



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



**LUIZ FERNANDO NASCIMENTO SERRA**

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA  
BOMBAS DE POLPA DE REJEITOS DE MINÉRIO**

**OURO PRETO - MG**  
**2018**

**LUIZ FERNANDO NASCIMENTO SERRA**

**luiz.serra@live.com**

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA  
BOMBAS DE POLPA DE REJEITOS DE MINÉRIO**

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.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG**

**2018**

S487p

Serra, Luiz Fernando Nascimento.

Proposta de um plano de manutenção preventiva para bombas de polpa de rejeitos de minério [manuscrito] / Luiz Fernando Nascimento Serra. - 2018.

48f.: il.: color; graf.; tabs.

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

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

1. Manutenção. 2. Plano de Manutenção. 3. Manutenção Preventiva. 4. Bombas de Polpa. I. Silva, Washington Luís Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ATA DA DEFESA**

Aos 07 dias do mês de dezembro de 2018, às 10h 00min, na sala 18, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno Luiz Fernando Nascimento Serra, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof. MSc. Caio Cesar de Souza Pereira e Prof. MSc. Sávio Sade Tayer. O candidato apresentou o trabalho intitulado: **“Proposta de um Plano de Manutenção Preventiva para bombas de polpa de rejeitos de minério”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO.

Ouro Preto, 07 de Dezembro de 2018.

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva  
**Professor Orientador**

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer  
**Professor Avaliador**

Prof. MSc. Caio Cesar de Souza Pereira  
**Professor Avaliador**

Luiz Fernando Nascimento Serra

**Aluno(a)**

Dedico aos meus pais e irmã, pelo apoio e confiança depositada. O meu sonho seria muito mais difícil sem vocês. Obrigado por completarem minha vida.

## **AGRADECIMENTO**

A minha mãe Maria Luiza pelo amor, companheirismo, preocupação e confiança que sempre depositou em mim e que me fez a cada dia querer alçar voos maiores.

Ao meu pai Luiz Carlos pelos conselhos, confiança e parceria de sempre.

A minha irmã Raquel pelo carinho de sempre e que sempre torceu pelo meu sucesso.

A Andressa, pelo apoio e amor de sempre. Muito obrigado por aparecer em minha vida.

Ao meu orientador Washington, pelo incentivo, paciência, confiança e orientação de qualidade neste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica pelo ensino de qualidade e ensinamentos da vida.

A todos os amigos que fiz durante o curso nesta caminhada em Ouro Preto, desde os que fiz no projeto 12BIS, até os da equipe Futsal/UFOP e Carcarás OP Futebol Americano.

As Repúblicas de Ouro Preto que sempre me receberam muito bem e onde fiz amigos que levarei para a minha vida.

A Fundação Aleijadinho, técnicos, funcionárias do RH e colegas de estágio pela oportunidade e chance que me deram. Este sonho foi possível também graças a vocês.

*“Você não precisa ser grande, só precisa voar alto, mas lembre-se, até pegar o jeito algumas quedas são inevitáveis”.*

Rubens Moraes

## RESUMO

SERRA, L. F. N. Proposta de um plano de manutenção preventiva para bombas de polpa de rejeitos de minério. 2018. Monografia. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

No ramo da mineração como em diversos setores da economia, a manutenção passou a ser considerada uma importante estratégia, principalmente para se evitar perdas e ineficiências nos processos. A pesquisa foi classificada como qualitativa, exploratória, bibliográfico e estudo de caso. Uma metodologia de fácil aplicabilidade para a situação do estudo foi desenvolvida e os resultados obtidos foram satisfatórios, com a possibilidade de implementação do plano de manutenção proposto, além de possíveis melhorias futuras. Para efeitos de aplicação, este estudo foi direcionado para o equipamento bombas de polpas. No caso das bombas de polpas, o plano de manutenção deve ser desenvolvido utilizando na grande maioria das vezes o método de manutenção preventiva, pois a ocorrência de uma parada não programada gera perdas desnecessárias e significativas na produção, além de colocar em risco a segurança de pessoas envolvidas com o processo. Este estudo aborda uma proposta de um plano de manutenção preventiva com o objetivo de melhorar um processo de manutenção de bombas de polpa de rejeitos de minério.

**Palavras-chave:** Manutenção. Plano de Manutenção. Manutenção Preventiva, Bombas de Polpa



## **ABSTRACT**

*SERRA, L. F. N. Proposal of a preventive maintenance plan for pulp pumps of ore tailings. 2018. Undergraduate Thesis. (Graduation in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.*

*In the mining industry and in various sectors of the economy, the maintenance has been considered an important strategy, especially to avoid losses and inefficiencies in processes. The research was classified as qualitative, exploratory, bibliographical approach and case study. An easily applicable methodology for the study situation was developed and the results obtained were satisfactory, with the possibility of implementing the proposed maintenance plan, as well as possible future improvements. For the purpose, this study was directed to the equipment pumps pulps. In the case of pulp pumps, the maintenance plan must be developed using the preventive maintenance method, since the occurrence of an unscheduled shutdown generates unnecessary losses and significant in the production as well as putting at risk the safety of people involved in the process. This study approach a proposal for a preventive maintenance plan with the objective of improving a process of maintenance of pulp pumps of ore tailings.*

*Key-words: Maintenance. Maintenance Plan. Preventive Maintenance, Pulp Pumps*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Manutenção .....	9
Figura 2: Diagrama de decisão referente ao tipo de manutenção recomendada .....	12
Figura 3: Manutenção no ciclo PDCA .....	14
Figura 4: Exemplo de padrão de manutenção .....	16
Figura 5: Componentes de uma bomba de polpa .....	17
Figura 6: Componentes de uma bomba .....	18
Figura 7: Etapas da metodologia proposta .....	22
Figura 8: Localização das minas de bauxita e refinarias de alumina no país.....	26
Figura 9: Processo para obtenção da alumina .....	27
Figura 10: Manutenção de uma bomba .....	28
Figura 11: Bomba para manutenção.....	28
Figura 12: Diagrama de Pareto.....	32
Figura 14: Codificação por solda.....	35
Figura 15: Exemplo de codificação padronizada .....	35
Figura 16: Exemplo digitalizado de uma ficha de manutenção.....	37
Figura 17: Plano de Manutenção proposto .....	39
Figura 18: Detalhe 1 e 2 da figura 16 .....	40
Figura 19: Detalhe 3 e 4 da figura 16 .....	41
Figura 20: Detalhe 5, 6 e 7 da figura 16 .....	42
Figura 21: Detalhe 8 e 9 da figura 16 .....	43
Figura 22: Detalhe 10 e 11 da figura 16 .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação dos Recursos na Manutenção .....	3
Tabela 2: Variáveis e Indicadores .....	23
Tabela 3: Histórico de Manutenção de Bombas .....	29
Tabela 4: Número de manutenções realizadas na Bomba 5ES CTE.....	31
Tabela 5: Relação dos problemas mais frequentes na bomba 5ES CTE/ nº3005.....	32
Tabela 6 - Matriz de Criticidade dos Componentes da Bomba.....	33
Tabela 6: Tempo gasto e tempo médio das manutenções realizadas na bomba 5ES CTE/ nº3005 .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral .....	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho .....	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1	Manutenção – Definições .....	5
2.2	Tipos de Manutenção.....	5
2.2.1	Manutenção Corretiva .....	5
2.2.2	Manutenção Preventiva .....	6
2.2.3	Manutenção Preditiva .....	7
2.2.4	Manutenção Detectiva .....	8
2.2.5	Engenharia da Manutenção .....	8
2.3	Gestão da Manutenção.....	9
2.3.1	Manutenção Produtiva Total (MPT).....	10
2.3.2	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	10
2.4	Planos de Manutenção .....	13
2.5	Padronização da Manutenção .....	15
2.6	Caracterização da Bomba de Polpa (Slurry Pump) .....	16
2.6.1	Rotor .....	18
2.6.2	Carcaça .....	19
2.6.3	Gaxetas .....	20
2.6.4	Luva-Eixo .....	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	21
3.2	Materiais e Métodos .....	21
3.3	Variáveis e Indicadores .....	23
3.4	Instrumentos de Coleta de Dados .....	24
3.5	Tabulação de Dados.....	24
3.6	Considerações Finais do Capítulo .....	24

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
4.1	Características do setor e da empresa estudada .....	26
4.2	Diagnóstico do Equipamento Estudado.....	27
4.2.1	Obtenção dos Dados .....	29
4.2.2	Identificação do Problema .....	30
4.3	Proposta de Elaboração de Plano de Manutenção Preventiva.....	34
4.3.1	Codificação e Tagueamento dos Equipamentos.....	34
4.3.2	Ordens de Manutenção e Fichas de Manutenção .....	36
4.3.3	Banco de Dados .....	38
4.3.4	Plano de Manutenção Preventiva .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>45</b>
5.1	Conclusão .....	45
5.2	Recomendações para trabalhos futuros .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

A história da manutenção é vasta e desde que o homem começou a manusear e criar instrumentos de produção, ela continua a evoluir junto com as necessidades que surgem. No ramo da mineração, a manutenção deve ser considerada no projeto estabelecido, principalmente para se evitar perdas e ineficiência no processo. De acordo com a NBR *apud* Xenos (2014, p.18), a manutenção pode ser definida como “a combinação de 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”, ou seja, realizar procedimentos de manutenção para evitar a perda de disponibilidade física dos equipamentos, seja por desgaste natural ou uso.

Esses procedimentos de manutenção podem ser classificados como manutenções corretivas, preventivas, preditivas e autônomas. Cada uma delas tem suas características e peculiaridades. De forma geral, a manutenção corretiva sempre é realizada após o surgimento de uma falha. Já a preventiva e a preditiva, estimulam uma periodicidade no acompanhamento dos equipamentos, a fim de prever e/ou evitar uma possível falha. A manutenção preventiva é realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos do equipamento avaliado. No caso da manutenção preditiva, utilizam-se medições ou controles estatísticos para prever a proximidade da ocorrência da falha (VIANA, 2002). A última, porém, não menos importante, a manutenção autônoma é a manutenção realizada pelos operadores através de pequenos ajustes e regulagens, assim como limpeza e lubrificação, a fim de manter o equipamento com a funcionalidade produtiva (KARDEC, *et al*, 2002).

Assim, os planos de manutenção de acordo com Viana (2002, p.87) são “conjuntos de informações necessárias, para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva”. É através desses planos que o processo de manutenção obtém maior eficiência na detecção contra falhas e defeitos, aumentando a produtividade do processo.

No caso das bombas de polpas, o plano de manutenção deve ser elaborado utilizando na grande maioria das vezes o método de preventivas, pois a ocorrência de uma parada não programada gera perdas desnecessárias e significativas na produção, além de colocar em risco a segurança de pessoas próximas. A implementação de técnicas e manutenções preventivas e

preditivas que aumentam consideravelmente a disponibilidade e vida útil dos componentes das bombas, garante a segurança, confiabilidade e constante produção, já supracitada.

Porém, é preciso, a todo instante, analisar e estudar possíveis melhorias na realização dos procedimentos de manutenção. E esta estratégia de manutenção deve estar sempre em evolução, seja com a melhoria do plano e padronização do processo, treinamento de funcionários, focando em eficiência e competência, sem esquecer-se da segurança no trabalho e meio ambiente, ou implementação de novas tecnologias para o processo.

Desta forma, diante do contexto, tem-se a seguinte problemática:

**Como é elaborar uma proposta de um plano de manutenção preventiva para bombas de polpa de rejeito de minério para uma empresa do setor de mineração?**

## **1.2 Justificativa**

O trabalho proposto é justificado pela importância da manutenção preventiva de bombas de polpa, aumentando a vida útil da bomba e possibilitando o tempo ótimo de manutenção, gerando benefícios a produção. A manutenção preventiva é justificada pela sua forma de atuação, realizada de forma a reduzir ou evitar a falha, obedecendo um plano de manutenção previamente elaborado, baseado em intervalos de tempos, e não simplesmente quando a falha ocorre (KARDEC e NASCIF, 2009). O trabalho propõe ações para facilitar e melhorar o sistema de manutenção de bombas de rejeito de minério, sendo o objetivo de estudo o modelo 5ES CTE, de uma empresa de processamento de bauxita.

A tabela 1 apresenta dados da Abraman – Associação Brasileira de Manutenção, ela evidencia que as empresas no Brasil estão cientes que os métodos de manutenção preventiva e preditiva são mais vantajosos, por isso o crescimento com o passar dos anos.

Tabela 1: Aplicação dos Recursos na Manutenção

Aplicação dos Recursos na Manutenção (%)				
Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2013	30,86	36,55	18,82	13,77
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	26,69	40,41	17,81	15,09
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56
Hh (serviços de manutenção) / Hh (total de trabalho)				

Fonte: Abramam (Associação Brasileira de Manutenção), 2013.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Geral

Propor um plano de manutenção preventiva para uma bomba de polpa de rejeito, modelo 5ES CTE para uma empresa do setor de mineração.

#### 1.3.2 Específicos

- Realizar estudo teórico sobre manutenção, métodos e planos de manutenção;
- Descrever a metodologia adotada, apresentando um fluxograma para que se possa realizar a pesquisa;
- Coletar e analisar dados sobre a manutenção da bomba de polpa e identificar possíveis falhas nos processos;



- Apresentar as possíveis soluções para as falhas encontradas no processo, em conexão com os recursos disponíveis no mercado, para propor um plano de manutenção para o objeto em estudo.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho será dividido em cinco capítulos, os quais seguem as normas da ABNT e os padrões para realização de trabalhos científicos, cuja estrutura é apresentada a seguir:

No capítulo 1 é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos, geral e específicos. Em seguida, o segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica dos conceitos e teorias a respeito da manutenção, evidenciando os pontos positivos e negativos de cada um. O capítulo 3 apresenta o processo metodológico adotado na pesquisa, assim como os instrumentos utilizados para a coleta dos dados, validação dos indicadores e dados importantes na obtenção dos resultados. Já o capítulo 4 relata as discussões e resultados obtidos a partir da coleta dos indicadores segundo a base teórica apresentada, apresentando ao final, a melhor configuração do sistema. Será abordada também, a fundamentação dos componentes principais da bomba de polpa a ser estudada. O quinto e último capítulo deste trabalho apresenta a conclusão e recomendações relacionadas ao assunto tratado e sobre trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta o embasamento teórico estudado e a maioria dos conceitos que serão citados ao longo do desenvolvimento do estudo, afim de uma sustentação teórica ao tema e problema de pesquisa do trabalho.

### **2.1 Manutenção – Definições**

De acordo com Monchy (1987, p.3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. O mais comum é definir a manutenção como “o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas e equipamentos, visando garantir a continuidade de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazo, de custos e de vida útil adequados”. Nesta definição, de grande abrangência, a manutenção é caracterizada como um processo. Um processo que deve iniciar antes da aquisição e que tem como principal função o prolongamento da vida útil do equipamento ou sistema (LIMA *et al*, 2006).

Atualmente a norma regulamentadora que rege a manutenção é a NBR-5624, que traz uma revisão do termo como sendo a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou reposicionar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

Existem diversas definições sobre este termo, porém todas de forma geral, se resumem em aumentar a disponibilidade física, confiabilidade e reduzir custos no ramo em que é aplicada.

### **2.2 Tipos de Manutenção**

#### **2.2.1 Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva sempre é feita depois que a falha ocorreu. De acordo com Viana, (2002, p.10) “é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves

consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores [...]”. Esta manutenção pode ser dividida em duas categorias: não planejadas e planejadas.

Manutenção corretiva não planejada: correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois, causa perdas de produção e, em consequência, os danos aos equipamentos é maior (OTANI *et al*, 2008).

Manutenção corretiva planejada: é a correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo, detectivo ou até mesmo pela decisão gerencial de se operar até ocorrer à falha. “Pelo seu próprio nome planejado”, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido (OTANI *et al*, 2008).

Este tipo de gerência de manutenção, apesar de simples, pode requerer custos altíssimos, associados a: estoques de peças sobressalentes, trabalho extra, custo ociosidade de máquina e baixa disponibilidade de produção (ALMEIDA, 2000). Sendo que caso ocorra uma falha da equipe de manutenção ou por falta de peça de reposição, os custos podem ser maiores, pois o tempo de reação contra aquela falha é maior.

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

Segundo Viana (2002, p.10) é possível classificar a manutenção preventiva como “serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha”, proporcionando assim o correto andamento das atividades produtivas.

A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente. Apesar de ter um custo superior quando comparado a manutenção corretiva, a frequência da ocorrência das falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Sendo assim, quando comparamos o custo total entre manutenção corretiva e preventiva, fica evidente que a preventiva tem custo menor (XENOS, 2004).

Todavia como destaca Kardec e Nascif (2009, p.44), se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de

previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, deve-se considerar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas. A manutenção preventiva será conveniente quando maior for a simplicidade na reposição; quando maior for o custo das falhas; quando as falhas prejudicarem a produção e segurança pessoal e operacional.

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

De acordo com Viana (2002, p.11) manutenção preditiva são tarefas que “visam acompanhar a máquinas ou peças, por monitoramento, por medições o por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha. ”, desta forma evita-se a desmontagem do equipamento para inspeção e utiliza o equipamento até o máximo de sua vida útil.

Segundo Vaz *apud* OTANI *et al* (2008, p.5) “a adoção da manutenção preditiva leva a supor que seja a solução ideal para as falhas e defeitos nas máquinas e equipamentos, pois ela consiste em interferir na máquina para providenciar manutenção eficaz, no momento adequado”.

Suas desvantagens estão na exigência de grande conhecimento teórico e experiência por parte do inspetor, além de peculiaridades que dificultam a aplicação deste método. Porém, Almeida (2000, p.4) afirma que a principal diferença para outros métodos, como corretiva e preventiva:

(...). Talvez a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais, durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.

#### **2.2.4 Manutenção Detectiva**

Referenciado a partir da década de 90, esta política tem como objetivo aumentar a confiabilidade dos equipamentos, visto que é caracterizado por intervir em sistemas de proteção para detectar falhas que não são perceptíveis as pessoas responsáveis pela operação e manutenção (SOUZA, 2008)

Um sistema de manutenção detectiva que se implementado de forma correta consegue atuar automaticamente na iminência de um desvio que possa comprometer as máquinas, o processo e a segurança, garantindo a confiabilidade esperada (KARDEC e NASCIF, 2009).

Portanto, a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas (COSTA, 2013).

#### **2.2.5 Engenharia da Manutenção**

A engenharia da manutenção é o nível mais elevado de investimento em manutenção, devido as mudanças de rotina e políticas de melhorias contínuas aplicadas. Porém, traz consigo uma melhora significativa do processo de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2009, p.50), a engenharia de manutenção tem com atribuições principais, o aumento da confiabilidade, disponibilidade, segurança, eliminar e solucionar problemas crônicos, dar suporte a execução, elaborar planos de manutenção eficientes, entre outras.

Uma empresa que aplica a engenharia da manutenção diminui drasticamente o número de intervenções, o consumo de sobressalentes, e desperdícios em geral, além de criar um banco de dados que serão utilizados posteriormente para eventuais consultas nas áreas de manutenção, permitindo soluções e propostas de melhorias contínuas. A figura 1 mostra como a engenharia da manutenção pode ser alocada entre os diversos tipos de manutenção apresentados.

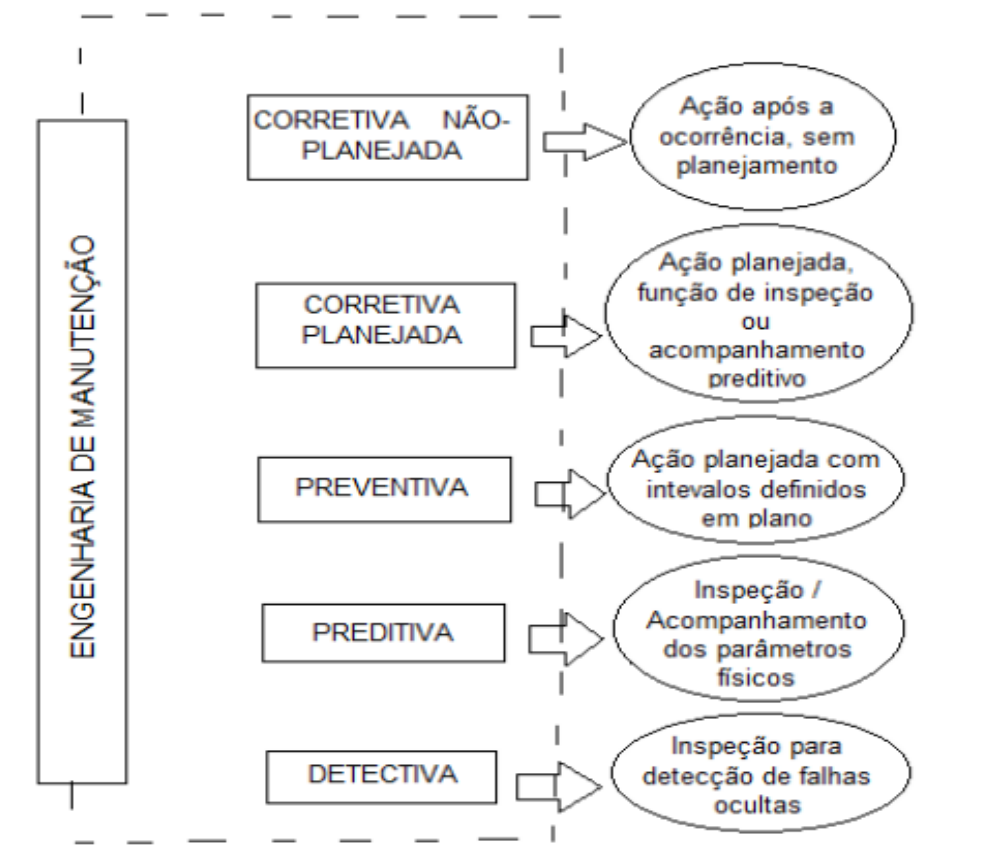


Figura 1: Tipos de Manutenção  
 Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2009

### 2.3 Gestão da Manutenção

Com o passar dos anos, a indústria que funcionava apenas com a manutenção corretiva e apresentava desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e esforços significativos, percebeu que com a inovação tecnológica e aumento da complexidade dos equipamentos, era necessário o desenvolvimento e utilização das técnicas de manutenções preventivas e preditivas, além de outros sistemas de gerenciamento, conseguindo atingir uma eficiência maior e produtiva para o processo. Assim, a manutenção obteve uma responsabilidade maior no desempenho operacional da organização (NUNES e VALLADARES, 2008).

De acordo com SOUZA (2008, p.66), a gestão da manutenção se inicia na definição da concepção: “(...) a gestão deve estar relacionada a todo conjunto de ações, decisões e definições sobre tudo o que se tem que realizar, possuir, utilizar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos para a função manutenção e fornecer assim os serviços que são aguardados pela função manutenção”.

Entre os sistemas de gerenciamento da manutenção, os que mais se destacam são o TPM (Total Productive Maintenance) ou Manutenção Produtiva Total (MPT) e o RCM (Reliability Centered Maintenance) ou Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

### **2.3.1 Manutenção Produtiva Total (MPT)**

A manutenção produtiva não pode ser tratada com um método de manutenção, mas sim como uma forma de pensar. Pode ser entendido como um conjunto de métodos de manutenção. Tem como princípio que somente as ações do departamento de manutenção serão insuficientes para melhorar o desempenho dos equipamentos e busca a estreita cooperação com outros departamentos da empresa, principalmente com o de produção.

A manutenção produtiva pode ser considerada uma filosofia, uma coleção de práticas e técnicas destinadas a maximizar a capacidade dos equipamentos e processos utilizados pela empresa (DAVIS, 1995).

Além disso Fogliatto e Ribeiro (2009, p.234) destaca que a manutenção produtiva se apoia em alguns elementos gerais, como: mudança cultural, visando otimizar o rendimento geral dos equipamentos; sistema de prevenção de falhas e perdas associados aos equipamentos e local de trabalho; cooperação dos departamentos de manutenção, produção, engenharia, vendas e outros; envolvimento dos colaboradores em atividades de melhoria contínua; educação e treinamento dos colaboradores.

Em resumo, tem como objetivo evitar falhas nos equipamentos utilizando a melhor combinação de métodos de manutenção para que a produção não seja afetada, obtendo retorno econômico substancial para toda a empresa (XENOS, 2004).

### **2.3.2 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)**

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009, p.217), a MCC pode ser definida como “ um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos continuarão realizando as funções especificadas” e complementa “ela permite que as empresas alcancem a excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições”.

Segundo Souza e Lima (2003) apud Costa (2013), o que difere a MMC de outras metodologias é que esta busca direcionar a manutenção de uma área como um todo, e é a própria área que vai dizer qual o nível de serviço que deseja ou que considera aceitável para seus equipamentos, de acordo com especificações de projeto, custo x benefício, custo e impacto de falhas, entre outros.

De acordo com Moubray (1997), existem sete pontos que devem ser abordadas pelos programas de MCC. São eles:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho esperados para os equipamentos fabris?
2. De que modo os equipamentos podem falhar em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando cada falha ocorre?
5. De que forma cada falha interessa?
6. O que pode ser feito para prevenir ou impedir cada falha?
7. O que deve ser feito quando não pode ser estabelecida uma atividade proativa pertinente?

A figura 2 ilustra um diagrama que auxilia a definição da atividade de manutenção adequada para certas situações de acordo com o MCC.



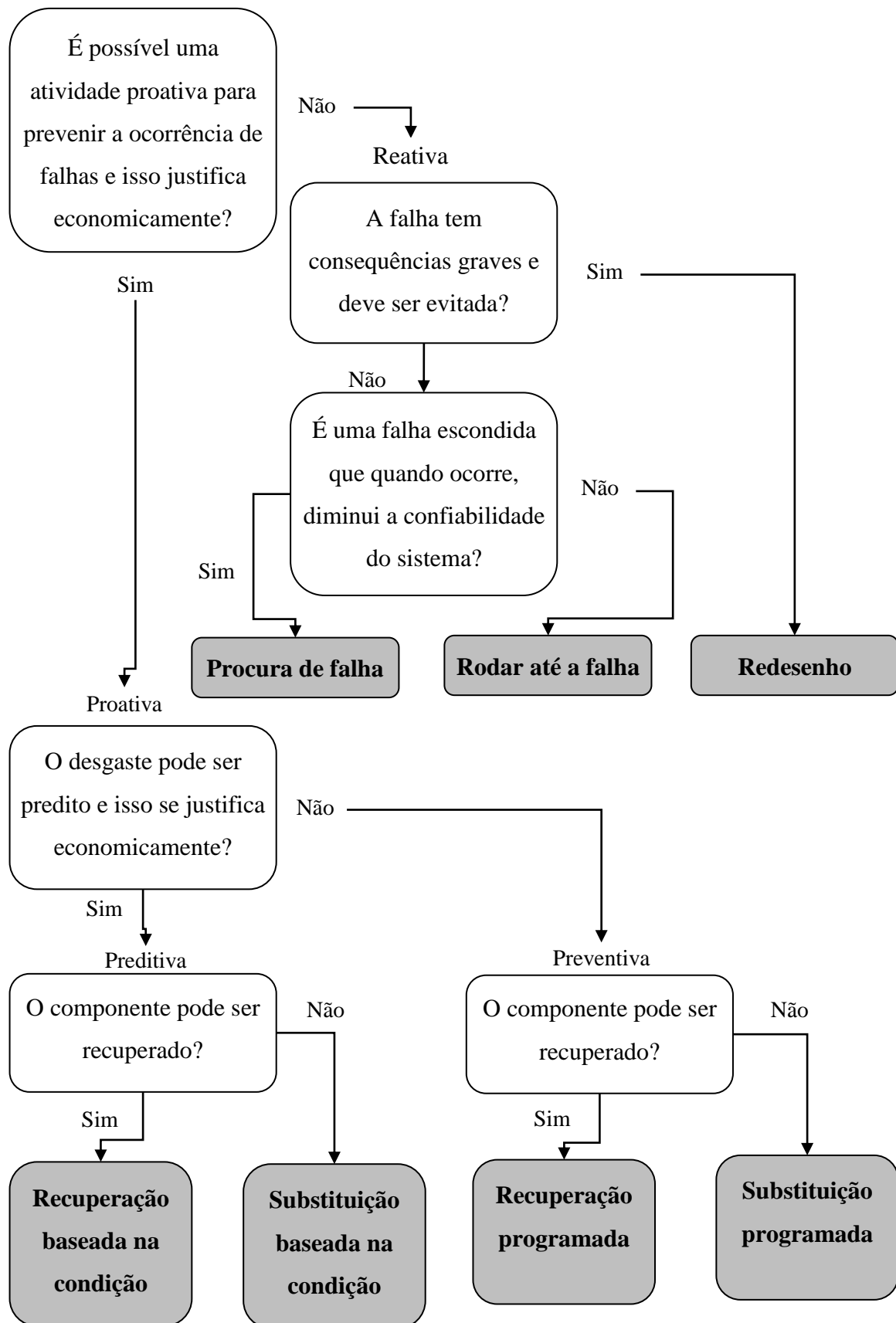


Figura 2: Diagrama de decisão referente ao tipo de manutenção recomendada  
 Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009, p.230)

## 2.4 Planos de Manutenção

Os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias, para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva. Portanto, representam o detalhamento da estratégia de manutenção assumida por uma empresa (VIANA, 2002).

Um bom plano de manutenção representa a coleção de todas as ações preventivas que devem ser tomadas para evitar as falhas e garantir o bom funcionamento dos equipamentos. Quanto melhor for o conhecimento das necessidades de manutenção preventiva dos equipamentos, melhor será o conteúdo do plano (XENOS, 2004).

Para harmonizar todos os processos que interagem na manutenção preventiva, é fundamental a existência de um plano de manutenção que contenha as seguintes informações:

- Que serviços serão realizados;
- Quando os serviços serão realizados;
- Quem são os responsáveis pela execução dos serviços (nome, cargo e função);
- Que recursos serão necessários para a execução dos serviços (peças, ferramentas, materiais, consumíveis, etc.);
- Quanto tempo será gasto em cada serviço;
- Qual será o custo de cada serviço, custo por unidade e o custo total;
- Que materiais serão aplicados;
- Que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessárias.

O primeiro passo para iniciar o projeto do plano de manutenção é a coleta de dados pela identificação dos elementos que compõem a instalação industrial ou de serviços, ou seja, todos os equipamentos que compõem a instalação deverão ser identificados e registrados através de formulários, pastas e arquivos, o que facilita o acesso às informações e agiliza as comparações e análises (TELLES, 2017).

Segundo Xenos (2004, p.179), uma das principais deficiências é falta de rigor no cumprimento do plano, pois as ações preventivas são adiadas ou ignoradas pelos operadores que alegam falta de tempo. O comprometimento da equipe com o gerenciamento do plano é de extrema importância para a ótima aplicação do mesmo. A meta-padrão deve ser o cumprimento do plano.

Outro ponto que o Xenos (2004) aborda, está no giro constante do ciclo de PDCA no plano de manutenção, pois segundo este autor, o giro constante sobre as ações preventivas garante a atualização dos intervalos e datas que estas ações devem ser realizadas. Desta forma as falhas que poderão surgir sem a revisão, serão cada vez maiores.

A figura 3 mostra um exemplo de como um plano de manutenção está inserido no ciclo PDCA.

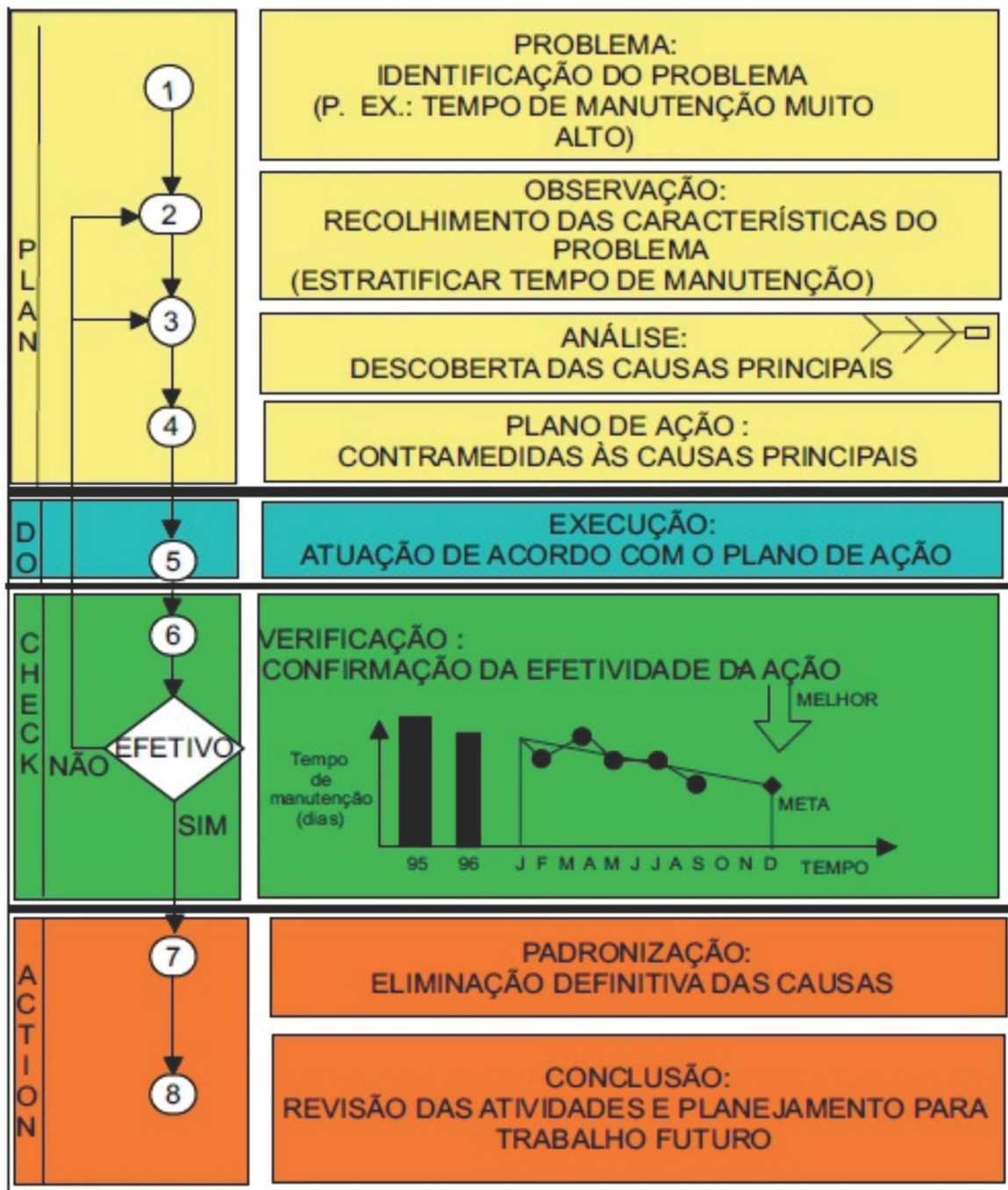


Figura 3: Manutenção no ciclo PDCA  
Fonte: blog.redeindustrial.com.br

Na figura 3, a oitava etapa deixa claro que a revisão é o ponto que garante o giro deste ciclo, evitando com que o processo de manutenção seja interrompido. Desta forma, o plano sempre estará atualizado de acordo com a realidade encontrada.

O treinamento e envolvimento de toda a equipe no cumprimento das atividades do plano e da padronização da manutenção é de fundamental importância e devem ser bem gerenciadas para o bom andamento do plano proposto (XENOS, 2004)

## **2.5 Padronização da Manutenção**

Segundo Xenos (2004, p.183) a padronização “é um meio para melhorar tanto a execução quanto o gerenciamento das atividades de manutenção”. É absolutamente importante para que a manutenção seja eficiente e eficaz.

Um procedimento de manutenção padronizado é uma lista detalhada de etapas que descreve como executar uma tarefa de manutenção e também é um padrão documentado para a tarefa que será executada.

Os benefícios da padronização correta da manutenção são bem significativos, pois protegerá a saúde e segurança dos funcionários, garantirá o nível de qualidade na manutenção, aperfeiçoará o tempo de execução de um serviço, cumprimento de normas e regulamentos e fornece uma base de investigação de acidentes (TELLES, 2017).

Com o objetivo de estabelecer métodos para identificar de forma qualitativa e quantitativa o grau de deterioração dos equipamentos, um padrão de inspeção deve ser utilizado para detalhar os itens a serem inspecionados e sua frequência (XENOS, 2003).

A elaboração de um padrão é de certa forma bem trabalhosa e deve ser produzida por especialistas na área. Porém, na figura 4, pode-se visualizar um exemplo de padrão de inspeção.

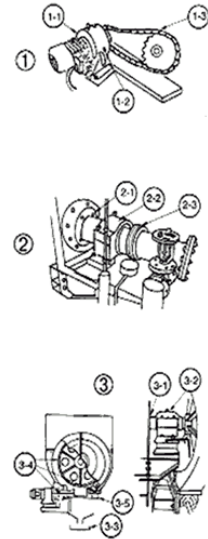
Logo Empresa	PADRÃO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (LIMPEZA, VERIFICAÇÃO E LUBRIFICAÇÃO)			Grupo:	Sprinter	Preparado:	25/08/2015						
	Localidade:	CCR	Equipamento:	Cristalizadore Nos. 1-4	Lider:	Hicks	Revisado:	10/12/2015					
				N Etiqueta:	MA-8810-40								
<b>VERIFICAÇÃO ATRAVÉS DA LIMPEZA</b>													
	Parte	Padrão	Método	Ferramenta	Ação se Normal	Tempo (min)	Intervalo			Resp.			
	<b>1 - Seção do Motor</b>	Sem sujeira ou derramamentos de óleo	Limpar	Pano, Pincel	--	10						José	
	1.1 - Transmissão	Sem vibração, barulho anormal, aquecimento excessivo	Ouvir, Tocar	Estetoscópio Mecânico	Informar Supervisor	1	X	X				José	
	1.2 - Afetador Nivel de óleo	Quantidade Especifica	Ver	--	Preencher para marcar	1		X				José	
	1.3 - Corrente e roda Dentada	Sem barulho anormal, adequadamente lubrificado	Ouvir, Ver	--	Lubrificar	1		X				José	
	<b>2 - Rolamentos de Popa</b>	Limpo	Ver	Pano, Pincel	--	10		X				José	
	2.1 - Glândula	Sem vazamentos	Ver	Chave de Boca 11	Apertar ou Repor	1		X				José	
	2.2 - Rolamentos	Sem aquecimento excessivo ou frouxidão	Tocar, ver	--	Lubrificar/Observar, apertar se necessário	1	X	X				José	
	2.3 - Caixa de Resf Água	Sem vazamentos	Ver	Chave de Boca 13	Apertar ou Repor	1		X				José	
	3 - Arredores do interior do eixo	Limpar	Limpar	Pano, Pincel	--	5		X	X			José	
	3.1 - Glândula	Sem vazamentos	Ver	Chave de Boca 13	Apertar ou Repor	1		X				José	
	3.2 - Rolamentos	Sem aquecimento excessivo ou frouxidão	Tocar, ver	--	Lubrificar/Observar, apertar se necessário	1	X	X				José	
	3.3 - Painela alojamento Glândula	Sem acúmulos	Ver	Raspadeira	Verificar Glândula	10				X		José	
3.4 - rolamento/roda sem fim	Sem barulho estranho, aquecimento excess ou deformação	Ouvir, tocar. Ver	--	Informar Supervisor	3				X		José		
<b>TEMPO REQUERIDO (min)</b>						46							
<b>LUBRIFICAÇÃO</b>													
Ponto de Lubrificação	Tipo de Lubrificnte	Qty Lubrif	Método	Ferramenta	Tempo (min)	Intervalo				Resp.			
1.1 - Redutor de Velocidade	Daphne Super CS #68	12 bombadas	Manual	Aplicador de óleo	10					X	Jair		
1.3 - Corrente	Daphne Super CS #68	4 bombadas	Manual	Aplicador de óleo	0,5		X				Jair		
2.2 - Rolamento de Popa	Graxa	50gr	Manual	Bomba manual p/ graxa	3		X				Jair		
3.2 - Rolamento Interno	Graxa	50gr	Manual	Bomba manual p/ graxa	10		X				Jair		
3.5 - Caixa sem fim	#220S	12 bombadas	Manual	Aplicador de óleo	10					X	Jair		
<b>TEMPO REQUERIDO (min)</b>						33,5							

Figura 4: Exemplo de padrão de manutenção

Fonte: citisystems.com.br

Esses padrões devem ser revisados com certa periodicidade, com objetivo de manter sua eficiência, além de ser necessário acompanhamento do supervisor para garantir que seja aplicado. O treinamento dos funcionários envolvidos no processo é de fundamental importância e a criação de um padrão que seja simples e de fácil compreensão garantem esse objetivo. (SUZUKI, 1994).

Visto os conceitos supracitados, é possível identificar que a manutenção é de fato de extrema importância no processo, independente da área trabalhada. Caso atenda aos principais pontos do projeto de forma eficaz, trará benefícios para a produção, como disponibilidade física, menores custos e segurança.

## 2.6 Caracterização da Bomba de Polpa (Slurry Pump)

As bombas de polpa se caracterizam por ser o meio de transporte de sólidos mais simples, econômico e rápido. Historicamente as bombas de polpa foram desenvolvidas para o uso em processos de processamento mineral, onde polpas de minério são bombeadas através

dos processos de concentração. Para Carvalho (1999), as Bombas de Polpa ou Slurry Pump são uma versão pesada e robusta de uma bomba centrífuga, capazes de atender a serviços difíceis e abrasivos, podendo fazer bombeamento de lama/argila, lodo e areia na faixa de tamanho de até 2mm. A figura 8 apresenta os componentes de uma bomba de polpa:

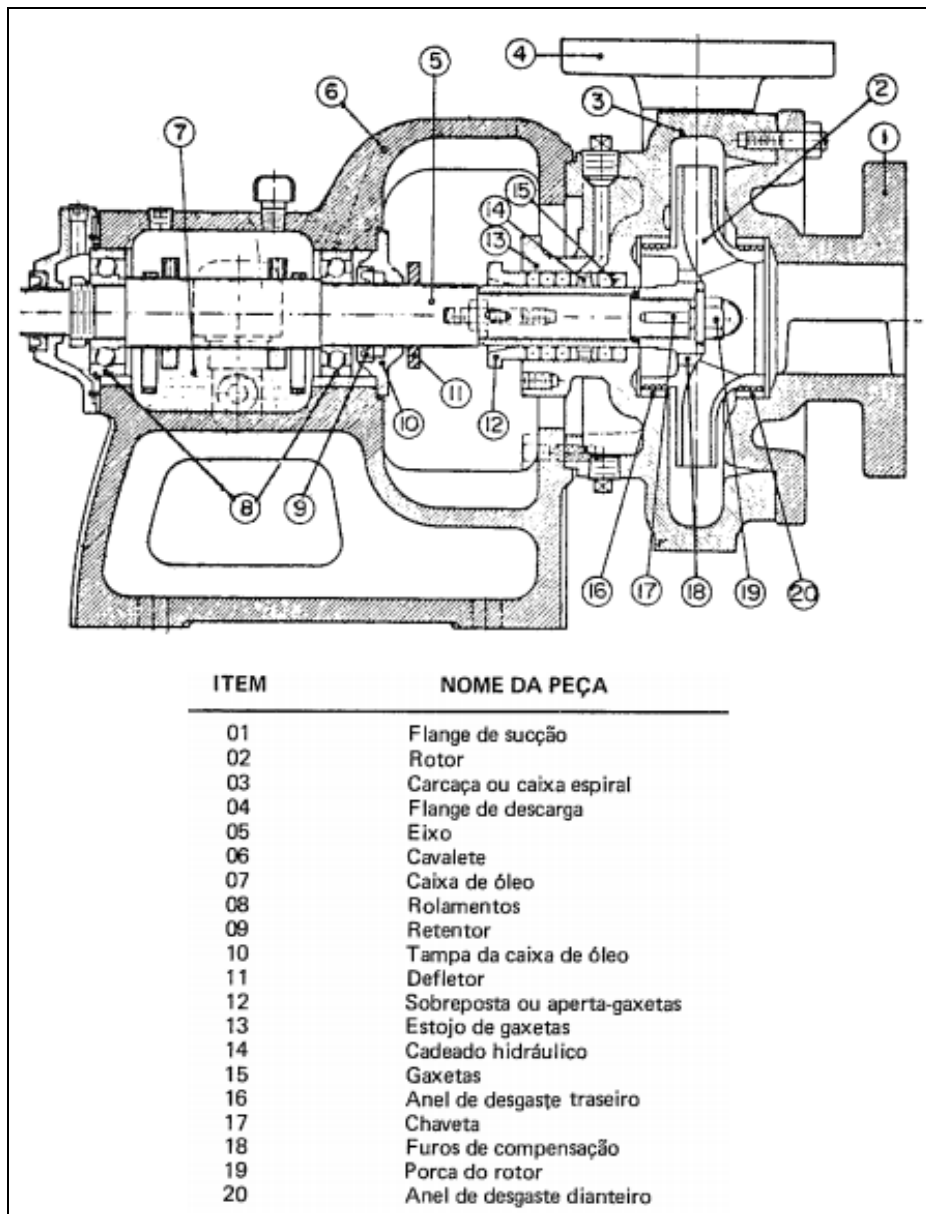


Figura 5: Componentes de uma bomba de polpa  
Fonte: Carvalho (1999).

Os elementos presentes na figura 8 podem sofrer algumas variações como por exemplo na forma do rotor podendo ser aberto ou fechado dependendo da espessura do material bombeado. Comparado à maioria dos equipamentos para processamento, a Bomba de

Polpa tem um projeto simples, descomplicado. A figura 9 evidencia por exemplo alguma dessas variações, neste caso, a variação do revestimento.

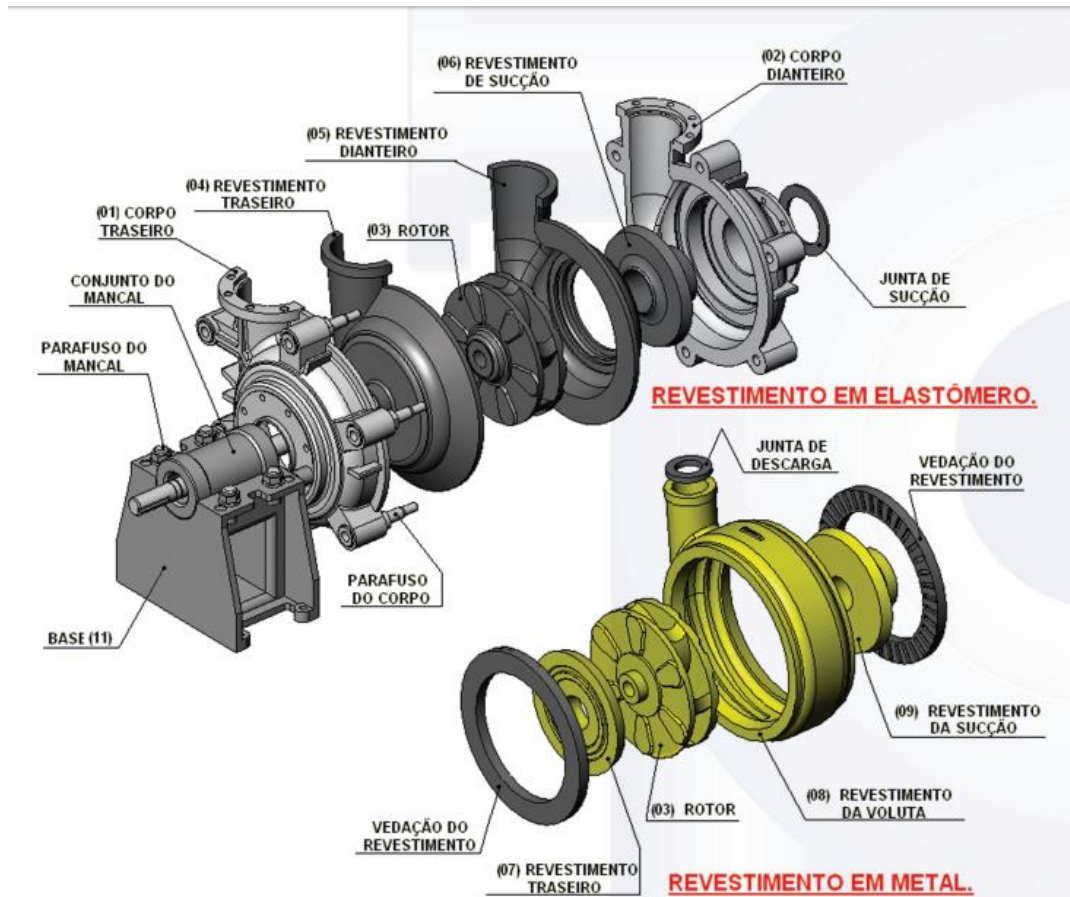


Figura 6: Componentes de uma bomba  
Fonte: Catálogo de bombas Reval

Apesar da simplicidade de seu desenho, há poucas máquinas na indústria pesada que trabalham sob condições tão severas. As Bombas de Polpa e seus sistemas são fundamentais para todos os processos úmidos, trabalhando a todo instante sob condições variáveis de vazão, teor de sólidos, etc., o desenho mecânico tem que ser muito confiável em todos os detalhes.

### 2.6.1 Rotor

O rotor e a carcaça das bombas são componentes chaves das bombas de polpa e sua função é bombear a polpa através da energia cinética que ela produz. Uma parte dessa energia é convertida em energia de pressão posteriormente antes de sair do rotor.

O rotor é composto por vanes ou pás que podem ser externas ou internas, podem ser semiabertos ou fechados.

O diâmetro de um rotor determina a altura manométrica produzida em qualquer velocidade e quanto maior o diâmetro do rotor, maior será a altura manométrica alcançada. Um rotor de grande diâmetro operando muito lentamente alcançaria a mesma altura manométrica quanto um rotor menor operando muito mais rapidamente.

Segundo manual da Metso (2012, p.21), para os serviços altamente abrasivos, utilizam-se rotores grandes que proporcionam longa vida útil e eficiência razoável. Portanto, mesmo que grandes rotores sejam mais caros e proporcionem eficiência um pouco menor, eles compensam mais (em termos de retorno financeiro) nos serviços altamente abrasivos. Para os serviços abrasivos, onde o desgaste não é a principal preocupação, rotores pequenos são mais econômicos, e proporcionam maior eficiência.

### **2.6.2 Carcaça**

Uma das funções da carcaça é captar a vazão proveniente de toda a circunferência do rotor, convertendo-o num padrão de vazão desejável e dirigindo-o para uma saída (ponto de descarga) da bomba. Outra função importante é a de reduzir a velocidade da vazão e converter sua energia cinética em energia de pressão.

Em relação a sua forma, pode ser em voluta, semi-voluta e concêntrica. A forma voluta proporciona maior eficiência em conversão de energia comparado com a forma concêntrica e, por volta do ponto de trabalho ideal de vazão/altura manométrica, ela ocasiona cargas radiais muito baixas no rotor (METSO, 2012).

As carcaças ainda podem ser inteiriças ou bipartidas. No caso da maioria das bombas de metal duro, a voluta normalmente é constituída de uma única peça maciça. Este desenho é o mais custo-eficiente em termos de fabricação e não há exigências de ordem prática para se dividir a voluta em duas metades. Algumas bombas revestidas de borracha também utilizam uma voluta inteiriça, especialmente nos tamanhos menores em que é mais prático e econômico utilizar uma voluta sólida. Já bipartida acrescenta custo à bomba e, por isso, só é feito quando necessário. A bipartição facilita a substituição de peças, particularmente no caso de bombas revestidas de borracha maiores.



### **2.6.3 Gaxetas**

Segundo a Centro de Informação Metal Mecânica – CIMM (2010), o engaxetamento é um dos principais métodos de vedação entre duas peças unidas uma na outra, e também a forma mais antiga de vedar um eixo rotativo ou alternativo. Basicamente, consiste da compressão de um material resistente, macio e lubrificante dentro do espaço formado pelo eixo e a caixa de vedação do equipamento.

Para Doorman (1970), a função de uma gaxeta em uma bomba centrífuga não é de selar e evitar a saída do fluido em operação. Seu objetivo prático é permitir a saída, restringindo-a e colocando-a dentro dos limites aceitáveis ao processo. Com isso, o calor gerado pela alta rotação do eixo nas bombas centrífugas consegue ser dissipado pelo fluxo controlado de material. Se a gaxeta se tornar seca e sem lubrificação esse calor, endurecerá e danificará o eixo ou a luva eixo. O aperto demasiado das gaxetas provoca aumento de atrito com a luva ou eixo, podendo ocasionar maior desgaste e aquecimento. A presença de elementos abrasivos nas gaxetas, geralmente provenientes do fluido a ser bombeado, formam um elemento de desgaste para o eixo semelhante ao polimento.

Como a abrasão é provocada por partículas rígidas, e a polpa é um elemento abrasivo, é importante o emprego de materiais de maior dureza nesses componentes mecânicos. Neste sentido, os revestimentos duros de carbonetos de tungstênio têm se mostrado como uma eficiente alternativa no combate do desgaste das luvas e dos eixos do sistema de bombeamento.

### **2.6.4 Luva-Eixo**

Segundo Doorman (1970), o material da luva eixo deve ser compatível com o líquido bombeado e deve ser mais duro que as gaxetas. Somente a dureza não é suficiente para a determinação do material, se por exemplo uma luva for feita em cerâmica maciça será extremamente dura, porém com os choques térmicos ela irá quebrar facilmente.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente buscou-se um embasamento teórico envolvendo os métodos de manutenção, planos e padronização da manutenção, além do gerenciamento da manutenção para a aplicação no ramo da mineração, com foco na manutenção ideal de uma bomba de polpa, responsável pelo processamento do rejeito, devido a criticidade desta bomba no cenário analisado.

Quanto à abordagem, esta pesquisa é qualitativa, pois ela trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes (MINAYO, 2009). Portanto, a pesquisa não possui representatividade numérica, pois se preocupa em compreender e explicar a manutenção das bombas de polpa e propor um plano de manutenção para este equipamento.

No que diz respeito ao objetivo da pesquisa, pode-se identifica-la como exploratória, pois segundo Gil (2002), tem como finalidade explicitar e proporcionar maior familiaridade com o problema. Sendo assim, podemos classifica-la desta forma, pois envolve levantamento bibliográfico e tem como objetivo procurar padrões, ideias ou hipóteses sobre a manutenção nesse ramo.

Em relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser definida como bibliográfica, isso porque, segundo Gil (2008), ela é desenvolvida com base em material já elaborado, constituídos de livros e documentos de manutenção.

#### **3.2 Materiais e Métodos**

Para o presente trabalho se fez necessário um estudo sobre as condições encontradas no ambiente da empresa e das bombas analisadas. Para isso, determinou-se etapas a serem seguidas para a elaboração do plano de manutenção. A figura 5 mostra as etapas determinadas pelo autor.

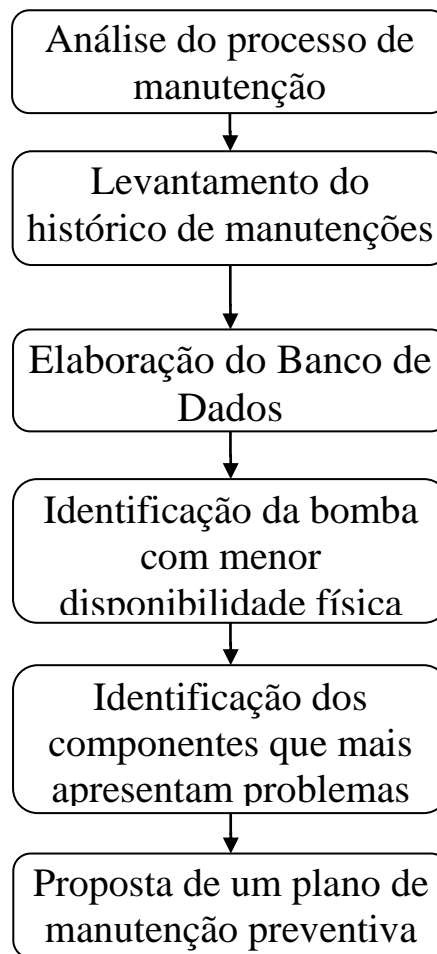


Figura 7: Etapas da metodologia proposta  
Fonte: Elaborado pelo autor

A análise do processo de manutenção iniciou-se na observação sobre os métodos de manutenção utilizados na empresa e a rotina dos colaboradores, desde a entrada de certa bomba para manutenção, passando por preenchimento de fichas de manutenção e outros procedimentos, até a liberação deste equipamento. Observou-se então que o método predominante era o de manutenção corretiva não-planejada, que o processo não possuía um padrão de manutenção, banco de dados deficiente e não estruturado, congestionamento de ordens de serviços e ausência de codificação dos equipamentos, além de outros problemas.

Seguindo a metodologia proposta, diante das observações, fez-se um levantamento das manutenções já realizadas através de fichas de manutenção já presentes no processo, sendo possível desta forma, criar um banco de dados com informações importantes sobre as bombas. Com esse histórico de manutenção foi possível identificar as bombas que apresentavam problemas com maior frequência, tendo uma disponibilidade física muito abaixo do esperado. Além disso, o banco de dados criado, permitiu analisar quais componentes dessas bombas apresentavam problemas mais recorrentes.

Desta forma, com essas etapas elaboradas e concluídas, foi possível propor um plano de manutenção preventiva, com fácil aplicabilidade.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Para entender de forma clara o problema abordado, é necessário estudar as variáveis e indicadores. Segundo Cervo (1996, p.209) variáveis são aqueles aspectos, propriedades ou fatores reais ou potencialmente medidos através dos valores que assumem e discriminam um objeto de estudo, portanto a variável está sujeita a alterações de valor dado a uma quantidade, qualidade, característica, que pode assumir qualquer valor para cada caso particular.

De acordo com Santos (2004) assegura que a despeito de existirem diversas definições do conceito de indicadores, desde as mais simples até as mais sofisticadas, o relevante é que ele seja um instrumento que permita a percepção de dado fenômeno ou de uma condição de modo simplificado, compreensível e comparável.

A tabela 2 mostra as variáveis e os indicadores selecionados na presente pesquisa, os quais facilitam e auxiliam o desenvolvimento do estudo sobre os métodos de manutenção mais indicados neste ramo.

Tabela 2: Variáveis e Indicadores

<b>Variáveis</b>	<b>Indicadores</b>
Plano de Manutenção	Cadastro dos equipamentos
	Ordem de Serviços
	Banco de Dados
	Padrões de Manutenção
Gestão da Manutenção	Integração dos departamentos
	PCM

Fonte: Pesquisa direta (2018)

### 3.4 Instrumentos de Coleta de Dados

Esta etapa consiste em determinar as ferramentas utilizadas para a coleta de dados em cima do tema proposto para a pesquisa.

A observação como instrumento de coleta de dados utiliza os sentidos para a obtenção de determinados aspectos da realidade. Consiste de ver, ouvir e examinar fatos e fenômenos (MARCONI *et al*, 1999).

Este método pode ser classificado, segundo Minayo (2004), como:

- Participante: participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo
- Não participante: o observador toma contato com a comunidade ou realidade estudada, porém não se integra a ela.

Além disso, pode-se classificá-la quanto a forma:

- Sistemática: baseada em critérios científicos, planejada, controlada.
- Não Sistemática: observação diária sem critérios científicos.
- Estruturada: sistema diferenciado de categorias, alto grau de confiabilidade.
- Não Estruturada: categorias gerais e abertas; liberdade de observação.

Como o trabalho tem natureza bibliográfica, qualitativa e exploratória, utilizou-se a observação participante, de forma não sistemática e não estruturada, através de manuais, livros, artigos, e experiência de profissionais do ramo.

### 3.5 Tabulação de Dados

Os dados serão tabelados nos softwares *Microsoft Excel*, onde foi possível a construção de gráficos e tabelas, e no *Microsoft Word*, onde será possível processar e relatar os dados através de textos.

### 3.6 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram mostradas as classificações quanto ao tipo de pesquisa, apresentando também as ferramentas e técnicas utilizadas para realizar a análise da

manutenção da bomba de polpa 5ES CTE. Outro ponto abordado foram os materiais e métodos utilizados para a realização deste trabalho.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados obtidos na análise e detalhamento do plano de manutenção da bomba em questão, utilizando as bibliografias, tabelas e metodologia proposta. Evidenciando se possível o melhor planejamento da manutenção para este equipamento

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como foi definido na seção 1.3.1, o trabalho tem como objetivo propor um plano de manutenção preventiva para uma bomba de polpa de rejeito de minério em uma empresa. A seguir, será apresentado o funcionamento de uma bomba e etapas para a proposta do plano

### 4.1 Características do setor e da empresa estudada.

O ramo de atuação da empresa, onde estudou-se o caso, é o da mineração. O principal produto obtido por esta empresa é o óxido de alumínio, ou alumina ( $Al_2O_3$ ), proveniente do processamento da bauxita, matéria prima abundante no país. O Brasil ocupa a terceira posição dos países que mais produzem alumina e o quarto na produção de bauxita, segundo a Associação Brasileira de Alumínio – ABAL (2016). A figura 6 ilustra a localização das minas de bauxita e refinarias de alumina no país.



Figura 8: Localização das minas de bauxita e refinarias de alumina no país.  
Fonte: Associação Brasileira de Alumínio – ABAL (2017)

As etapas do processamento da bauxita, pode ser analisada no fluxograma a seguir.

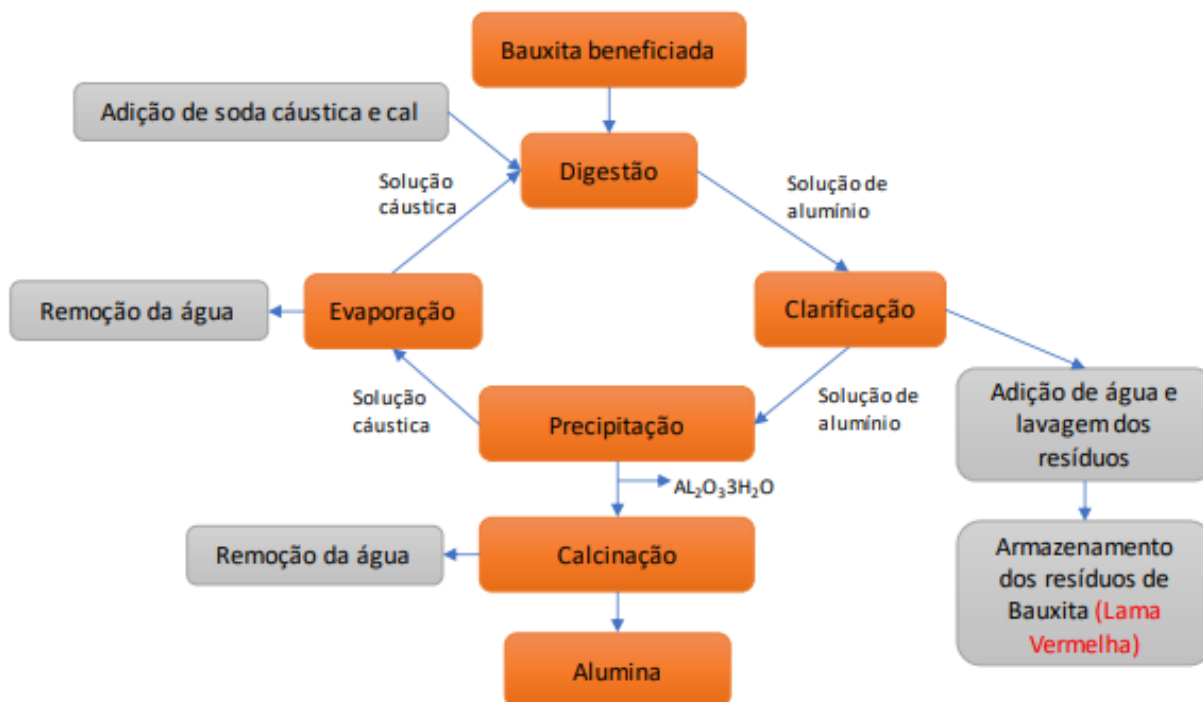


Figura 9: Processo para obtenção da alumina  
Fonte: Palomino, Carla (2017)

A figura 7 ilustra o processo mais comum para o processamento da Bauxita e o rejeito gerado no processo passa por diversas etapas para posteriormente ser encaminhado, através de tubulações e bombas, para uma barragem ou diques. Esse rejeito ou lama vermelha tem granulometria de aproximadamente 0.6mm ou 60 micras, o que segundo catálogo da Metso (2012), pode-se classificar como areia fina. A empresa em questão apresenta dez bombas de polpa para encaminhar esse rejeito para a barragem próxima.

## 4.2 Diagnóstico do Equipamento Estudado

Para a realização deste trabalho, realizou-se a observação do processo, dados de manutenção e de informações sobre a empresa em que eram realizadas manutenções corretivas em diversos equipamentos, como bombas, redutores de engrenagem, válvulas entre outros menos frequentes. As figuras 10 e 11 mostram bombas de polpa em manutenção na empresa.





Figura 10: Manutenção de uma bomba  
Fonte: Pesquisa direta (2018)



Figura 11: Bomba para manutenção  
Fonte: Pesquisa direta (2018)

Durante um período de 3 meses, foi realizado o controle das atividades da oficina com o intuito de verificar a variação das atividades mensais do contrato com a empresa em questão. Desta forma, analisou-se a necessidade de um possível plano de manutenção preventiva para reduzir os números de paradas não programadas. Para isso utilizou-se a metodologia proposta e ilustrada no tópico 3.2 deste trabalho.

#### 4.2.1 Obtenção dos Dados

Para que fosse possível o levantamento de entrada de bombas na oficina de manutenção, foi preciso tabular as datas de manutenção das mesmas a fim de quantificar quais mais tinham registros de manutenção na oficina. A tabela 3 mostra algumas bombas registradas e é possível verificar a inexistência da numeração de algumas, evidenciando inicialmente um problema de codificação das bombas.

Tabela 3: Histórico de Manutenção de Bombas

<b>Histórico de Manutenção de Bombas</b>			
	<b>Modelo</b>	<b>Número</b>	<b>Data de Manutenção</b>
1	AFRON		06/01/2017
2	5ECTE	3036	18/01/2017
3	3BCTE	3041	24/01/2017
4	MULTICLONE		01/02/2017
5	5ECTE	3025	06/02/2017
6	5ESCTE	3002	07/02/2017
7	5ESCTE	3004	07/02/2017
8	5BCBE	3049	08/02/2017
9	5ESCTE	3011	09/02/2017
10	CPK		09/02/2017
11	4DCBE	255	15/02/2017
12	4DCBE	3055	15/02/2017
13	4JCTE	22	20/02/2017
14	5ESCTE	3012	20/02/2017
15	3BCTE	3042	22/02/2017
16	6BCBE	3053	23/02/2017
17	5ESCTE	3010	01/03/2017
18	8BCBE	3048	02/03/2017
19	5BCBE	3049	07/03/2017
20	5ESCTE	3006	08/03/2017
21	AFRON		08/03/2017
22	3BCTE	3059	09/03/2017
23	5BCBE	3058	09/03/2017
24	3BCTE	3060	13/03/2017
25	4DCBE	773	16/03/2017
26	CPK 200/500		20/03/2017
27	CPK 200/500		31/03/2017
28	CPK 200/500		08/04/2017
29	3BCTE	3062	11/04/2017
30	5BCBE	3051	12/04/2017

31	5ECTE	3051	12/04/2017
32	5ESCTE	3009	20/04/2017
33	CPK 200/500	3062	24/04/2017
34	5ESCTE	3005	25/04/2017
35	5ESCTE	3011	26/04/2017
36	3BCTE	168	02/05/2017
37	5ESCTE	3054	03/05/2017
38	3BCTE	3059	05/05/2017
39	5ESCTE	157	05/05/2017
40	5ECTE	3065	08/05/2017
41	5ESCTE	3007	09/05/2017
42	CPK 200/500		11/05/2017
43	5ECTE	3058	17/05/2017
44	5ESCTE	3054	26/05/2017
45	5ESCTE	3005	26/05/2017
46	HAZLETON		07/06/2017
47	100/27	3065	12/06/2017
48	4BCTE	790	23/06/2017
49	WILLHAM MULTICICLONE		29/06/2017
50	WIAR HERO		01/08/2017
51	AFRON		02/08/2017
52	32X20	300	04/08/2017
53	GOLDS	300	08/08/2017
54	WIAR HERO		08/08/2017
55	KW	741	

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

A partir do levantamento de dados do histórico de manutenção e do conhecimento do processo produtivo, foi admissível quantificar as bombas que tinham manutenção mais recorrente. Fica perceptível que o modelo 5ESCTE, o mais solicitado no processo de produção, por ser responsável pelo bombeamento do rejeito, é o modelo de bomba de manutenção mais recorrente.

#### 4.2.2 Identificação do Problema

Com a digitalização das fichas de manutenção e tabulação de datas e equipamentos mais frequentes na fila de manutenção, foi possível identificar que a bomba de polpa 5ESCTE era a que apresentava maior frequência, além disso qual bomba de acordo com sua numeração apresentava problemas.

Tabela 4: Número de manutenções realizadas na Bomba 5ESCTE

Nº BOMBA	Nº MAN
3010	9
3005	11
3090	5
3001	7
3007	10
3002	4
3011	4
3003	9
3008	8
3004	8
3054	11
3006	5
3073	1
3009	6
13525	1
157	5
3012	1
<b>Total</b>	<b>105</b>

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Observando a tabela 4 acima, identificou-se que diversas bombas apresentavam altos números de reincidência, porém para o estudo desse trabalho, optou-se por focar os estudos na bomba 3005, devido a sua criticidade para o processo, pois se 4 de 10 bombas pararem, o bombeamento do rejeito deve ser interrompido.

Ainda segundo o banco de dados, os problemas mais recorrentes estavam com o desgaste da luva-eixo e camisa de sucção, trincas na carcaça e retentores, além de corrosão e desgastes nas placas posterior e anterior.

Na tabela 5 a seguir, é possível constatar a quantidade de vezes que certo componente da bomba foi substituído, recuperado ou reutilizado com base na sua condição. Observou-se 105 casos em que este tipo de bomba, e que desempenha a mesma função, teve uma parada não-programada para a realização de manutenção corretiva.

Tabela 5: Relação dos problemas mais frequentes na bomba 5ESCTE/ n°3005

			NOVA	RECUPERADA	MESMA
	C1	CARCAÇA	🚨	30	28
C2	LUXA EIXO	🚫	76	1	27
C3	PLACA ANTERIOR	🚨	41	11	52
C4	PLACA POSTERIOR	🚨	31	14	59
C5	ROTOR	✅	14		91
C6	CAMISA SUÇÃO	🚨	35	4	66
C7	EIXO	✅	6	1	98
C8	FLANGE POSTERIOR	✅	1	2	102
C9	FLANGE ANTERIOR	✅	10	19	76
C10	CAIXA DE GAXETA			2	103
C11	PORCA ROTOR	✅	4	3	98
C12	RETENTOR	🚨	38		67
C13	ROLAMENTO RADIAL N°7416	✅	17		88
C14	ROLAMENTO AXIAL N°5416	✅	14		91
C15	ANEL CARCAÇA		-	-	-
C16	BUCHA AJUSTE	✅	1		104

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Através de um diagrama de Pareto, figura 12, é possível melhor visualização e estudo sobre os dados obtidos.

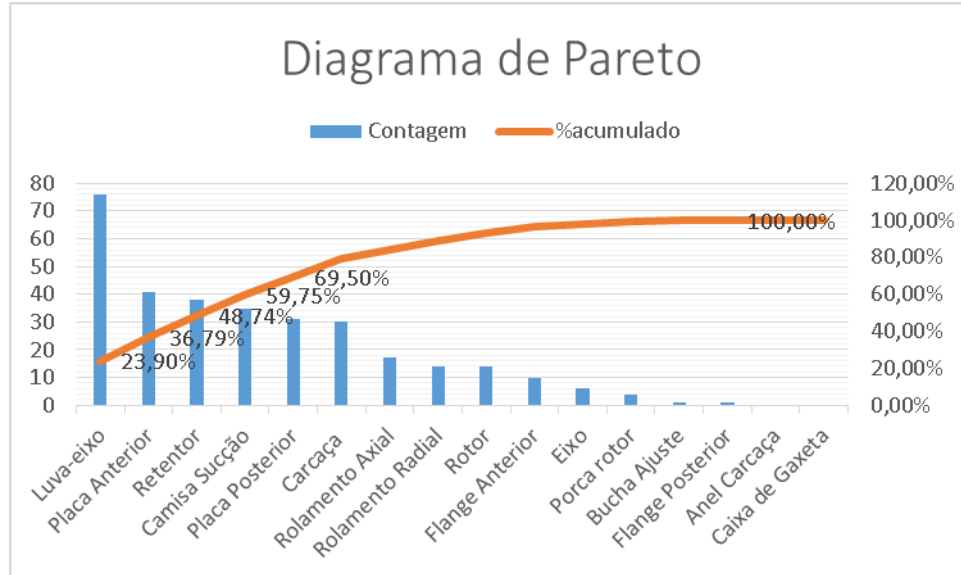


Figura 12: Diagrama de Pareto

Fonte: Elaborado pelo autor

É possível identificar na figura 12 que o maior problema está na luva-eixo da bomba, isso se deve ao fato de a mesma trabalhar em condições de desgaste severos, devido a composição do rejeito bombeado. Seguindo uma ordem decrescente do maior para o menor

problema detectado, encontra-se: placa Anterior, retentor, camisa de sucção, placas posteriores e carcaça.

Na tabela 6 abaixo observa-se a matriz de criticidade, onde 5 representa o componente mais crítico e 1, menos crítico.

Tabela 6 - Matriz de Criticidade dos Componentes da Bomba

Matriz de Criticidade dos Componentes da Bomba					
Criticidade	5	4	3	2	1
Anel Carcaça					●
Bucha Ajuste					●
Caixa de Gaxeta					●
Camisa de sucção		●			
Carcaça		●			
Eixo				●	
Flange Anterior			●		
Flange Posterior					●
Luva Eixo	●				
Placa Anterior		●			
Placa Posterior		●			
Porca Rotor					●
Retentor	●				
Rolamento Axial			●		
Rolamento Radial				●	
Rotor				●	

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, é possível propor um plano de manutenção levando também em consideração a criticidade dos componentes, dando ênfase a esses componentes na periodicidade de manutenção.

O tempo médio de reparo realizado nas bombas também apresenta uma variação, isso pode ser explicado pela ordem de manutenção das bombas, além de que em alguns casos para a realização das manutenções se fez necessário fabricar novas peças no centro de usinagem presente na empresa. Além disso, esta variação no tempo médio para reparo evidencia a falta de padronização na execução dos serviços de manutenção. A tabela 6 abaixo mostra o tempo gasto para as manutenções dessa bomba.

Tabela 7: Tempo gasto e tempo médio das manutenções realizadas na bomba 5ESCTE/ n°3005

<b>BOMBA Nº 3005</b>			
DATAS RECUPERAÇÃO	DATAS RECEBIMENTO:	STATUS	TEMPO MANUTENÇÃO(DIAS)
20/04/2018	18/04/2018		2
04/04/2018	30/03/2018		5
09/09/2017	01/09/2017		8
10/01/2018	08/01/2018		2
12/01/2018	10/01/2018		2
21/02/2018	-	SEM DATA	INDETERMINADO
25/09/2017	04/09/2017		21
10/08/2017	08/08/2017		2
27/06/2017	-	SEM DATA	INDETERMINADO
26/05/2017	26/05/2017		0
26/04/2017	25/04/2017		1
<b>MÉDIA</b>			<b>4,77777778</b>

Fonte: Pesquisa direta (2018)

### 4.3 Proposta de Elaboração de Plano de Manutenção Preventiva

#### 4.3.1 Codificação e Tagueamento dos Equipamentos

A primeira etapa para a realização da proposta de um plano de manutenção preventiva nas bombas de polpa é realizar a codificação dos equipamentos, ou seja, identificar os equipamentos. Quando esta identificação é realizada de forma correta, o planejamento e programação da manutenção ficam mais fluidas e fáceis de serem executadas, pois é possível extrair informações da tag analisada, como número de paradas, disponibilidade física, custos, entre outros (VIANA, 2002). A codificação nada mais é do que uma placa de identificação para facilitar o processo de manutenção correto.

Na figura 14, pode-se ver que foi realizada a codificação da bomba, porém, através de uma solda na carcaça da bomba.



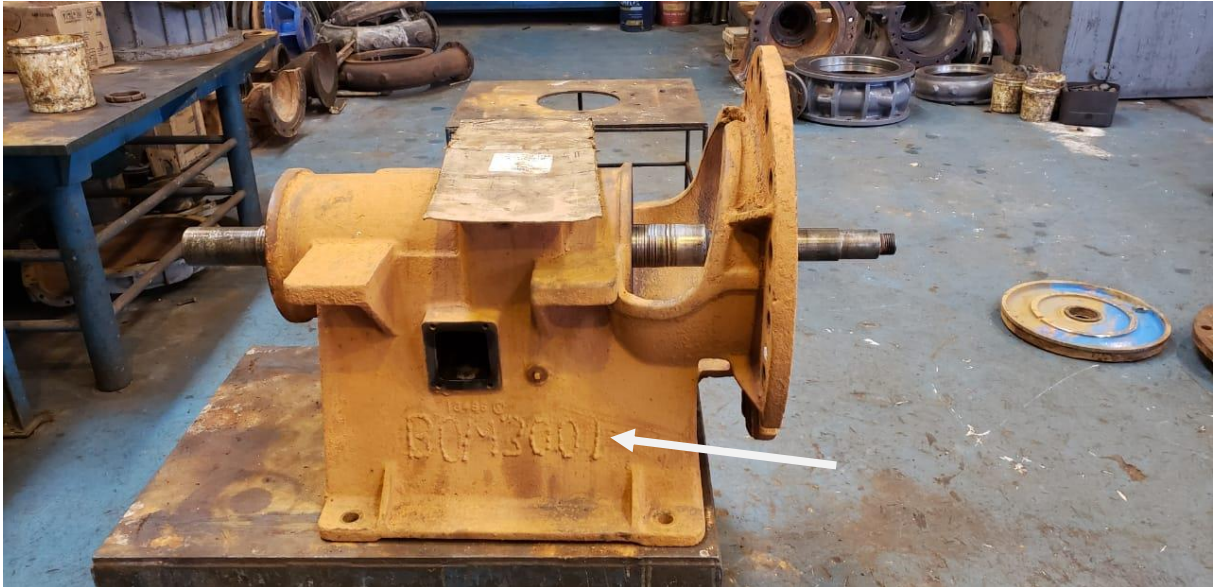


Figura 13: Codificação por solda  
Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Esta forma de identificação pode trazer dificuldades de visualização, acarretando em uma perda de tempo para o operador ou responsável pela manutenção identifica-la. Como forma de padronizar o processo, é proposto a confecção de placas de identificação com material resistente a área de atuação e compatível com o material da bomba, como visto na figura 15.

Identificação da empresa	
TIPO	5ES CTE
SÉRIE	BOM-3001
VAZÃO	M <sup>3</sup> /h
RPM	
ROTOR	∅
MCA	
Área do Equipamento	

Figura 14: Exemplo de codificação padronizada  
Fonte: Adaptado de Fran Metal

Desta forma, como visto na figura 15, a identificação da bomba é clara, simples e possuem diversas informações que agilizará o processo. O material dessa placa deve ser compatível com o material da bomba, afim de evitar problemas com corrosão galvânica.



### 4.3.2 Ordens de Manutenção e Fichas de Manutenção

Com a codificação dos equipamentos implementada, as ordens de manutenção é o próximo passo a ser analisado. Esta ferramenta deve ser muito bem elaborada para que seja facilmente compreendida pelo responsável técnico e que tenha o máximo de informações relevantes, como o de registrar o tempo de serviço. Assim será possível obter um banco de dados e histórico organizado que permitirá uma análise precisa, identificando a frequência de possíveis falhas e direcionando esforços para o estudo de falha posterior.

As tarefas a serem realizadas, além dos problemas encontrados pela equipe de manutenção e técnicos, são registrados posteriormente através das fichas de manutenção, pastas e arquivos, facilitando o acesso às informações. A partir do levantamento de dados do histórico de manutenção e do conhecimento do processo, é possível quantificar as bombas que possuem manutenção mais recorrente, quais as peças mais afetadas e substituídas, recuperadas e mantidas durante a manutenção.

Com esses dados registrados em softwares, é possível analisar quais peças podem ser estocadas de modo otimizado e quais peças não tem necessidade de um volume de estoque. Ainda é possível mensurar quais peças demandam maior tempo de manutenção por exigirem recuperação. Também é possível analisar a quantidade de vezes que o equipamento vai para manutenção, ou seja, é possível obter indicadores importantes do processo como, TMPF, MTBF e MTTR, o que garante dados importantes para um estudo de melhoria.

A figura 16 mostra um exemplo de uma ficha de manutenção de uma bomba com informações importantes, de fácil compreensão para o responsável pela atividade de manutenção.

## Ficha de Manutenção Nº 2017/066

RESPONSÁVEL PELA ATIVIDADE:					
MODELO	5ESCTE	NÚMERO BOMBA	3005		
MARCA	Barret	TAMANHO	5x6		
DATA RECEBIMENTO	25/09/17	DATA RECUPERAÇÃO	04/10/2017		
DATA DA INSTALAÇÃO		ÁREA		POSIÇÃO	

CLASSIFICAÇÃO	Nº	DESCRIÇÃO	CONDIÇÃO DURANTE MONTAGEM				OBS.:
			NOVA	RECUPERADA	MESMA	OBS:	
EIXO	A1	Superfície do rolamento radial	OK				
	A2	Superfície do rolamento axial	OK				
	A3	Superfície do rotor	OK				
	A4	Superfície do acoplamento	OK				
	A5	Superfície da luva eixo	OK				
	A6	Ponta de rosca	OK				
	A7	Chavetas	OK				
CAVALETE	B1	Superfície do rolamento radial	OK				
	B2	Superfície do rolamento axial	OK				
	B3	Flange da carcaça	OK				
CONJUNTO GERAL	C1	CARCAÇA		X			
	C2	LUVA EIXO	x				
	C3	PLACA ANTERIOR			X		
	C4	PLACA POSTERIOR		X			
	C5	ROTOR Φ=			X		
	C6	CAMISA SUCCÃO			X		
	C7	EIXO			X		
	C8	FLANGE POSTERIOR			X		
	C9	FLANGE ANTERIOR			X		
	C10	CAIXA DE GAXETA			X		
	C11	PORCA ROTOR			X		
	C12	RETENTOR			X		
	C13	ROLAMENTO RADIAL Nº	7416		X		
	C14	ROLAMENTO AXIAL Nº	5416		X		
	C15	ANEL CARCAÇA		-	-	-	
	C16	BUCHA AJUSTE			X		
	C17	CADEADO		X			

Figura 15: Exemplo digitalizado de uma ficha de manutenção  
Fonte: Pesquisa direta (2018)

### **4.3.3 Banco de Dados**

O preenchimento correto das fichas de manutenção e ordens de serviços podem ser digitalizadas com um programa simples de tabulação de dados. Atualmente existem diversos softwares gratuitos e pagos que facilitam essa inserção de dados, fornecendo histórico de entrada dos equipamentos e todas as importantes informações do processo realizado.

Esses *softwares* permitem uma visualização mais clara do problema, permitindo criar um cronograma de atividades e um plano de manutenção bem elaborado.

### **4.3.4 Plano de Manutenção Preventiva**

Com o intuito de melhorar um processo de manutenção de bombas de rejeito de minério, elaborou-se uma proposta do plano de manutenção preventiva com base nos bancos de dados, pesquisa, manuais e técnicos responsáveis. Este plano para o melhor aproveitamento posterior, deve ser revisado mensalmente, pois não foi possível abordar todos os pontos da manutenção de bombas de rejeito de minério. A figura 17 ilustra o plano de manutenção completo.



O plano visto será detalhado nesta etapa com o intuito de melhor visualização e entendimento. A figura 18 a seguir mostra os indicadores número 1 e 2 presentes na figura 16.

<h2>Plano de Manutenção Preventiva</h2>		<b>1</b>
<b>2</b>	Equipamento : Bomba 5ESCTE	Operador →

Figura 17: Detalhe 1 e 2 da figura 16  
Fonte: Elaborado pelo autor

O indicador número 1 ilustra o título do plano de manutenção, já o indicador número 2 ilustra o grupo de máquina, com o objetivo de informar o equipamento a que se aplica o plano.

A figura 19 mostra outro recorte do plano da figura 16. Com a presença dos indicadores 3 e 4.

TAREFAS <b>4</b>	Frequência <b>3</b>		
	Diária	Semanal	Mensal
<b>INSPEÇÃO VISUAL</b>			
Verificar fundação onde a bomba se encontra Obs: Fundação deve estar intacta e sem sinais de desgaste devido as cargas da bomba e do motor .			●
Verificar alinhamento da bomba Obs: Realizar medições para verificar o alinhamento da bomba com tubulação e motor		●	
Verificação da vedação do eixo Obs: Analisar visualmente possíveis vazamentos.		●	
Verificar integridade de parafusos, porcas e conexões Obs:	●		
Verificar presença de corrosão Obs:	●		
Verificar integridade superficial da carcaça Obs: Observar trincas , rebarbas, ou quaisquer outros danos que a carcaça possa apresentar fora do comum.	●		
<b>INTERVENÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	<b>Diária</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensal</b>
Lubrificação dos rolamentos radiais e axiais Obs: Lubrificar utilizando fluidos pré-determinados			●
Substituir luva-eixo Obs:			●
Verificar placas posteriores e anteriores Obs: Verificar a condição das placas			●
Verificar condição e balanceamento do rotor Obs: Realizar medições necessárias			●
Substituir rolamentos radiais e axiais Obs:			●

Figura 18: Detalhe 3 e 4 da figura 16  
Fonte: Elaborado pelo autor

O indicador número 3 presentes na figura 19, representa a frequência ou periodicidade que as tarefas deverão ser realizadas. Ela tem relação direta com o histórico e banco de dados obtido anteriormente. Desta forma, recebe tal frequência de acordo com a ocorrência de falhas anteriormente com a intenção de prevê-las e evita-las. Neste caso, optou-se por separá-las por diárias, semanais e mensais.

Já o indicador número 4, representa as tarefas a serem realizadas pelos operadores. As tarefas foram divididas em tarefas de inspeção, mais simples e intervenção, mais complexas, necessitando que a máquina seja retirada do processo. Além disso, embaixo de cada tarefa, existe o detalhamento do que o operador deve observar na tarefa. Esta informação deve ser clara e objetiva, afim de tornar o processo intuitivo e rápido.

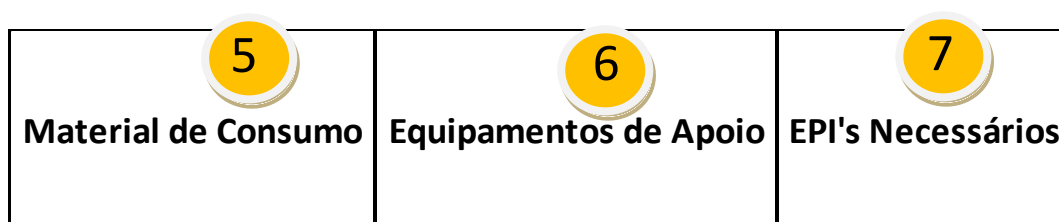


Figura 19: Detalhe 5, 6 e 7 da figura 16  
Fonte: Elaborado pelo autor

O indicador número 5 ilustra os itens de estoque necessários para a realização da tarefa. O indicador número 6, os equipamentos e máquinas auxiliares ao serviço de manutenção, como por exemplo, guindastes, máquinas de solda, equipamento de medição. E o indicador número 7, os equipamentos necessários para a segurança pessoal e individual do operador.

Legenda:		● → Dia para a realização da tarefa																														
		✓ → Tarefa realizada																														
9																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
●																																
✓																																
●							●							●								●								●		
✓							✓							✓								✓							✓			

Figura 20: Detalhe 8 e 9 da figura 16

Fonte: Elaborado pelo autor

O espaço indicado pelo número 8, ilustra para o operador em quais dias a tarefa deve ser realizada com base na frequência determinada anteriormente. E pode ser preenchido com exemplificado na figura, onde, ●, simboliza o dia que a tarefa deve ser realizada e, ✓, que a tarefa foi realizada. Já o indicador número 9, é o espaço reservado para o operador ou operadores responsáveis pela atividade assinarem e indicarem que em determinado dia, ele foi o responsável pelas tarefas.



Data Início do Plano : 02/01/2019	
Data Final do Plano: 02/03/2019	
Data de Revisão do Plano: 23/01/2019	
<b>11</b>	
Responsável pela equipe de manutenção:	
Nome do Responsável	Ass:
Equipe de Manutenção:	
<b>10</b>	
Nomes dos integrantes da equipe	

Figura 21: Detalhe 10 e 11 da figura 16  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o indicador número 10, indica os integrantes presentes na equipe de manutenção e o responsável pela equipe, e que participarão das tarefas em determinado mês para aquele equipamento. Esta área deve ser assinada pelo responsável, afim de garantir originalidade do documento.

O indicador número 11, mostra a data de ativação do plano de manutenção, quando deve ser iniciado, finalizada e revista com intenção de planejar o mês seguinte. Nessa revisão, é importante levar em conta os dados obtidos no mês vigente, afim de identificar possíveis falhas no processo e melhorar o plano, reduzindo falhas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

O trabalho proposto teve como objetivo propor um plano de manutenção preventiva para bombas de polpa de rejeito de minério. Observou-se que se trata de um estudo parcial e que para realizá-lo de forma eficiente, são necessários inúmeros dados sobre bombas e processo no qual operando.

As etapas que se seguiu neste trabalho, como codificação, fichas de manutenção, padronização e criação de um banco de dados, são etapas fundamentais para concluir o plano proposto. Estas etapas permitirão acompanhamento da vida útil, histórico de manutenções e uma boa base para a manutenção do plano proposto.

Vale ressaltar que para a correta aplicação do plano proposto, o treinamento e capacitação dos colaboradores da área que fará os reparos e manutenção da bomba esteja em dia.

O resultado obtido foi a proposta de um plano de manutenção detalhado com informações claras e objetivas com o intuito de diminuir o número de manutenções corretivas não-planejadas, e espera-se que possibilite uma melhora nos tempos de manutenções, e no processo de manutenção em geral, reduzindo o trabalho desnecessário e aumentando a disponibilidade física e confiabilidade das bombas de polpa.

### 5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Após propor o plano de manutenção preventiva presente no estudo, podem ser sugeridas algumas propostas para continuidade do trabalho, como por exemplo:

- Criação de um *software* de gerenciamento da manutenção gratuito através de uma plataforma de fácil acesso, como por exemplo, o *software Excel*®. Este programa permitiria um controle eficiente do processo estudado neste trabalho e a fácil inserção, além de consulta de dados.
- Analisar economicamente a viabilidade do plano proposto, de acordo com a realidade da empresa.

- Realizar um estudo para propor um plano de manutenção preditiva, tendo ciência de que este também é um método crescente na realidade das empresas brasileiras

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira do Alumínio – ABAL <<http://abal.org.br>> Acesso em 03 de dezembro de 2018

ALMEIDA, M.T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000

CARVALHO, D.F. **Instalações Elevatórias: Bombas**. 6.ed.: FUMARC, 1999. 355p

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: MAKRON Books, 1996. 209 p.

CIMM, Centro de informação Metal Mecânica, **A gaxeta e a importância da vedação industrial**, <<http://www.cimm.com.br/>> Acesso em 17 de outubro de 2018

CITYSYSTEMS <<https://www.citisystems.com.br/etapa-manutencao-autonoma-estabelecer-padroes/>>. Acesso em 15 de setembro de 2018

DOORMAN, J. **Vedar é conservar**, Seaol Inc. 1970

FRANMETAL <<http://www.franmetal.com.br/etiquetas-inox.php>>. Acesso em 13 de setembro de 2018

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

KARDEC, A., NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 2009

LIMA, R. C. C. **Análise dos custos de manutenção e de não manutenção nos equipamentos produtivos**.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas 2003.

MCKINSEY & Company, Inc. **Negócios sociais sustentáveis: estratégias inovadoras para o desenvolvimento social**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2006.

METSO, **Bombas de polpa – Básico Handbook**, <[http://valveproducts.metso.com/documents/pumps/Slurry\\_Pump\\_Basic\\_Handbook/pt/Slurry%20Pump%20Basic\\_2012\\_Ed1\\_PT.pdf](http://valveproducts.metso.com/documents/pumps/Slurry_Pump_Basic_Handbook/pt/Slurry%20Pump%20Basic_2012_Ed1_PT.pdf)> Acesso em 13 de setembro de 2018

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 22 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.

MONCHY, Francois A **Função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**, Ebras/Durban. 1987

NBR 5462 **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT –Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994. 37p.

PALOMINO TINOCO, Carla **Caracterização Geomecânica de um Rejeito de Mineração de Bauxita**. São Paulo, 2017. 147p.

REDE INDUSTRIAL, <<https://blog.redeindustrial.com.br/fluxos>> Acesso em 03 de dezembro de 2018

REVAL BOMBAS, **Instruções de Montagem e Manutenção**, <<http://www.revalbombas.com.br/files/2015-08/instru-es-de-montagem-e-manuten-o-bombas-de-polpa-horizontal.pdf> /> Acesso em 18 de outubro de 2018

SUZUKI, Tokurato. **TPM in Process Industries**. USA, Portland: Productivity Press, 1994.

TAVARES, L. A. **A Evolução da Manutenção**. Revista Nova Manutenção y Qualidade N°54. 2005

TELLES, J. (2017) <[engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/](http://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/)>. Acesso em 17 de outubro de 2018

VAZ, José Carlos. **Gestão da Manutenção Preditiva: Gestão de Operações**. Fundação Vanzolini. Ed. Edgard Blücher, 1997.

VIANA, H.R.G. **PCM- Planejamento e Controle da manutenção**. Editora: Qualitymark.2002

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, EGD Editora 1998



### **Quando a banca sugerir alterações**

**Certifico** que o trabalho de conclusão de curso intitulado “ Proposta de um plano de manutenção preventiva para bombas de polpa de rejeitos de minério” de autoria do aluno **Luiz Fernando Nascimento Serra**, foi aprovado com recomendações de alteração pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

*Washington Luis Vieira da Silva*

---

DSc. Washington Luís Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 18 de dezembro de 2018

