a realização do bloqueio de energia se faz necessário a remoção do chute de alimentação do moinho, que é constituído dos seguintes itens: chute, tubulação guarda corpo e selagem. Após a remoção das partes de fixação do chute, é realizado o deslocamento do mesmo com auxílio de um moto redutor, que é acoplado em seu sistema de rodas, apoiadas sobre os trilhos, que juntos permitem o deslocamento do chute. Depois é realizado o içamento do chute e o mesmo é posicionado no primeiro piso da usina, estas etapas constam no procedimento itens 14 a 26, na tabela 7.

Após a remoção do chute de alimentação se faz necessário realizar a desmontagem da tampa de alimentação do moinho, que é removida com auxílio da empilhadeira e do implemento. Isso é importante, para realizar a montagem da manipuladora na entrada do moinho que auxilia na remoção do revestimento e na montagem do revestimento, conforme consta nos itens 27 a 36 do procedimento.

Em seguida, inicia-se a remoção das placas do revestimento com auxílio das seguintes ferramentas e equipamentos: parafusadeira pneumática, marreta, alavanca e manipuladora. São necessárias 11 posições do moinho para realizar a troca por completo do revestimento, sendo que são 46 fileiras no cilindro e 23 fileiras na tampa de alimentação e descarga. Cada posição permite a desmontagem de 8 fileiras no cilindro, sendo desmontadas 4 no lado direito e 4 no lado esquerdo e a montagem do revestimento novo é feita somente em 4 fileiras no lado esquerdo. Não se recomenda realizar a montagem do revestimento novo no lado direito devido à dificuldade no fechamento do revestimento novo. Já a tampa de alimentação e descarga permite a desmontagem de dois pares de anéis e a montagem da mesma quantidade. A cada conclusão do ciclo é necessário realizar um giro no moinho para a desmontagem e montagem das placas seguintes, conforme itens 39 a 229 da tabela 7. A cada ciclo é necessário, também, retirar o bloqueio para o giro no moinho, após o giro é realizado o bloqueio novamente. É feito o bloqueio do equipamento por 11 vezes, na mesma quantidade de ciclos. Percebe-se que como é realizada a desmontagem de 8 fileiras e montagem de somente 4 fileiras, chega um momento que não possui mais fileiras para desmontagem e sim, somente para montagem, isso também ocorre nas tampas de alimentação e descarga.

Os revestimentos que são removidos do moinho são descartados com o auxílio da empilhadeira nas caçambas metálicas, que são utilizadas até a conclusão da desmontagem do revestimento por completo. À medida que as caçambas atingem sua capacidade máxima com revestimento removido do moinho são retiradas do piso da moagem com auxílio da ponte rolante e posicionadas no primeiro piso, onde o caminhão caçamba recolhe o revestimento e descarrega nos centros de armazenagem de sucata, após isso, retorna novamente com a caçamba para moagem.

Como o piso da moagem permite somente 16 caixas de revestimento novo e o revestimento completo do moinho são 124 caixas, que ficam armazenadas no primeiro piso da usina, se faz necessário à medida que o revestimento é consumido pelo moinho fazer a reposição, com o auxílio da empilhadeira e da ponte rolante no piso da moagem, para evitar paralização da atividade, um ponto chave é repor as placas utilizando o desenho técnico de montagem, pois as placas são diferentes.

A manipuladora atua de forma constante realizando a desmontagem das placas gastas, a remoção das placas gastas de dentro do moinho, no transporte do revestimento novo para dentro do moinho e na montagem do revestimento novo. A empilhadeira auxilia na desmontagem das caixas e posiciona as placas na manipuladora para deslocamento para dentro do moinho, além disso, a empilhadeira auxilia na remoção do revestimento da

manipuladora encaminhando o mesmo para caçamba. A manipuladora é um equipamento que fica fixo na boca do moinho, já a empilhadeira permite o deslocamento no piso da moagem.

Com a conclusão da montagem de todo revestimento é realizada a remoção da manipuladora, logo após, é feita a montagem do chute de alimentação, a tubulação de alimentação e o sistema de selagem conforme os itens 230 a 250 da tabela 7. Dessa forma, é finalizada a atividade e é produzido o teste operacional no equipamento. Após 100 horas do moinho em operação é necessário retorquear os parafusos do revestimento com auxílio do torquímetro, regulado para 1995 N.m, conforme solicitado pelo fabricante.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Os procedimentos operacionais padrão têm um papel fundamental no planejamento e na execução das atividades, pois permitem obter informações necessárias para uma execução mais produtiva e com menor chances de erros. Com base neste contexto, o presente trabalho buscou a compreensão da importância desta ferramenta dentro da gestão de manutenção e responder a seguinte problemática: **como propor um procedimento operacional padrão para substituição do revestimento do moinho de bola de uma empresa de mineração?**

Durante a análise do histórico de troca de revestimento foi possível constatar que devem ser levados em consideração as seguintes variáveis: realizar a manutenção com antecedência da manipuladora, realizar manutenção na ponte e acompanhamento da empresa responsável por esse equipamento, manter caixas de revestimento próximo do moinho no início das atividades, a logística da sucata e da empilhadeira para manuseio do revestimento, o local correto da montagem de andaime, a pintura dos parafusos para facilitar a montagem dos mesmo e etc.

Todas estas informações são importantes para que atividade ocorra de forma ágil e com segurança, porém, considerando que diferentes empresas poderiam vir a executar a atividade, seria necessário treinar essas pessoas para que as mesmas tenham estas informações para execução da atividade. Com isso, foi proposta a criação de um procedimento operacional padrão para solucionar este problema.

Com a criação do procedimento operacional padrão para a troca de revestimento os ganhos são variados, além da aplicação direta da gestão de manutenção. Os ganhos diante da proposta são:

- Aumento da produtividade na execução das atividades;
- Melhora na execução das atividades;
- Atividade mais segura, visto que os colaboradores foram treinados e orientados sobre a execução da atividade;
- Melhor gerenciamento da atividade;
- Melhor gerenciamento da manutenção;
- Menor perda de produção, visto que, o equipamento terá um menor tempo de parada de manutenção;
- Melhor organização e planejamento da atividade.

Pode-se ter uma ideia sobre os ganhos estimados da padronização da manutenção com base na seguinte informação: na primeira troca de revestimento do moinho, observando os históricos da empresa, a operação demorou 170 horas para cada revestimento do moinho, sem o procedimento operacional padrão. Já com a criação do procedimento operacional padrão, o planejamento da atividade foi estimado em 122 horas, um ganho de 48 horas de produção do equipamento, o que vale a dois dias de produção.

A produção diária da usina é de 23 000 toneladas de polpa de minério com duas linhas operando. Como é realizada somente a troca do revestimento de um moinho por vez, uma linha fica parada enquanto a outra fica em operação. Sendo assim, tem-se um ganho de 23 000 toneladas a mais no processo produtivo de polpa de minério de ferro. Considerando que a empresa vende a US\$ 120 a tonelada de pelota, valor acima de mercado devido à qualidade do produto final, esse valor em reais seria R\$ 607,18, ou seja um ganho financeiro de R\$ 13.965.140,00 - valor significativo para empresa.

5.2 Recomendações

A partir do trabalho realizado recomenda-se a realização de três trabalhos:

- Aumento da vida útil do revestimento dos moinhos;
- Estudo da verificação, após a troca de revestimento dos moinhos, se a criação do procedimento operacional padrão para atividade resultou em um ganho real de R\$ 13.965.140,00;
- Estudo de melhoria para aumento da vida útil do revestimento do chute de alimentação do moinho.

REFERÊNCIAS

- XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 1998.
- VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Planejamento e controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2014.
- TELES, Eng. Jhonata. **Planejamento e controle da manutenção**: uma metodologia passo a passo para a implantação do pcm. Brasília: Engeteles, 2019.
- NASCIF, Júlio; DORIGO, Luís Carlos. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 296 p.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019. 560 p.
- VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Manual da gestão da manutenção**. Brasília: Engeteles, 2020. 204 p.
- MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atlas Ltda, 2021. 354 p.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Atlas Ltda, 2017. 173 p.
- SOARES, Vinicius Moraes Souza. **Proposta de implementação de PCM para uma oficina mecânica de entidade filantrópica**. 2019. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Demec, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.
- GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- MAPA, Paulo. **ROTA DE PROCESSO PARA O UNDERFLOW DA DESLAMAGEM DE MINÉRIO DE FERRO DO CONCENTRADOR DA SAMARCO MINERAÇÃO S.A.** Orientador: Antônio Eduardo Clark Peres. 2006. 190 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo horizonte, 2006
- NASCIMENTO, Dirceu Valadares. **ANÁLISE DA DINÂMICA DA CARGA MOEDORA NOS MOINHOS DE BOLAS**. Orientador: Roberto Galery. 2013. 126 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo horizonte, N/C.
- AUSTIN L.G., KLIMPEL R.R. e LUCKIE P.T. (1981) The process engineering of size reduction: ball milling. AIME, New York.
- SILVA, Daniel Nagano; LOBO, Raquel de Moraes; PAES DE ANDRADE, Arnaldo Homobono. **ANÁLISE DE CRITICALIDADE DE DEFEITOS EM MUNHÕES DE MOINHOS DE BOLAS USADOS EM PLANTAS DE MINERAÇÃO. Defeitos; Moinho de bolas; Mecânica da fratura**, Belo horizonte, ano 2013, p. 4140-4150, 2 ago. 2013.