



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA CHUTES DE  
TRANSFERÊNCIA DE UMA USINA DE CLASSIFICAÇÃO DE  
BAUXITA**

**THELRI AGUIAR FERREIRA**

**Tucuruí – PA  
2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA CHUTES DE TRANSFERÊNCIA DE  
UMA USINA DE CLASSIFICAÇÃO DE BAUXITA**

**THELRI AGUIAR FERREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenheiro Mecânico.

**Orientador:  
Profº Msc.º Maciel da Costa Furtado**

**Tucuruí – PA  
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

F383e FERREIRA, THELRI AGUIAR  
ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA CHUTES DE  
TRANSFERÊNCIA / THELRI AGUIAR FERREIRA. — 2020.  
95 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Maciel da Costa Furtado  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Universitário  
de Tucuruí, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2020.

1. Chute de Transferência. 2. Estratégia de  
manutenção. 3. Gestão de Sobressalentes. 4. Planos de  
Manutenção. I. Título.

CDD 621.816

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVESITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO EM CHUTES DE TRANSFERÊNCIA DE UMA  
USINA DE CLASSIFICAÇÃO DE BAUXITA**

THELRI AGUIAR FERREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de  
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

**BANCA EXAMINADORA**

*Maciel da Costa Furtado*

Orientador: Professor Msc. Maciel Furtado  
FEM/CAMPUS/UFPA

*Wassim Raja El Banna*

Membro Interno: Professor Dr.º Wassim Raja El Banna  
FEM/CAMPUS/UFPA

*Artur José Cunha da Silva*

Membro Interno: Professor Artur José Cunha da Silva  
FEM/CAMPUS/UFPA

**Conceito: Excelente**

**Tucuruí, 21 de agosto de 2020.**

*Dedico esse trabalho a Deus que me deu  
saúde e sabedoria e a minha família que  
me apoiou e me estimulou a enfrentar  
todos os desafios.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me abençoado e me guiado durante toda a minha trajetória acadêmica.

A minha mãe Maria Socorro Aguiar Ferreira e meus irmãos Tiales Aguiar Ferreira, Tielri Aguiar Ferreira e Brendo França Portela, por terem me apoiado durante toda a trajetória me dando além de apoio financeiro, o apoio familiar sempre se mostrando presente nesse período, me dando conselho e apoiando minhas decisões.

Ao Marcos César Lima, quem dividiu casa comigo durante todo esse tempo na cidade de Tucuruí, fortalecendo ainda mais nossa amizade que começou em 2008, ao Victor Leite e a Vivian Leite que foram mais do que vizinho durante todo esse tempo, se tornaram amigos, a quais compartilhamos aflições e momentos felizes.

Ao Professor Maciel, meu orientador, por todo o aprendizado repassado no período acadêmico e por ter acreditado no trabalho, dando todo o suporte necessário para que o trabalho fosse realizado da melhor maneira possível.

Agradeço também a todo o corpo docente da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFPA Campus de Tucuruí, a qual compartilharam conhecimento dentro e fora de sala, moldando o profissional que sou hoje.

Ao Professor Wassim Raja, pessoa a qual me orientou no projeto Baja SAE, que além de orientador se tornou um grande amigo a qual sempre esteve disponível para me ajudar e sempre serei grato a todo o esforço e apoio dado no período acadêmico.

Aos amigos que ganhei durante o período acadêmico, pessoas que foram além de colegas de sala, em especial ao Magson Araujo a quem foi meu parceiro na maioria dos trabalhos acadêmicos, contribuindo fortemente para superar as dificuldades acadêmicas.

Ao projeto Baja Tucuruí, a qual eu participei por 3 anos, e tive a oportunidade de aprender muitas coisas que refletem o profissional que sou hoje, junto a isso a Esquadro Projeto e Consultoria que além do crescimento técnico me ensinou do Movimento Empresarial Júnior que irei levar para a minha vida inteira.

A todo o time de engenharia da Alcoa World Alumina, a qual trabalhei por 18 meses e contribuíram bastante no meu crescimento profissional e no meu amadurecimento corporativo, em especial para ao meu gestor Greison Andrade e ao Engenheiro Nazareno Oliveira.

*“Não é o mais forte quem sobrevive, nem o mais inteligente,  
mas o que melhor se adapta às mudanças”.*  
*(Leon C. Megginson)*

# ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO EM CHUTES DE TRANSFERÊNCIA

## RESUMO

*No mundo da mineração a capacidade de produção e a qualidade do que é produzido está intimamente ligada a estratégia de manutenção dos equipamentos. Essa estratégia busca unir a gestão de sobressalentes, previsão de consumo e aplicações dos planos de manutenção. Os chutes de transferência são itens essenciais para o processo uma vez que são responsáveis pela ligação entres os ativos, logo a ausência de uma estratégia de manutenção nesses itens pode causar impactos financeiros significativos. Em função disso, o trabalho apresentado visa buscar maneiras de reduzir as paradas não programadas para manutenção dos chutes de transferência. No ano de 2019, entre janeiro a outubro, foram registradas 25,39 horas de paradas não programadas, e também houve vários desvios de atividades programadas para sanar os vazamentos dos chutes, nesse período os custos causados pelos vazamentos foram de aproximadamente R\$1.141.533,05, quantificando apenas o que não foi produzido e os contratos feitos para que o time de mantenedores tivessem o suporte para executar a atividade. Para solucionar o problema a monografia propõem a criação de gestão de sobressalentes, criação de planos de manutenção e uma previsão de consumo baseado no histórico de desgaste. Como o método para solucionar, foi necessário realizar um mapeamento das condições físicas e da vida útil dos chutes e em paralelo a isso, compreender a política interna da empresa onde foi desenvolvido o trabalho. O resultado foi uma gestão de sobressalentes adequadas as políticas internas e criação de planos de manutenção.*

**Palavras-chave:** Chute de Transferência, Estratégia de manutenção, Gestão de Sobressalentes, Planos de Manutenção.

## MAINTENANCE STRATEGIES IN TRANSFER CHUTES

### ABSTRACT

*In mining world, the capacity of production and quality of what is produced is closely related to the equipment maintenance strategies. This strategy aims to unify the spare management, expected consumption and application of maintenance plans. The transfer chutes are essential items for the process once they are responsible for the assets connections, therefore, the absence of their maintenance plan can cause relevant financial impacts. Based on this, this work aims to seek ways to reduce the programmed stops for maintenance of transfer chutes. In 2019, between January and October, 25.39 hours of unscheduled stops for maintenance were registered, and we have had numerous deviations of programmed activities to solve leaks on the chutes. In this period, the wastes caused by the leaks were approximately R\$1.141.533,05, quantifying only what was not produced and the contracts that were done to provide support to the maintenance team. To solve this problem, this work proposes the spare management, a creation of maintenance plans and a consumption prediction based on leaks history. As the method to solve, it was needed a mapping of the physical conditions and asset life of the chutes and, in parallel, to understand the politics of the company where the work was developed. The result was a suitable management of spares according to the internal politics of the company and creation of maintenance plans.*

**Keys-words:** *Transfer Chutes, Maintenance strategies, Spare Management, Maintenance Plans.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Modelo de Chute de Transferência.....	20
Figura 2. Chute de transferência com as zonas convencionais.....	21
Figura 3. Gráfico Resultado x Tipos de Manutenção.....	29
Figura 4. Paradas de manutenção.....	32
<b>Figura 5. Gráfico de Paradas não planejadas causadas por Chutes devido a vazamento. ....</b>	<b>36</b>
Figura 6. Fluxograma dos Chutes da Usina de Classificação.....	38
Figura 7. Chute de Descarga do Transportador 621B-TP-0003.....	40
Figura 8. Manutenção Corretiva na lateral do chute de descarga da 621B-TP-0003. ....	41
Figura 9. Manutenção Corretiva na parte frontal do chute de descarga da 621B-TP-0003 .....	41
Figura 10. Parte superior do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2 .....	42
Figura 11. Semi pirâmide do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2 .....	43
Figura 12. Chute Cachimbo do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2 .....	43
Figura 13. A parte inferior do chute com pequenas chapas soldadas para sanar o vazamento da forma paliativa.....	43
Figura 14. Conjunto Chute de Descarga do Lavador 631B-LV-0001/2, em preto temos o chute de maior desgaste.....	44
Figura 15. Vazamentos na Zona de Impacto demarcada em vermelho e da Zona de Transição demarcada em azul. ....	45
Figura 16. Chutes de descarga do lavador 631B-LV-0001/2 com desgaste prematuro localizado no modulo 1005A.....	46
Figura 17. Solução Paliativa no chute de descarga de grossos do lavador 631B-LV-0001/2.....	47
Figura 18. Chute de descarga do Over das peneiras 631B-PV-0001/2/6/7.....	48
Figura 19. Manutenções no Chute de Descarga do Over do Peneiramento primário.....	49
Figura 20. Chute de Descarga do Under e das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7 .....	50

Figura 21. A seta azul indica as zonas molhada causada pelo vazamento no modulo 0004A e 0005A.....	51
Figura 22. Regiões com sinais de manutenção corretiva para sanar o vazamento ...	51
Figura 23. Chute de Grossos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A .....	52
Figura 24. Chute de Fino das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A .....	53
Figura 25. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0003.....	54
Figura 26. Região com risco de contaminação do redutor do Britador Terciário .....	54
Figura 27. Área de risco de queda do mesmo nível gerada pelo vazamento .....	55
Figura 28. Desgaste interno do Chute de Descarga da 631B-TP-0003 .....	56
Figura 29. Chute Over da Peneira 631B-PV-0005.....	56
Figura 30. Região de Desgaste dos chutes Over da Peneira 631B-PV-0005.....	57
Figura 31. Chapa desprendida do chute Over da Peneira 631B-PV-0005.....	58
Figura 32 - Chute do Under da Peneira 631B-PV-0005.....	58
Figura 33 - Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004/5.....	59
Figura 34. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004 - Linha 1 .....	60
Figura 35. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0005 - Linha 2.....	60
Figura 36. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0005 – Linha 2.....	61
Figura 37. Chute de Descarga do Filtro 631B-FL-0001/2, em vermelhos as zonas que apresentam vazamento. ....	62
Figura 38. Fluxo de manutenção em vazamento sem impacto operacional.....	68
Figura 39. Fluxo de manutenção em vazamento com impacto operacional.....	69
Figura 40. Pontos de análise do ultrassom separados por 10 mm .....	73
Figura 41. Gráfico Superficial de um chute novo .....	74
Figura 42. Gráfico Hipotético de desgaste superficial, após uma análise bimestral - Desgastado.....	75
Figura 43. Testes de performance do Ultrassom .....	76
Figura 44. Local da junta e dos parafusos de fixação .....	77
Figura 45. Local de apoio do chute, onde é fixado nos chumbadores e graute.....	77
Figura 46. Local de fixação do chute.....	78
Figura 47. Módulo Semi Pirâmide.....	79
Figura 48. Conjunto Cachimbo .....	80
Figura 49. Módulos 1004A e 1005A .....	80
Figura 50. As duas entradas para manutenção estão indicadas pelas setas.....	81
Figura 51. A seta está indicando o ponto de entrada dos mantenedores.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados do Chutes da Usina de Classificação.....	63
Tabela 2. Responsabilidade das Equipes de Mantenedores com Relação a Chutes	67
Tabela 3. Chutes Cadastrados em Função do Desgaste .....	82
Tabela 4. Chutes com Previsão de Troca em 2023 .....	89
Tabela 5. Chutes com Previsão de Troca em 2024 .....	90
Tabela 6. Chutes com Previsão de Troca em 2025 .....	91
Tabela 7. Chutes com Previsão de Troca em 2026 .....	92

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora.

REX – Realiability Excellence (Excelência em Confiabilidade).

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção.

MTTR – Mean Time to Repare (Tempo Médio para Reparo).

DEM – Discret Element Method (Método do Elemento Discreto).

CAE – Computer Aided Engineering (Engenharia Assistida por Computador).

SS – Solicitação de Serviço.

OS – Ordem de Serviço.

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade.

LV – Lavador Rotativo.

PV – Peneira Vibratória.

BR – Britador de Rolos.

TP – Correia Transportadora.

SL – Silo.

FL – Filtro a Vácuo.

EHS – *Environment, Health and Safety* (Saúde, Segurança e Meio Ambiente).

ASTM – *American Society for Testing and Materials* (Sociedade Americana de Testes e Materiais).

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de modo e efeito de falha).

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	19
1.3 OBJETIVOS .....	19
<b>1.3.1 Objetivos Geral</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>19</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 CHUTE DE TRANSFERÊNCIA.....	20
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	23
<b>2.2.1 Manutenção Corretiva</b> .....	<b>23</b>
<i>2.3.1.1 Classificação da Importância dos Ativos</i> .....	<i>25</i>
<b>2.2.2 Manutenção Preventiva</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.3 Manutenção Preditiva</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.4. Engenharia de Manutenção</b> .....	<b>28</b>
2.3 GESTÃO ESTRATÉGICA .....	30
<b>2.3.1 Confiabilidade e Mantenabilidade</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.2 Disponibilidade Física</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3.3 TPM - Manutenção Produtiva Total</b> .....	<b>32</b>
2.4 GERENCIAMENTO DE PEÇAS.....	33
2.5 PROCESSAMENTO DA BAUXITA .....	34
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
3.1 PROBLEMAS OPERACIONAIS.....	36
3.2 MAPEAMENTO DOS CHUTES DA USINA DE CLASSIFICAÇÃO .....	38
<b>3.2.1 Condição Física dos Chutes</b> .....	<b>39</b>
<i>3.2.1.1 Chute de Descarga dos Transportador – 621B-TP-0003</i> .....	<i>39</i>
<i>3.2.1.2 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2</i> .....	<i>42</i>
<i>3.2.1.3 Chute de Descarga Under do Lavador 631B-LV-0001/2</i> .....	<i>44</i>

3.2.1.4. Chute de Descarga dos Grossos do Lavador 631B-LV-0001/2.....	46
3.2.1.5. Chute de Descarga do Over das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7.....	48
3.2.1.6. Chute de Descarga do Under das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7.....	49
3.2.1.7 Chute de Grossos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A.....	52
3.2.1.8 Chute de Finos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A .....	52
3.2.1.9 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0003.....	53
3.2.1.10 Chute Over da Peneira 631B-PV-0005 .....	56
3.2.1.11 Chute do Under da Peneira 631B-PV-0005 .....	58
3.2.1.12 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004/5.....	59
3.2.1.13 Chute de Descarga do Filtro 631B-FL-0001/2.....	61
<b>3.2.2 Dados de Vida útil .....</b>	<b>62</b>
<b>3.2.3 Reposição dos Chutes.....</b>	<b>66</b>
3.3. FUNÇÃO DOS MANTENEDORES .....	67
3.4 OPERAÇÃO PARA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO .....	68
3.5 POLÍTICAS DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO DE ITENS .....	69
3.6 GESTÃO DE CHUTES.....	70
<b>3.6.1 Estocagem .....</b>	<b>70</b>
<b>3.6.2 Manutenção <i>In Loco</i>.....</b>	<b>71</b>
<b>4 DISCUSSÃO E RESULTADOS.....</b>	<b>72</b>
4.1 PLANOS DE MANUTENÇÃO .....	72
<b>4.1.1 Manutenção Preditiva .....</b>	<b>72</b>
4.1.1.1 <i>Ultrassom</i> .....	72
<b>4.2.1 Planos de Inspeção .....</b>	<b>76</b>
4.2 GESTÃO DE SOBRESSALENTES DOS CHUTES .....	78
<b>4.2.1 Chute para Cadastro em Almoxarifado .....</b>	<b>79</b>
<b>4.2.2 Manutenção <i>In Loco</i>.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.3 Requisição em Função do Desgaste .....</b>	<b>82</b>

4.3 PREVISÃO DE COMPRA .....	89
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>93</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	93

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente participação da mineração no mercado, é exigido cada vez mais estratégias de manutenções bem elaboradas, alinhadas sempre com o objetivo final do negócio, sendo ele: maior produção, mantendo a qualidade e segurança. As estratégias de manutenção estão relacionadas aos tipos de manutenção que são aplicados nos ativos, a quantidade de sobressalentes mantido em estoque e uma previsão custo bem elaborada.

Os chutes de transferência são peças essenciais para a continuidade do processo, sendo eles responsáveis pelo direcionamento e redução da velocidade do fluxo do minério transportado, evitando que chegue com alta velocidade causando um impacto indesejável do minério nos ativos, podendo causar aumento de vibração e dano estrutural. Caso sua estratégia de manutenção não seja bem elaborada, o mesmo pode gerar paradas de manutenção corretiva significativas, impactando diretamente na linha de produção.

Os tipos de manutenções são um dos pontos mais importante durante a estratégia de manutenção, podendo ser, corretivo, preventivo ou preditivo. Assim, o tipo de manutenção a ser implementada impacta diretamente na quantidade de paradas programadas e não-programadas e conseqüentemente nos custos de produção, por isso, é importante que o tipo de estratégia de manutenção a ser adotado seja feito acompanhado de estudo técnicos para que o seu modelo não gere prejuízos as linhas de produção. Portanto, é importante salientar que cada tipo ou estratégia de manutenção gera custos para a companhia e quando mal aplicado pode afetar diretamente o lucro do negócio, impactando não só na insatisfação dos acionistas como na confiabilidade do negócio.

A gestão adequada de sobressalentes é um outro fator importante para manter a operacionalização das linhas de produção. Durante as paradas de manutenção programadas e não programadas, é necessário manter um almoxarifado bem abastecido, para que que o setor de manutenção não seja surpreendido por falta de peças, equipamentos ou insumos e com isso acarretando um longo tempo de ativo parado por falta dos mesmos. Vale lembrar que manter o estoque com excesso de sobressalentes gera um custo alto para a empresa, impactando em pagamentos de seguros mais altos e no valor investido na aquisição de suprimentos que tem uso

rotineiro. Portanto, a gestão adequada de sobressalente deverá ocorrer obedecendo um meio termo entre o que não pode faltar quando precisar e que pode faltar quando se precisar sem que isso possa gerar impacto a produção.

Com o intuito de se tirar o melhor proveito sobre a gestão da manutenção de uma indústria ou fábrica é necessário que haja uma comunicação muito bem alinhada entre gerencia de manutenção e a produção. Desse modo, é importante que ambos os departamentos tenham uma previsão de custo bem definida e que para isso, é necessário que todos os itens tenham uma vida útil estimada e que os planos de manutenção para as paradas programadas estejam muito bem elaboradas e em acordo com os interesse e demanda do setor de produção. Com o desenvolvimento dessas estratégias o processo terá um aumento de confiabilidade, refletindo em lucros, produção e satisfação do cliente.

A ausência da estratégia de manutenção vem causando problemas crônicos nos chutes que podem gerar impactos gigantescos no processo produtivo, afinal são itens capazes de parar o processo, e essa ausência reflete em diversos problemas tais como os encontrados em uma mineradora de bauxita no Pará onde:

- Custos com linha de produção parada sem planejamento: no ano de 2019 de janeiro a outubro, segundo a Árvore de Falha do Beneficiamento foi registrado 25,39 horas, sendo 13,69 horas de linha comum e 11,76 horas variando entre linha 1 e linha 2. Isso gera um custo de aproximadamente R\$ 692.533,05. Vale ressaltar que não está incluso os custos fixos do processo, está apenas o valor do minério não produzido.
- Risco de Segurança: devido ao vazamento, os colaboradores ficam expostos a alguns riscos, como queda de material sobre cabeça e queda de mesmo nível.
- Recurso indisponível: Devido à grande quantidade de vazamentos alguns colaboradores estão sendo deslocados especificamente para realizar trabalhos paliativo nas paradas da usina de classificação, para suprir a necessidade são fechados contratos SPOT, contrato de 3 meses com custo médio de R\$ 150.000,00, para que se tenha recurso para desenvolver as atividades.

As manutenções corretivas paliativas desses chutes são realizadas com a vedação do vazamento com aço ASTM – A36, tornando pouco eficaz. Sendo necessário a troca dos chutes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Esse trabalho tem como base o processo produtivo da bauxita de uma empresa mineradora localizado na região do baixo Amazonas no oeste do estado Pará. A principal atividade da empresa mineradora é fazer o beneficiamento da bauxita, onde o minério é separado pela sua granulometria e submetidos a processos como scrubagem, peneiramento, filtragem, britagem e ciclonação.

Esse processo opera 24 horas por dia durante toda a semana, com exceção a um dia da semana durante 8 horas para manutenção planejada, mantendo uma produção de 570 toneladas/hora por linha. Os chutes de transferência são os equipamentos responsáveis por fazer a ligação entre os ativos (lavadores, peneiras, britadores, correias transportadoras, filtros e outros), logo, quando o mesmo gera vazamento, em alguns casos, é necessário parar o processo produtivo para realizar manutenção corretiva. Na maioria dos casos essa manutenção é pouco eficaz, tornando um problema crônico. Portanto, os problemas decorrentes da manutenção em chutes causaram várias horas de paradas não planejadas de produção, risco de EHS e mão de obra indisponível. Gerando um impacto significativo em termos financeiros, justificando o desenvolvimento do trabalho.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivos Geral

- Elaborar uma estratégia de manutenção para chutes da usina de classificação, visando o aumento da confiabilidade do processo.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliação da metodologia para obtenção dos planos de manutenção para os chutes da Usina de Classificação;
- Criar gestão de sobressalentes dos chutes da Usina de Classificação;
- Montar estratégia de recuperação de chute.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CHUTE DE TRANSFERÊNCIA

Chute de transferência são dispositivos usados na indústria para o manuseio de materiais em pó ou a granel. Sua função, em geral, é transferir material de uma correia transportadora para outra de maneira confiável e mantendo o fluxo de material sempre estável de modo a não gerar obstruções. Sua aplicação é muito usual em setores industriais de mineração onde o minério é transportado por longas distâncias através de correias transportadoras e onde a mudança de trajetória ou de nível de uma correia para outra se mostra necessária (SWINDERMAN, 2009). A Figura 1 mostra um exemplo de um chute de transferência usado para abastecer uma correia transportadora.

**Figura 1. Modelo de Chute de Transferência**



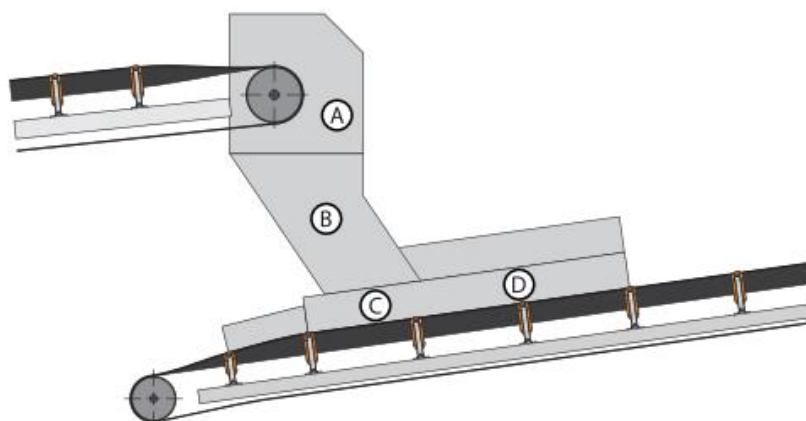
Fonte: BENETECH BRASIL (2020)

Segundo Todd Swinderman (2009), ao se projetar um chute de transferência é necessário que ele atenda algumas das exigências:

- ✓ **Proteger os funcionários:** durante seu projeto deve ser contemplado cercar todo ponto de transferência de modo a evitar fuga de minério, reduzindo o risco de acidentes.
- ✓ **Desperdício de material:** para reduzir a perda de minério é necessário tomar várias ações, dentre elas, destacar o dimensional do chute para evitar o empoeiramento e a descarga centralizada de minério, está última deve ser contemplada no projeto, no entanto, existe algumas soluções que pode ser tomada caso isso ocorra em um projeto já existente, que são o uso de defletores, conformadores, telas e barras.
- ✓ **Retornar minério para o fluxo:** o chute também tem a responsabilidade de recolher o minério que é limpo pelo raspador, eles funcionam como uma espécie de calha evitando o acúmulo de material no meio externo.

Os projetos de desenho de chute transferência varia de acordo com a necessidade de cada empresa, ficando a cargo do projetista e do engenheiro o detalhamento desse projeto. Apesar das diversas variações no detalhamento os chutes de transferência possuem algumas zonas consideradas convencionais, tais como: a) Chute dianteiro; b) Chute de queda; c) Chute de carga; d) Zona de acomodação (SWINDERMAN, 2009). Na Figura 2 é mostrado as partes convencionais de um chute.

**Figura 2. Chute de transferência com as zonas convencionais**



Fonte: Swinderman (2009).

Os fatores geométricos para projetos de chutes dependem de sua aplicação. No entanto, existem parâmetros que devem ser informados para que o mesmo possa ser simulado via DEM, Método Discreta de Elementos, conforme Todd Swinderman (2009), esses parâmetros são:

1. Taxa de capacidade – toneladas por hora.
2. Variações climática nos ambientes de operação.
3. Densidade do material como transportado ( $\text{kg/m}^3$ ).
4. Densidade do material solto ( $\text{kg/m}^3$ )
5. Classificação do material a granel – distribuição por tamanho, características do material, ou condição anormal.
6. Velocidade, largura e ângulo da zona de descarga e alimentação.
7. Área transversal da carga sobre a correia ( $\text{m}^2$ ).
8. Fluxograma do processo.
9. Modelo geral do projeto de transporte e transferência de minério, uma visão macro.

O método DEM (*Discrete Element Method*) é uma ferramenta CAE do termo em inglês *Computer Aided Engineering* que significa Engenharia Auxiliada por Computador. Esse método é uma resolução numérica baseada na técnica dos elementos discretos que, assim como, o método dos elementos finitos e volumes finitos ganhou grande desenvolvimento nos últimos anos graças ao avanço dos recursos computacionais. Através das técnicas CAE, é possível simular o escoamento de materiais particulados, o que possibilita projeto e otimização de equipamento onde usado e manuseio desses materiais é importante, como o exemplo chutes (SWINDERMAN, 2009).

Para realizar manutenção em chutes de transferência é necessário que o projeto já seja pensando em como será feita essa manutenção. No geral, o projeto é desenvolvido de modo a facilitar o acesso a parte interna do chute e junto a isso facilitar a montagem e desmontagem do mesmo de modo que possam até ser içados. Em alguns projetos as técnicas para manutenção acabam sendo inutilizadas devido a instalação de itens como tubulação, eletroduto e outros componentes (SWINDERMAN, 2009).

Para Swinderman (2009), a instalação de chute em locais que podem ter acesso através de plataforma de trabalho em alturas, como andaime, já é um grande avanço pois facilita o acesso ao chute de transferência, onde normalmente é necessário. O projeto ideal de chutes é quando a manutenção consegue realizar a atividade de modo, que não seja necessário a liberação de trabalho em altura e trabalho em espaço confinado, de maneira que já contemplasse esses fatores de segurança. Os projetos que se adequam as essas características tendem a aumentar consideravelmente a produtividade da manutenção.

## 2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção fazem parte da gestão da manutenção, é necessário conhecer todas as técnicas, mas aplicas de maneira eficiente, junto a isso é necessário verificar a capacidade dos executantes de realizar essa atividade. O engenheiro também é responsável por criar a base crítica e as definições para aplicação e execução das técnicas (PEREIRA, 2011). Para Kardec & Nascif (2009) os tipos de manutenção quando partem de uma decisão gerencial ou de política global de instalação pode ser considerada uma política de manutenção, já que é baseada em dados econômicos e técnicos.

Os principais tipos de manutenção são:

- Corretiva;
- Preventiva;
- Preditiva;
- Engenharia de Manutenção;

### 2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é aquela realizada após a quebra ou falha ter ocorrido no equipamento. Do ponto de vista da manutenção, e não do processo produtivo, essa é a técnica que apresenta um menor custo, no entanto, de maior impacto em horas paradas no equipamento (XENOS, 1998). Para Pereira (2011), a manutenção

corretiva, que teve sua denominação conhecida em 1914, é a forma mais comum de manutenção, tendo como principal característica o conserto dos equipamentos após a falha dependendo de colaboradores e material para realizar o ajuste. Esse tipo de manutenção pode ainda ser dividida em emergencial e planejada, sendo a segunda, indicada através de serviço que são possíveis de serem planejados, como por exemplo a quebra de uma gaxeta, ela não para o sistema de bombeamento, mas o sistema reduz a pressão e tem um maior vazamento de fluido, sendo permissível a troca de maneira planejada.

Manutenção corretiva é a atuação em equipamento com defeito ou com a performance abaixo da requerida, mostrando que a manutenção corretiva, não é obrigatoriamente emergencial, quando solicitado a correção em equipamentos com a performance reduzida, ela pode ser programada para correção, já nas pane dos equipamentos a atuação é emergencial (KARDEC; NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva emergencial ou não planejada caracterizada pela recuperação corretiva sem realizar preparação do serviço. Em sua grande parte implica em altos custos, pois a quebra pode acarretar em grandes perdas de produção e qualidade, o que acaba aumentando os custos indireto da manutenção; em alguns processos esse tipo de manutenção pode acarretar em vários problemas graves, como o aumento de vibração, que é um dos indicadores de potencial falha, pode levar essa vibração para outros ativos acarretando problema em um equipamento que estava em boas condições (KARDEC; NASCIF 2009). Outro fator negativo contido na manutenção corretiva emergencial é o risco de acidentes, já que os trabalhos são realizados com urgência, os colaboradores não tem tempo para avaliar todos os risco contidos no serviço.

Por outro lado, para Kardec e Nascif (2009), uma corretiva planejada apresenta menor custo, e pode ser realizado de maneira mais barata, segura e com mais qualidade; a melhor prática dessa técnica está caracteriza pelas informações e o acompanhamento do equipamento que sofrerá a manutenção. Essa previsão permite tomar as decisões de manutenção de maneira gerencia, pode decida ou não pela quebra, e partir disso definir as medidas a serem tomadas.

Pereira (2011), listou as condições em que a manutenção corretiva pode ser aplicada, de modo a ter pouco impacto, as quais foram: a) Ativo de baixo custo operacional; b) Ativos com backup; c) Em ativos com operação mais rápida que as

posteriores; d) Ativo que não são considerados gargalos; e) Ativos de fácil manutenção (alto índice de manutenibilidade); f) Ativo em que o corpo técnico estão bem treinados para realizar a manutenção.

### 2.3.1.1 Classificação da Importância dos Ativos

Com a montagem do nível de criticidade dos ativos e análise crítica das falhas é possível realizar a classificação da importância dos ativos no processo produtivo. Essa classificação ajudará o engenheiro responsável a montar a estratégia de manutenção. Pereira (2011), dividiu em 3 grupos para classificar a importância do ativo, sendo elas:

#### 1. **Importância quanto ao Manutenimento.**

A. Equipamento Classe (A): Ativo capaz de interromper o processo produtivo da empresa, podendo gerar perda no processo e no faturamento, geralmente são estão os itens de utilidade, como: subestação, compressores, geradores, bombas de alimentação entre outros;

B. Equipamento Classe (B): Ativo que não afeta o processo produtivo, apesar de estar incluso nele, não afeta a processo e nem o faturamento.

C. Equipamento Classe (C): Ativos que não estão incluso no processo produtivo;

#### 2. **Importância quanto ao Processo.**

A. Equipamento Classe (A): Ativos sem *back-up* que participam ativamente do processo produtivo, estão inclusos ativos considerados essenciais para o processo.

B. Equipamento Classe (B): Ativos que se enquadram no item anterior, mas possuem *back-up*.

C. Equipamento Classe (C): Ativos não vitais, que estão no processo produtivo, mas não causam parada geral no processo produtivo.

D. Equipamento Classe (D): Ativos que não participam no processo produtivo.

#### 3. **Importância quanto a Qualidade do Produto.**

A. Equipamento Classe (A): Equipamento cuja produção afeta a qualidade do produto;

B. Equipamento Classe (B): Ativo que em operação não afeta a qualidade do produto;

Partindo dessas 3 classes, engenheiro responsável avaliará qual tipo de manutenção usar, no caso da manutenção corretiva é ideal usá-la em equipamentos onde sua parada não afeta negativamente a qualidade, o processo e a segurança.

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

Segundo a ABNT-NBR-5462-1994, Manutenção preventiva: “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”.

A manutenção preventiva é realizada de maneira regular, sendo considerada o ponto vital das atividades de manutenção, envolvendo algumas tarefas sistemáticas como, reformas, troca de sobressalentes, lubrificação, dentre outros; a mesma é considerada, do ponto de vista da manutenção mais cara que a corretiva, já que ela troca a peça antes do colapso e realizar reforma dos equipamentos, mantendo uma maior disponibilidade física e um aumento de confiabilidade operacional do equipamento, diminuindo as interrupções inesperadas (XENOS, 1998). Para Kardec e Nascif (2009), é a manutenção realizada em um período pré-determinado de tempo com o objetivo de evitar a quebra do equipamento, possuindo um plano já descrito e é acionada a partir de um gatilho.

O processo de implantação de manutenção preventiva, aliada com a boa performance do time de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), pode apresentar algumas vantagens, já que com ela é possível equilibrar o uso de recursos humanos, eliminando tempo improdutivo e falta ou excesso de profissionais; ela também reduz ou elimina o tempo de espera por sobressalentes, pois as atividades são planejadas, tornando possível a compra por antecipação desses itens. Outra vantagem importante é o aumento da confiabilidade do processo a curto e longo prazo, refletindo em uma melhor operação dos ativos, aumentando a produção e qualidade do que se é produzido. (ALMEIDA, 2014).

Para Pereira (2011), o processo de implementação dos planos preventivos deve seguir 5 etapas:

1. **Classificação dos ativos:** Nessa etapa é necessário o time conhecer bem o negócio e as peculiaridades de atuação dos ativos, aqui eles são classificados de acordo com sua prioridade, sendo adotados alguns parâmetros, tais como: importância para o funcionamento do processo, para manter a segurança, possibilidade de impacto ambiental e manutenibilidade. Uma aplicação de classificação que pode ser usada, é a que está descrita no item 2.3.1.1.
2. **Criação dos planos de instruções para a execução:** Para montagem dos planos de manutenção preventivo é necessário conhecer muito bem o equipamento para assim poder descrever as atividades mais eficientes de modo que o que o ativo fique disponível e com mais confiabilidade, e nesse processo ele tem que ser mantido a mentalidade de melhoria continua, pois quando os planos começarem a operar, é necessário realizar auditorias para medir a eficácia deles.
3. **Cadastros e demais registros em software de manutenção:** É ideal que nessa etapa, se faça uso de um software que auxilie no cadastro, para realizar esse cadastro é necessário que já tenha um padrão de descrição, indicando a atividade a ser executada e o número de registro do ativo.
4. **Definição dos itens de controle para monitorar o desempenho:** Nessa etapa é onde são apresentados os indicadores de performance do plano, sendo ele avaliado por exemplo por: controle de mão de obra, disponibilidade física, tempo médio de reparo entre falhas, tempo médio de reparo, custo de manutenção por produto e outros indicadores.
5. **Decisão: Criação do Planejamento e Controle de Manutenção:** Por fim a criação da equipe de PCM, eles serão responsáveis por planejar, programar e controlar as atividades, buscando sempre a maior eficiência.

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

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 (ABNT: NBR 5462, 1994, p 7).

A manutenção preditiva, vem com o objetivo de otimizar os tempos de parada de manutenção. O objetivo desse tipo de manutenção é permitir que o intervalo de manutenção se estenda, mostrando quando a peça ou o componente está próximo do seu limite de vida útil, fazendo uso, para alguns casos, da alta tecnologia para prever as falhas. Devido as suas características ela é tratada como especial, pois é considerada uma ciência avançada, sendo praticada por engenheiro e técnico mais experientes (XENOS, 1998).

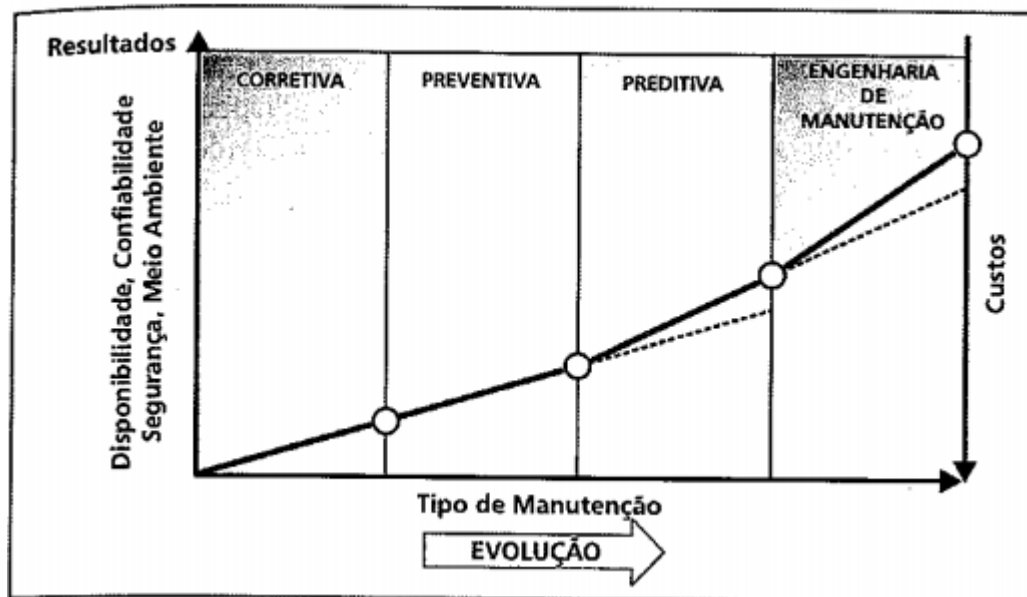
Na concepção de Kardec e Nascif (2009), a manutenção preditiva é aplicada quando o equipamento sofre alguma alteração nos seus parâmetros projeto, afetando o desempenho. Essa análise é feita, geralmente, através de monitoramento com instrumentos de alta tecnologia; objetivando assim predizer uma falha, e evitando problemas maiores, dando maior tempo de operação para o equipamento.

Para Mirshawka (1991), os principais benefícios são: a previsão de falha de modo a conseguir preparar o equipamento ou desativa-lo para realizar a manutenção, diminuir os riscos de interrupções e acidentes do sistema produtivo; reduzir o prazo e custo de manutenção pelo conhecimento prévio da falha, aumentar o rendimento e a produtividade devido a melhor condição de operação do equipamento, a desvantagens é o custo para aquisição dos itens para análise e o custo para manter a mão de obra especializada para essas atividades.

#### **2.2.4. Engenharia de Manutenção**

A implementação da engenharia de manutenção é considerada um paradigma, já que ela vem para criar uma mudança cultural se dedicando a consolidar rotinas de manutenção e implantar melhoria no processo de manutenção, dentre as suas principais atividades pode-se citar: aumentar a disponibilidade física, aumentar confiabilidade, melhorar a manutenibilidade, aumentar a segurança e sanar problemas crônico. Sempre buscando técnicas modernas para aplicação (KARDEC; NASCIF, 2009). Na ~~Figura~~ **Figura 3**, pode-se observar o gráfico relacionado ao aumento de produtividade que a engenharia de manutenção pode trazer para um processo industrial.

**Figura 3. Gráfico Resultado x Tipos de Manutenção**



Fonte: Kardec e Nascif, (2009 p. 51).

Kardec & Nascif (2009) listaram as principais atividades do engenheiro de manutenção, as quais são: aumentar a confiabilidade, aumentar a disponibilidade, melhorar a manutenibilidade, aumentar a segurança, eliminar problemas crônicos, solucionar problemas tecnológicos, melhorar a capacitação do pessoal, gerir materiais e sobressalentes, participar de novos projetos, dar suporte à execução, fazer análise de falha e estudos, acompanhar os indicadores, zelar pela documentação técnica, elaborar planos de manutenção, e de inspeção e fazer as análises críticas dos planos.

Na concepção de Xavier (2005), a engenharia de manutenção cria um conjunto de atividades que visam garantir o aumento da disponibilidade e confiabilidade do processo; melhorando padrões, dando suporte para o time de suprimento em processo de compras, atuando em desenvolvimento de projeto apresentando o ponto de vista de manutenibilidade, e desenvolver manutenibilidade.

A engenharia de manutenção é de grande valia como um fator de desenvolvimento técnico-organizacional da Manutenção, é responsável pela aplicação de conhecimentos empíricos e científicos para a solução de empecilhos encontrados nos processos e equipamento, sendo um agente de melhoria (Viana 2002).

## 2.3 GESTÃO ESTRATÉGICA

A metodologia MCC, (Manutenção Centrada em Confiabilidade) é usada para garantir que os equipamentos, ativos, componentes ou sistema operacional mantenham sua função requerida, condição de uso, segurança, desempenho e qualidade. Atuando com uma ferramenta de gestão da manutenção já existente (preventiva, preditiva e afins) (PEREIRA 2011).

A MCC, é definida como um programa que reuni as técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos continuem a operar. Em função de sua abordagem racional e sistemática, ela é reconhecida por permitir que o departamento de manutenção alcance a excelência, aumentando a disponibilidade física dos ativos e reduzindo custos associados a defeitos, reparos, acidentes e substituições (FOGLIATTO; RIBEIRO 2011).

Pereira (2011) ainda indica um resumo das atividades desenvolvidas no MCC, tais como:

- Redução da manutenção preventiva, desenvolvendo tarefas mais eficaz;
- Análise de falha;
- Garantir que o equipamento execute sua função a custo mínimo;
- Manutenção preventiva, como forma de reduzir a falha;
- Redução dos custos de manutenção;
- Uso da metodologia FMEA;

### 2.3.1 Confiabilidade e Mantenabilidade

#### a) Confiabilidade

É a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo (ABNT NBR 5462, 1994, p. 3). Na concepção de Pereira (2011), confiabilidade é a capacidade descrita em probabilidade de o equipamento operar sem falha, sempre associada a um período. Confiabilidade é descrita como a probabilidade de um ativo executar sua atividade sob condições definidas de uso durante um tempo pré-determinado (Kardec & Nascif 2009).

A confiabilidade ganhou força durante a segunda guerra mundial, sendo aplicada pela aeronáutica nos aviões de guerra, mas nos anos 70 começou a se aplicar na industrial em geral, o seu principal objetivo era ter um medido de qualidade operacional do equipamento, essa qualidade refletia em diversos benefícios tais como: análise de risco e segurança, qualidade, otimização da manutenção, proteção ambiental e projeto de produtos. (FOGLIATTO; RIBEIRO (2011).

#### b) Manutenibilidade

Define-se manutenibilidade pela:

Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos tempo” (ABNT NBR 5462, 1994, p.3).

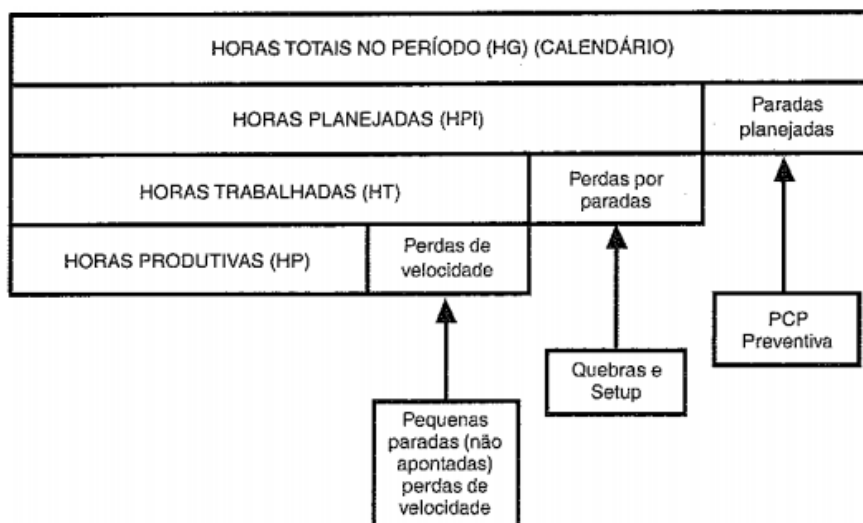
Já na concepção de Pereira 2011, a manutenibilidade é descrita como a capacidade de realizar a manutenção em um menor tempo, em muitas empresas é medido pelo MTTR (Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Falhas).

### **2.3.2 Disponibilidade Física**

Segundo a NBR 5462 (1994), disponibilidade física é definida como a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (p2).

Para Viana (2002), a disponibilidade física apresenta em termos percentuais o tempo dedicado de operação de um equipamento e/ou planta em relação a total do período. Dessa forma pode se defini-la como a relação entre horas trabalhadas e as horas totais do período, como descrito na Figura 4.

**Figura 4. Paradas de manutenção.**



Fonte: Viana (2002 p.144).

De acordo com a Figura 4, define-se disponibilidade física como a relação de horas trabalhadas (HT) e as horas totais no período (HG), assim tem-se:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% \quad (1)$$

### 2.3.3 TPM - Manutenção Produtiva Total

A manutenção industrial por muito tempo praticou apenas a manutenção corretiva, em função disso se teve muito desperdícios de tempo, retrabalho e esforço dos colaboradores, que refletia em prejuízo financeiro. Para isso começou-se a aplicar a manutenção preventiva e junto a ela surgiu a TPM (*Total Productive Maintenance*), a qual visava incluir ações e técnicas mais apuradas a manutenção (Pereira, 2011).

Para Kardec & Nascif (2009), a TPM tem como principal objetivo a maior eficácia de empresa através de maior qualificação das pessoas e melhorias introduzidas no equipamentos e processo, e também preparando e desenvolvendo os colaboradores para assumir as promoções que serão recebidas no futuro, como por exemplos os operadores executarem as atividades básicas de mantenedores, onde os mantenedores executam apenas as atividades mais complexas.

Para Kardec & Nascif (2009) a TPM possui 8 pilares que são: melhoria focada, manutenção autônoma, manutenção planejada, educação e treinamento, controle inicial, manutenção da qualidade, TPM *Office* e EHS. É interessante destacar a manutenção autônoma, já que ela é uma das áreas de maior importância no fluxo da TPM, ela desenvolve o autogerenciamento e controle, liberdade de ação, cumprimento e elaboração de padrões, conscientização da filosofia TPM.

## 2.4 GERENCIAMENTO DE PEÇAS

O dimensionamento de sobressalentes de manutenção é de grande influência nos custos de manutenção e lucro de uma empresa, já que os itens em estoque representam verba sendo de valorizadas nas prateleiras do almoxarifado. Considerado uma das tarefas mais críticas do departamento, o gerenciamento desses itens, quando feito de forma incorreta pode gerar grandes prejuízos e acabar por não garantir a manutenções eficientes, pois com a ausência dessas peças ou componentes não é possível realizar a manutenção, tornando o tempo de parada inútil e deixando o equipamento sujeito a falhas. (XENOS, 1998).

Segundo Xenos (1998), a maioria das empresas estão mudando a mentalidade de manter item em estoque. Para essas empresas esses itens são dinheiro parado em prateleira, sendo desvalorizado com o decorrer do tempo, pois os itens estão sendo depreciados e a verba destinada para manter os itens em estoque poderia ser usada para investimento em outros projetos., apesar de parecer conflitante solicitar o aumento da disponibilidade e reduzir as peças estocado em almoxarifado, a ideia da gestão de sobressalentes não é que os itens não sejam requisitados e estejam disponíveis para manutenção e sim que as compras sejam realizadas de forma planejada, sempre alinhada com o PCM, para que a compra seja efetuada no estilo Just-In-Time.

Para Viana (2002), a maneira ideal de chegar à quantidade itens a serem estocados é realizar uma análise da média consumida em períodos iguais, e sempre revisando esses valores de modo a chegar em uma estabilidade que apresenta a quantidade necessária para operação.

Xenos (1998), cita alguns métodos de gerenciamento de materiais, mostrando o que um estoque de manutenção precisa conter, eles são: (1) peças que foram adquiridas para utilização conforme plano de manutenção; (2) peças para substituição em emergência (para as partes que estão sujeito a manutenção corretiva), (3) equipamentos críticos a quais afetam a produção; (4) peças reparáveis; (5) peças de consumo frequente; (6) ferramentas; (7) instrumentos usados na manutenção. Para reposição desses itens são utilizados dois métodos:

1. Compra emergencial: itens de consumo não rotineiro, onde são feitas requisições de compra direta.
2. Estocagem: itens de consumo rotineiro, e não controlado.

## 2.5 PROCESSAMENTO DA BAUXITA

A Bauxita foi descoberta por volta de 1821 e foi creditado pelo cientista francês chamado Pierre Berthier (1782 – 1861), professor e chefe do laboratório mineralógico e químico da Escola de Minas de Paris (BÁRDOSSY, 1997).

O beneficiamento da bauxita visa realizar uma redução granulométrica e classificar o minério de acordo com seu teor, um dos processos aplicado para realizar a redução granulométrica é a britagem.

Para Figueira e Luz (2010), britagem é conhecido com a operação que fragmenta os blocos de minérios retirados da lavra e esse processo no beneficiamento se repete várias vezes até chegar na granulometria desejada. Essa fragmentação é de extrema importância pois a energia que será gasta no processo de redução seria bastante alta.

Para Taggart (1945) a escrubagem de minérios é a desagregação por meio de forças relativamente baixas se comparado com outros processos, essas forças são aplicadas em matérias relativamente moles e inconsolidados, tais como a argila.

Segundo Trajano (1996), entende-se lavagem de minério como a separação de dois constituintes desse minério diferenciando-o pela granulometria, geralmente os minérios mais finos encontrasse aglomerado no mais grosseiro, que é o de maior valor. Nessas condições a escrubagem compreende um estágio de lavagem e desagregação de material, na bauxita, individualizando as micropartículas de argila e limpando as partículas grosseiras do minério da argila aderida.

O sistema de peneiramento com sua atividade objetiva o mesmo resultado, no entanto fazendo uso de um sistema de vibração, auxiliado por jatos de água, desagregando o minério que não foi separado no processo de escrubagem. O filtro a vácuo reduz a umidade do minério fino que foi para o processo ciclonagem (separação de minério e rejeito).

### 3 METODOLOGIA

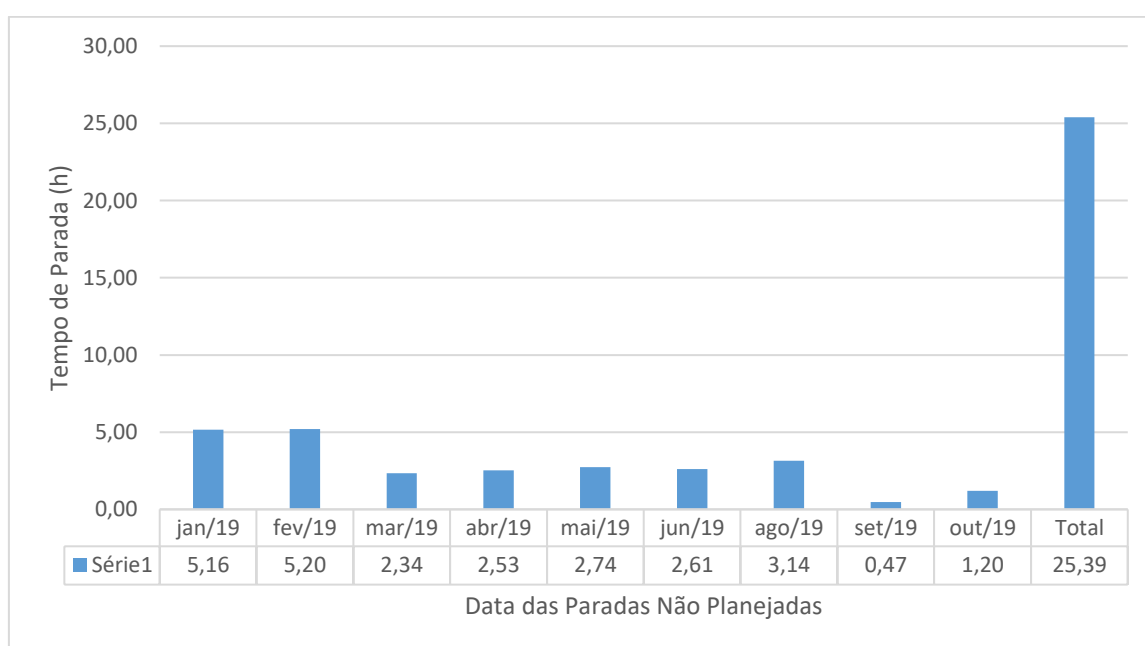
#### 3.1 PROBLEMAS OPERACIONAIS

Os chutes da Usina de Classificação não possuem nenhum tipo de gestão de manutenção, logo não são tomadas ações que visam aumentar a confiabilidade e a disponibilidade desses itens. A ausência dessas atividades acaba refletindo em:

- **Custos com linha de produção parada sem planejamento**

De janeiro a outubro do ano de 2019, segundo a Árvore de Falha de Beneficiamento da mineradora foi registrado 25,39 horas de paradas não programadas causadas por falhas em chutes devido a vazamento nos mesmos. Esses resultados estão mostrados na Figura 5. O processo de lavagem do minério na Usina de Classificação é realizado em duas linhas de produção além de mais uma terceira linha comum de produção que é responsável por receber a produção dessas duas linhas ainda dentro do processo de lavagem. Do total de 25,39 horas de parada não planejadas, 13,59 horas foram ocasionadas por paradas na linha de produção que recebe a produção das linhas 1 e 2 e 11,76 horas variando entre linha 1 e linha 2.

**Figura 5. Gráfico de Paradas não planejadas causadas por Chutes devido a vazamento.**



Fonte: Autoria própria.

Cada tonelada de minério de bauxita produzida pelo processo de lavagem equivale a 10 dólares e o produzido em 1 hora são equivalentes a 870 toneladas, isso levando em consideração as duas linhas de produção e mais a linha de produção que recebe a produção vindas da linha 1 e 2. Com base nisso e na cotação de que 1 dólar equivale a 4,10 reais, no período da análise, pode-se estimar os custos associados a produção parada. Para linha de produção que é responsável por receber o minério vindo das linhas 1 e 2 o custo associado a 13,59 horas de paradas não planejada equivale a \$118.233,00 ou R\$ 484.755,30. Por outro lado, esses custos para linhas 1 e 2 levando em consideração 11,80 horas de parada não planejada acarretam uma perda de produtividade correspondente a \$51.330,00 ou R\$ 210.453,00. Tudo isso, gera um custo de parada de produção de aproximadamente R\$ 695.208,30.

- **Risco de Saúde, Segurança e Meio Ambiente**

Devido aos vazamentos os colaboradores ficam expostos a alguns riscos como queda de material sobre cabeça e queda de mesmo nível.

- **Necessidade da contratação de terceirizado**

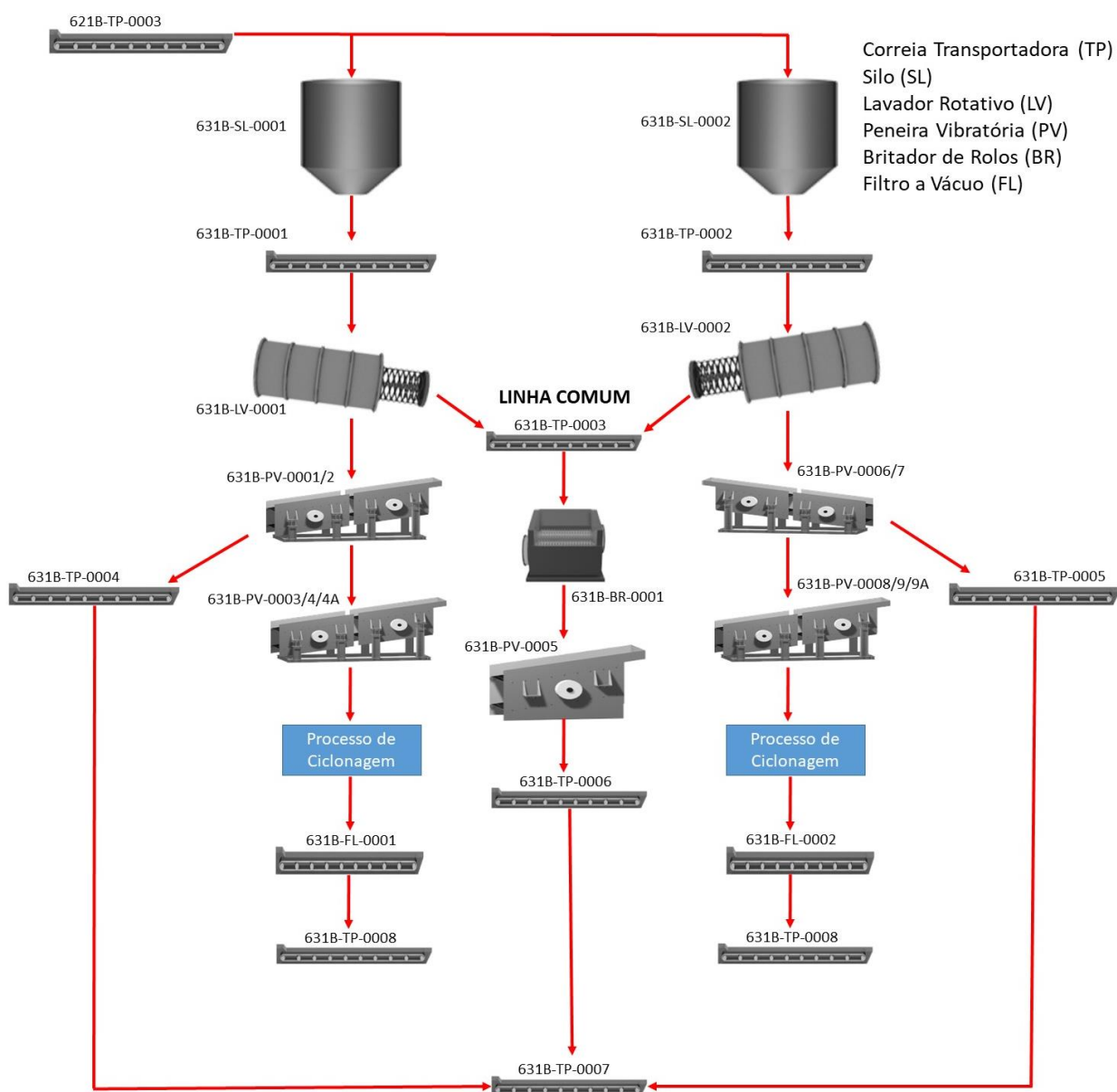
Devido à grande quantidade de vazamentos de bauxita que ocorre nos chutes devido aos problemas de operação alguns colaboradores estão sendo deslocados de atividades planejadas para realizar trabalhos paliativo, tais como, solda de chapas de aço onde ocorre os vazamentos. Para suprir a necessidade de colaboradores são fechados contratos de serviço, que corresponde a três meses com custo médio de R\$ 150.000,00, para que se tenha recursos para desenvolver as atividades, entre janeiro e outubro foram feitos três contratos.

Os custos diretos e indiretos associado a ausência de uma manutenção planejada para chutes se somados aos custos da perda de produtividade devido as paradas não planejadas mais os custos com a contratação de serviços de reparo podem chegar a aproximadamente R\$ 1.145.208,30. Daí a importância de um plano estratégico de manutenção para esses equipamentos de modo minimizar tais problemas.

### 3.2 MAPEAMENTO DOS CHUTES DA USINA DE CLASSIFICAÇÃO

O mapeamento das operações de trabalho nos chutes foi desenvolvido de forma a seguir o fluxo do processo de beneficiamento da bauxita, iniciando na descarga da correia transportadora 621B-TP-0003, sendo concluído no final do processo de lavagem dos chutes que alimentam a 631B-TP-0007/8, conforme pode ser visto na Figura 6. O intuito dessa primeira etapa foi de identificar as regiões que possuem maior tendência de desgaste e que conseqüentemente são responsáveis pelo vazamento de material acarretados pelos furos decorrentes do desgaste.

**Figura 6. Fluxograma dos Chutes da Usina de Classificação.**



As Correias Transportadoras 631B-TP-0007/8, direcionam o minério para o pátio de estocagem.

Fonte: Autoria própria

Mesmo com auxílio da engenharia assistida por computador via análises avançadas DEM, a previsão de desgaste dos chutes não é tão eficaz, pois o fluxo do minério depende de algumas condições, tais como: teor do minério, umidade, velocidade de alimentação, quantidade de alimentação, entre outros; logo como o histórico de desgaste é baseado na data do início da operação até a primeira quebra, é possível mapear o desgaste real desses itens, tornando viável montar uma previsão de vida útil, e registrar os itens que tem uma vida mais curta.

Portanto, o processo de mapeamento será montado de maneira a se ter informações com relação a vida útil dos chutes, baseado no histórico levantado pelos mantenedores, e buscar de forma visual o trecho de desgaste inicial, podendo assim verificar quais os locais mais sensíveis. Com essas informações será possível levantar quais chutes são viáveis para manter em almoxarifado, quais realizar manutenção *in loco*, quais planejar a troca em função do desgaste e em paralelo a isso ter uma previsão de consumo a curto, médio e longo prazo desses itens. Para isso serão avaliados as condições físicas e os dados de vida útil.

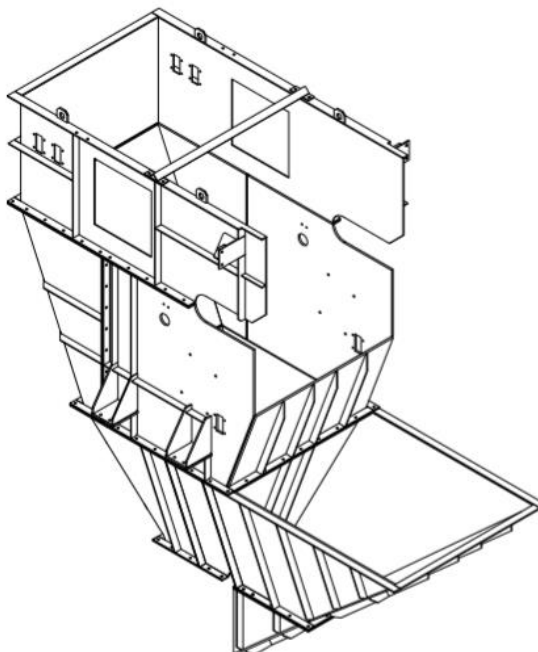
### **3.2.1 Condição Física dos Chutes**

Avaliar as condições físicas dos chutes é essencial para conhecer quais os principais pontos de desgaste dos chutes em operação, para isso será estudado as principais regiões de desgaste e onde se inicia os mesmos. Os detalhamentos do desenho dos chutes não serão disponíveis em anexo, em função de possuírem direitos de exclusividade, no entanto será apresentado imagens de escala e nas referências o código de identificação dos fabricantes.

#### *3.2.1.1 Chute de Descarga dos Transportador – 621B-TP-0003*

É o chute responsável pela alimentação dos Silos, conforme o fluxograma apresentado na Figura 6, na qual é dividido em 5 partes sendo o conjunto representado na Figura 7.

**Figura 7. Chute de Descarga do Transportador 621B-TP-0003**



Fonte: CALTRA (2014).

Nas Figuras 8 e 9, pode-se ver os chutes na área de operação e onde começaram a apresentar sinais de vazamento, e de acordo com os mantenedores e planejadores as manutenções corretivas começaram a atuar a partir do 4º ano de operação.

**Figura 8. Manutenção Corretiva na lateral do chute de descarga da 621B-TP-0003.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 9. Manutenção Corretiva na parte frontal do chute de descarga da 621B-TP-0003**

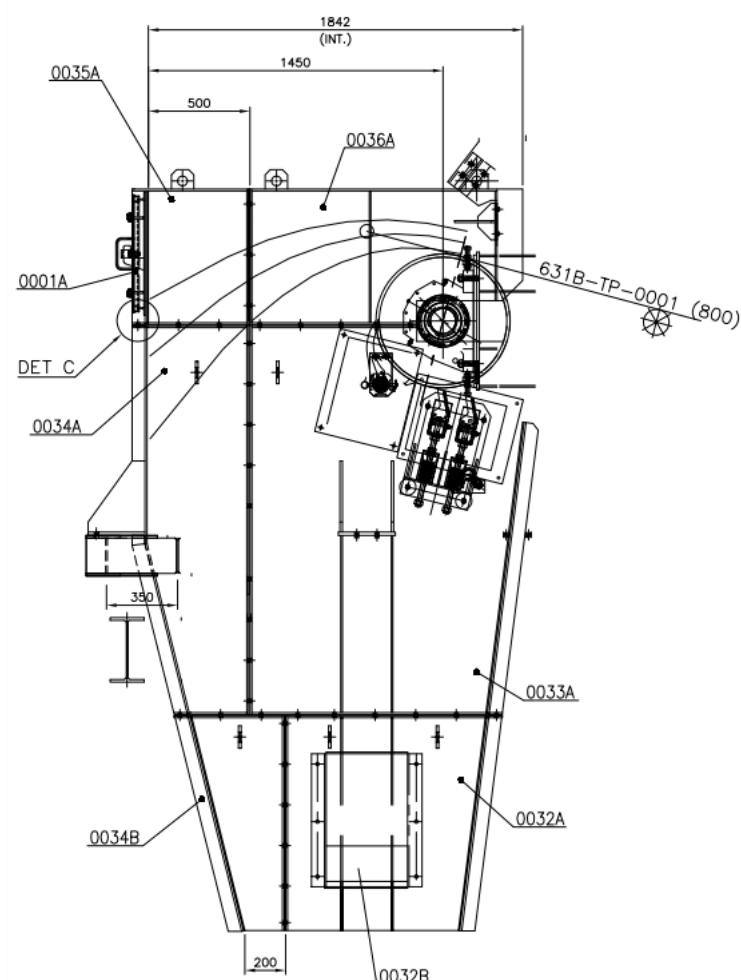


Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1.2 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2

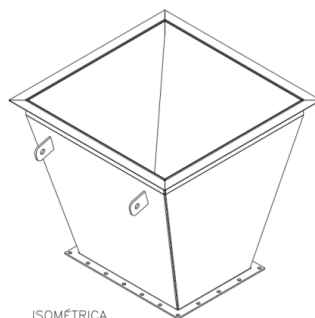
Esse chute é responsável pela alimentação dos lavadores rotativos 631B-LV-0001/2, os responsáveis pela primeira etapa do processo de lavagem, onde sua função é reduzir a granulometria do minério através de jatos de água e escrubagem. Esse chute é dividido em 13 módulos sendo que 4 deles tem uma vida útil menor que 1 ano. As Figuras 10, 11 e 12 mostram o desenho técnico representativo das partes que compõe esse chute.

**Figura 10. Parte superior do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2**



Fonte: CALTRA (2014).

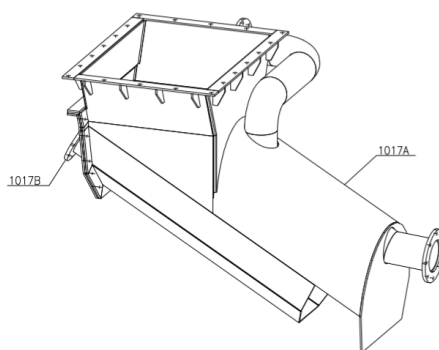
**Figura 11. Semi pirâmide do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2**



ISOMÉTRICA

Fonte: PROGEN (2017)

**Figura 12. Chute Cachimbo do Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2**



Fonte: PROGEN (2017)

O chute cachimbo e o semi pirâmide apresentam necessidade de troca semestral, as zonas de desgaste podem ser vistas na Figura 13, no círculo em vermelho, conforme registro feito em campo.

**Figura 13. A parte inferior do chute com pequenas chapas soldadas para sanar o vazamento da forma paliativa.**

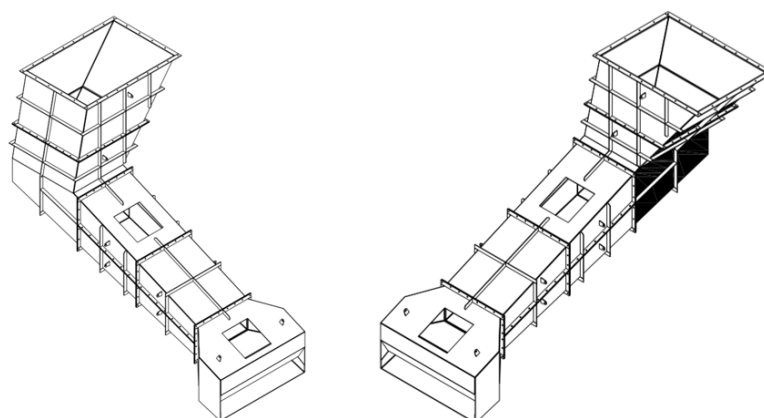


Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1.3 Chute de Descarga Under do Lavador 631B-LV-0001/2

Esse chute é responsável pela descarga da bauxita de menor granulometria onde são direcionados para o sistema de peneiramento depois da filtragem feita pelas telas passantes do lavador. Esse chute possui 7 módulos, sendo considerado crítico apenas um deles, o demarcado em preto na Figura 14, por ser um chute de absorção de impacto, localizado sobre uma área de circulação de pessoas, expondo os colaboradores a queda de minério sobre cabeça, caracterizando como risco de segurança.

**Figura 14. Conjunto Chute de Descarga do Lavador 631B-LV-0001/2, em preto temos o chute de maior desgaste.**



Fonte: CALTRA (2014)

Apenas um desses módulos são considerados críticos, em função do risco de segurança, os demais são chutes de transição, estando sujeito apenas a desgaste por abrasão. Na Figura 15 é possível ver que os dois trechos sofreram manutenção corretiva, tanto a zona de impacto como a zona de abrasão.

**Figura 15. Vazamentos na Zona de Impacto demarcada em vermelho e da Zona de Transição demarcada em azul.**



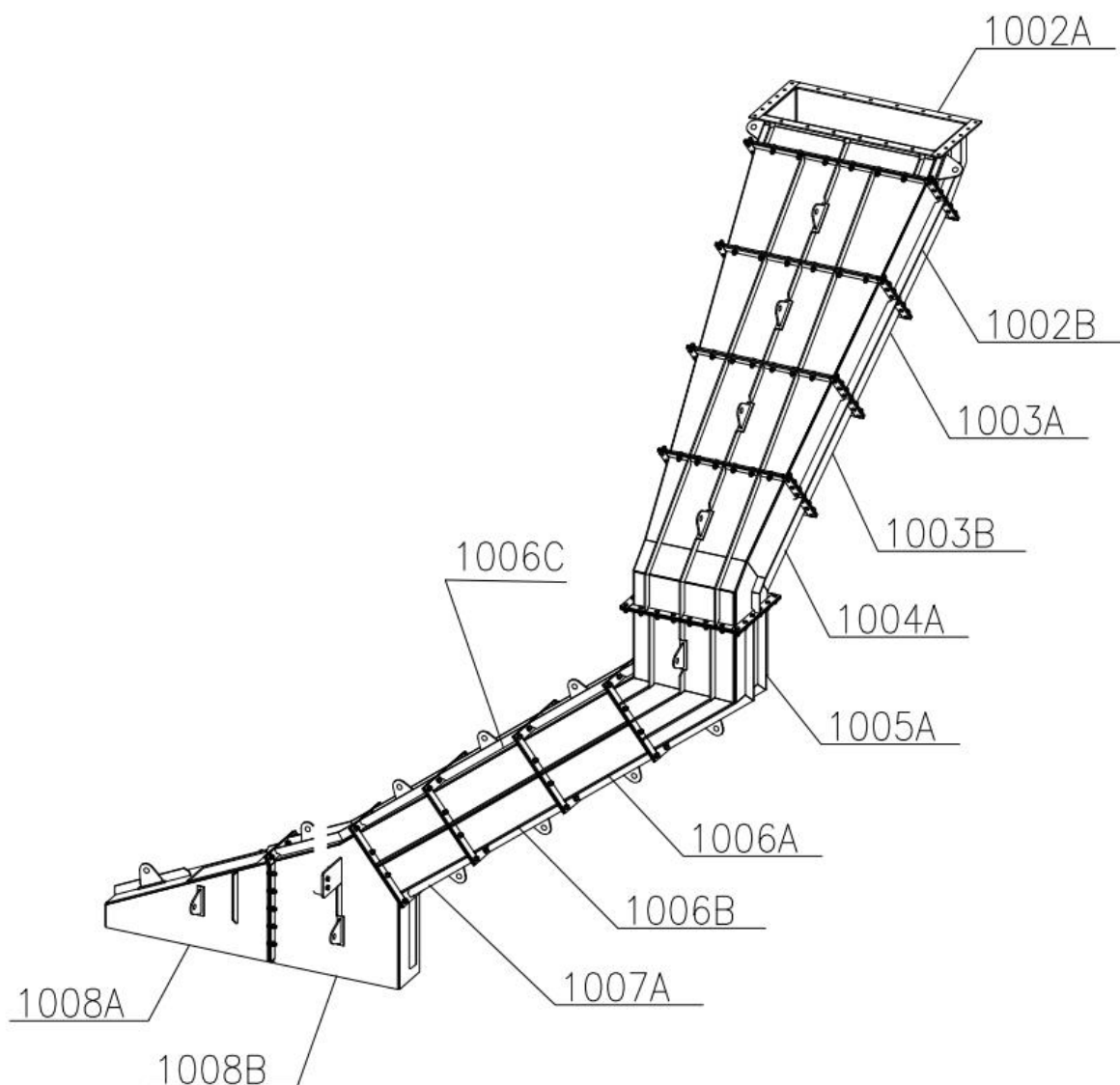
Fonte: Autoria própria.

Vale ressaltar que a manutenção corretiva, as chapas soldadas, para sanar o vazamento é feita com chapas de aço ASTM A-36, chapa essa pouco resistente a impacto e abrasão se comprado com o CDP 4666 SW, chapa responsável pelo revestimento dos chutes, o que gera uma grande quantidade de retrabalho, vale ressaltar que a reposição não é realizada com CDP pois se trata de uma liga especial, e na nossa unidade não tem-se soldadores capacitados para realizar esse tipo de solda, inclusive temos histórico de falha quando tentaram fazer esse trabalho. O retrabalho nesses chutes é feito com o uso de andaimes que ficam montado para fazer manutenção no mesmo nos dias de parada da Usina de Classificação.

### 3.2.1.4. Chute de Descarga dos Grossos do Lavador 631B-LV-0001/2

Esse chute é responsável pelo direcionamento do minério que será deslocado para um novo processo de britagem, minério esse considerado grosso para ir ao processo de peneiramento, sendo dividido em 12 módulos, conforme pode ser visto na Figura 16. Nesse chute o módulo 1005A é considerado um gargalo, pois está localizado em uma zona de mudança de fluxo, sofrendo impacto e abrasão, e por estar localizado na linha comum, o seu vazamento exige que seja parado as duas linhas do processo.

**Figura 16. Chutes de descarga do lavador 631B-LV-0001/2 com desgaste prematuro localizado no módulo 1005A**



Fonte: PROGEN

Como apresentado na Figura 16, o chute 1005A, segundo registros na árvore de falha eles começaram a falhar com 6 meses de operação, e desde a sua instalação em 2017 foi substituído o modulo inteiro 2 vezes e sofreu diversas manutenções corretivas (Figura 17), demarcado em vermelho segue a última corretiva realizada até o período da análise. A solução paliativa que suportou um maior tempo até o próximo vazamento foi criar um morto dentro do sistema, zona composta por bauxita, impedido o contato do minério diretamente com a parede de transição, apesar de ser mais eficaz que apenas a solda de uma chapa, ainda se mostra ineficiente.

**Figura 17. Solução Paliativa no chute de descarga de grossos do lavador 631B-LV-0001/2**

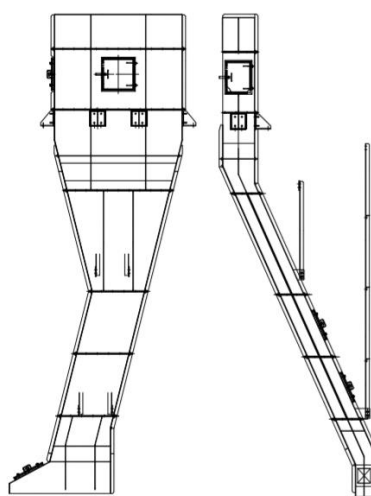


Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1.5. Chute de Descarga do Over das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7

O chute de Descarga do Over das Peneiras é responsável por direcionar o minério para correia transportadora 631B-TP-0004/5. Esse chute foi instalado em 2014 e possui vários pontos danificados, onde o início do desgaste começou a surgir a partir do 2º ano de operação, sendo necessário realizar diversas manutenções corretivas. O desenho de projeto do chute pode ser visto na Figura 18.

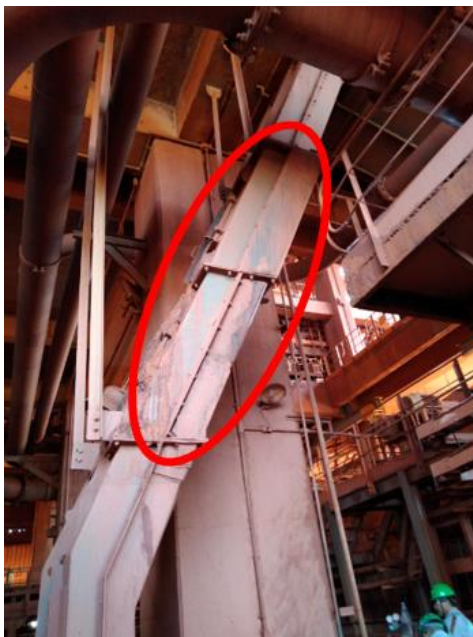
**Figura 18. Chute de descarga do Over das peneiras 631B-PV-0001/2/6/7**



Fonte: CALTRA (2014)

Na Figura 19, é visível as manutenções corretivas feitas nos chutes, sendo elas feitas em caixote com o morto ou apenas na solda de pequenas chapas em aço ASTM A-36.

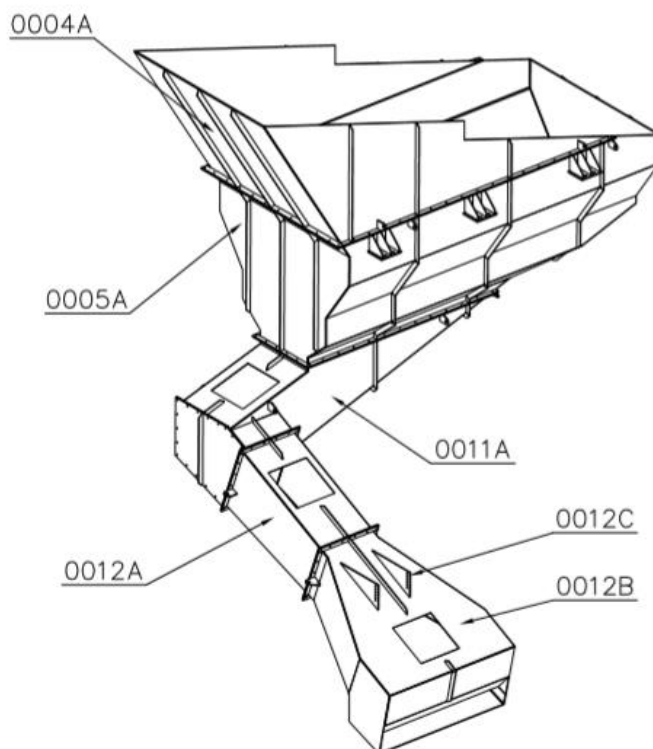
**Figura 19. Manutenções no Chute de Descarga do Over do Peneiramento primário**



Fonte: Autoria própria.

**3.2.1.6. Chute de Descarga do Under das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7**

Esse chute é responsável por encaminhar o minério considerado fino do peneiramento primário para o secundário, o mesmo foi instalado em 2014, por ser um chute que fica localizado abaixo das peneiras o processo de troca dos módulos 0004A e 0005A é bem complexo, na Figura 20 pode-se ver o modelo de projeto.

**Figura 20. Chute de Descarga do Under e das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7**

Fonte: CALTRA (2017)

Na Figura 21 é possível ver que o chute possui uma região molhada devido aos vazamentos contidos nos módulos 0004A e 0005A, a localização está descrita na Figura 20. A partir da avaliação das partes externa desse chute é possível encontrar algumas manutenções corretivas, como visto na Figura 22, no entanto a manutenção desse chute também é feita na sua parte interna, por ser um chute com um vão interno relativamente grande se comparado aos demais, permitindo a entrada do colaborado para que o mesmo possa fazer a recuperação interna.

**Figura 21. A seta azul indica as zonas molhada causada pelo vazamento no modulo 0004A e 0005A**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 22. Regiões com sinais de manutenção corretiva para sanar o vazamento**

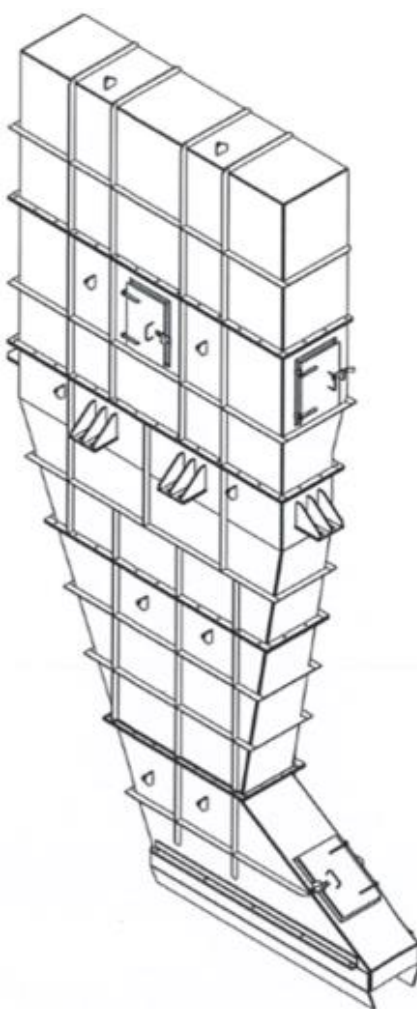


Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1.7 Chute de Grossos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A

O chute de grossos das peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A é responsável por direcionar o minério para o transportador 631B-TP-0007, foi instalado em 2017 e não apresenta ainda sinais de manutenção corretiva, no entanto, é necessário manter um alerta, para que seja registrado os primeiros sinais de vazamento. O conjunto pode ser visto na Figura 23.

**Figura 23. Chute de Grossos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A**



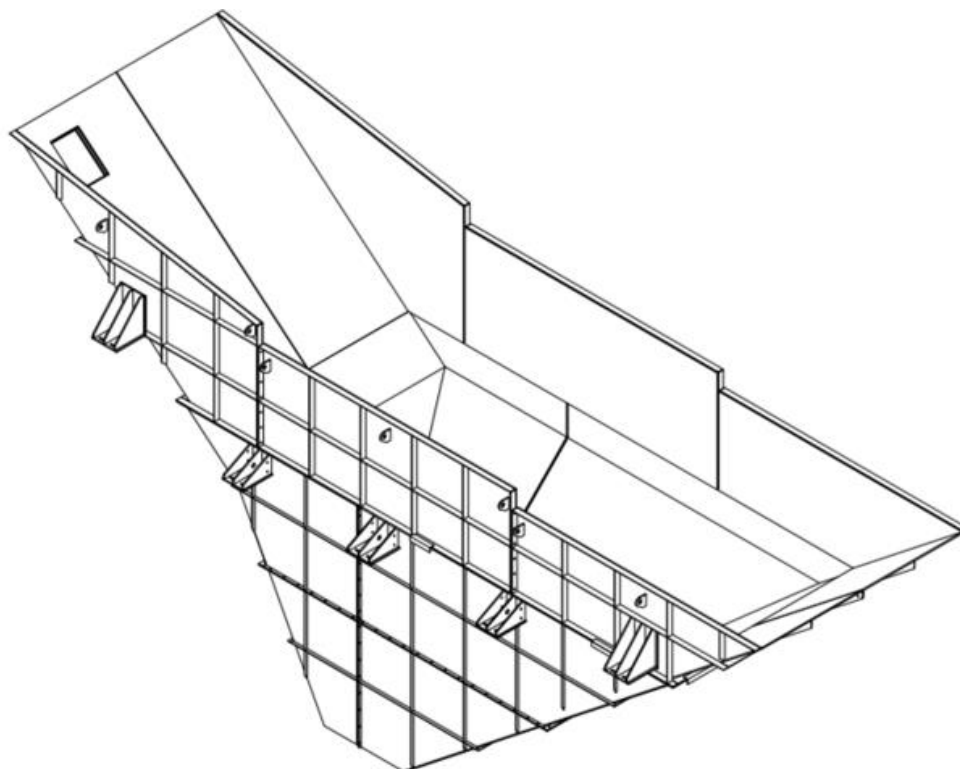
Fonte: EUTECTIC CASTOLIN (2017)

### 3.2.1.8 Chute de Finos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A

É o chute que recebe o minério fino, direcionando o mesmo para os tanques que alimentam o processo de ciclonagem. Foi instalado em 2017, não sofreu nenhuma ação corretiva, sua condição de operação é bem parecida com o chute do

peneiramento primário, onde é estimado uma vida útil em torno de 6 anos, o conjunto de projeto desse chute é apresentado na Figura 24.

**Figura 24. Chute de Fino das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A**

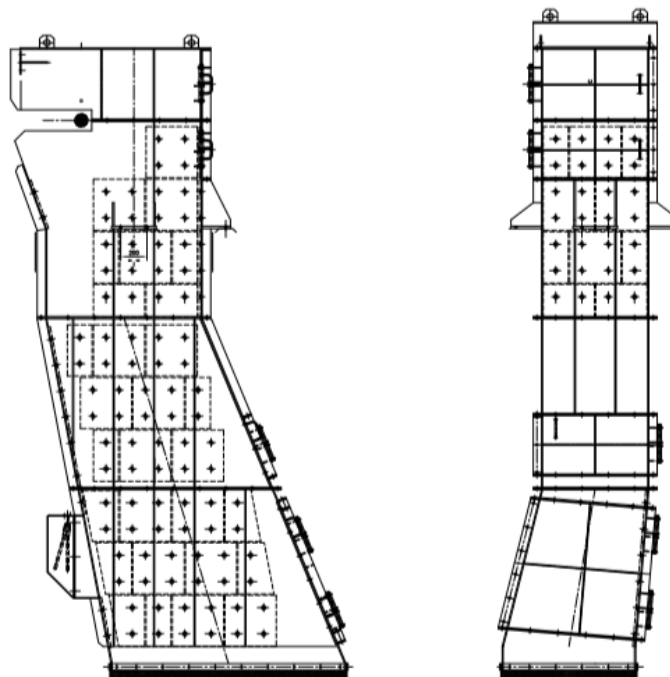


Fonte: EUTECTIC CASTOLIN (2017)

#### *3.2.1.9 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0003*

O responsável pela alimentação do britador terciário, o mesmo está em operação desde de 2009, e começou a apresentar falha a partir do seu quinto ano de operação, desde então vem sofrendo manutenções corretivas, seja na troca da chapa de desgaste ou vedação do vazamento com chapa de aço ASTM A-36. Na Figura 25 pode-se ver o projeto do chute.

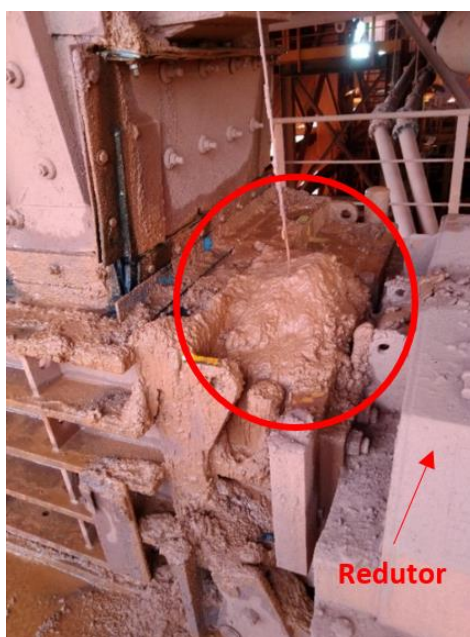
**Figura 25. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0003**



Fonte: METSO (2009)

Além das diversas paradas de processo ocasionada por esse chute pode-se levantar também os problemas que podem ser causados com o vazamento contínuo, como pode ser visto na Figura 26 o vazamento está próximo do redutor, podendo contaminar o óleo e aumentar a temperatura, já que o minério impede a troca de calor.

**Figura 26. Região com risco de contaminação do redutor do Britador Terciário**



Fonte: Autoria própria.

Outro ponto que vale ressaltar é a queda do minério na plataforma de circulação, apresentando risco de queda de mesmo nível aos colaboradores que inspecionam essa área, como pode ser visto na Figura 27.

**Figura 27. Área de risco de queda do mesmo nível gerada pelo vazamento**



Fonte: Autoria própria.

Avaliando o chute internamente através da janela de visita é possível ver o desgaste das chapas, algumas já apresentam quebra, como pode ser visto na Figura 28. Vale ressaltar que a queda dessa chapa pode gerar obstrução e até rasgo na correia transportadora, e conseqüentemente parada na produção de minério lavado.

**Figura 28. Desgaste interno do Chute de Descarga da 631B-TP-0003**

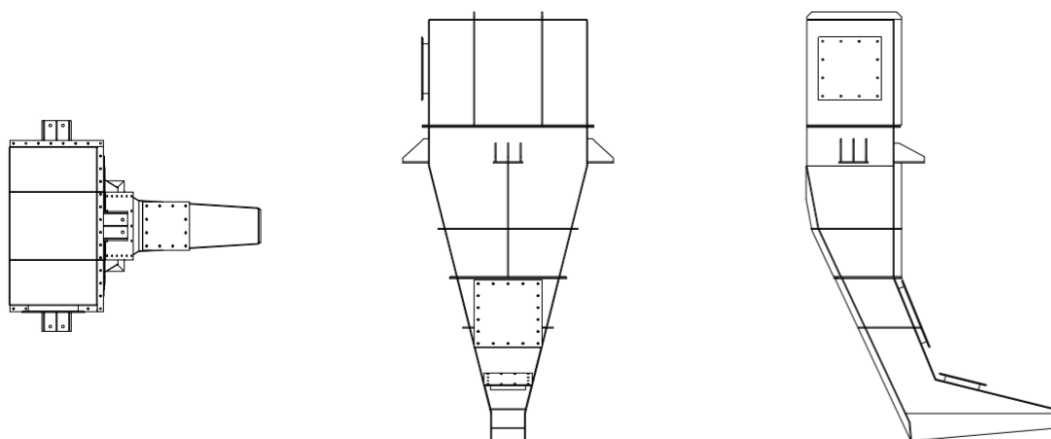


Fonte: Autoria própria.

#### *3.2.1.10 Chute Over da Peneira 631B-PV-0005*

Esse chute é responsável por direcionar o minério com maior granulometria no processo da Usina de Classificação, transportando o minério grosso da peneira vibratória. O chute não é composto de revestimentos estrutural, possuindo chapas de desgaste na sua superfície, na Figura 29, pode-se ver um esboço do projeto do chute.

**Figura 29. Chute Over da Peneira 631B-PV-0005**



Fonte: METSO (2009)

Conforme pode ser visto na Figura 30, vários pontos apresentam dano na base estrutural do chute, o desgaste nesse local se dá pela falta de manutenção na troca

das chapas de desgaste, que é dificultada pela falta de acesso ao chute e pela ausência de sobressalente para troca.

**Figura 30. Região de Desgaste dos chutes Over da Peneira 631B-PV-0005**



Fonte: Autoria própria.

Além do desgaste estrutural do chute, foi relatado pelo time operacional o desprendimento de uma chapa de desgaste, que felizmente não causou nenhum rasgo na correia transportadora, como alguns casos já relatados no passado. Na Figura 31, pode-se ver que a base de fixação está totalmente gasta, os furos demarcados em vermelho não possuem a base de fixação da cabeça do parafuso, além do desgaste visual gerado na superfície, apresentando várias ranhuras.

**Figura 31. Chapa desprendida do chute Over da Peneira 631B-PV-0005**

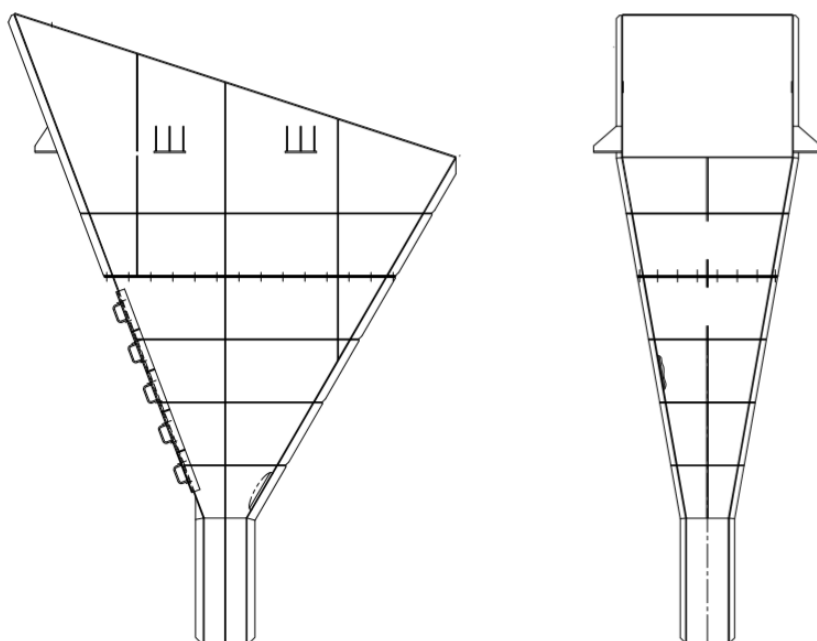


Fonte: Autoria própria.

#### *3.2.1.11 Chute do Under da Peneira 631B-PV-0005*

É o chute responsável pela última filtragem do processo de peneiramento, sendo responsável pela alimentação do tanque, onde o minério seria bombeado e encaminhado para o processo de ciclonagem. O mesmo opera desde 2009, e sem apresentar vazamento, isso se dá devido ao baixo fluxo de minério nesse processo, reduzindo o desgaste do chute. O conjunto pode ser visto na Figura 32.

**Figura 32 - Chute do Under da Peneira 631B-PV-0005**

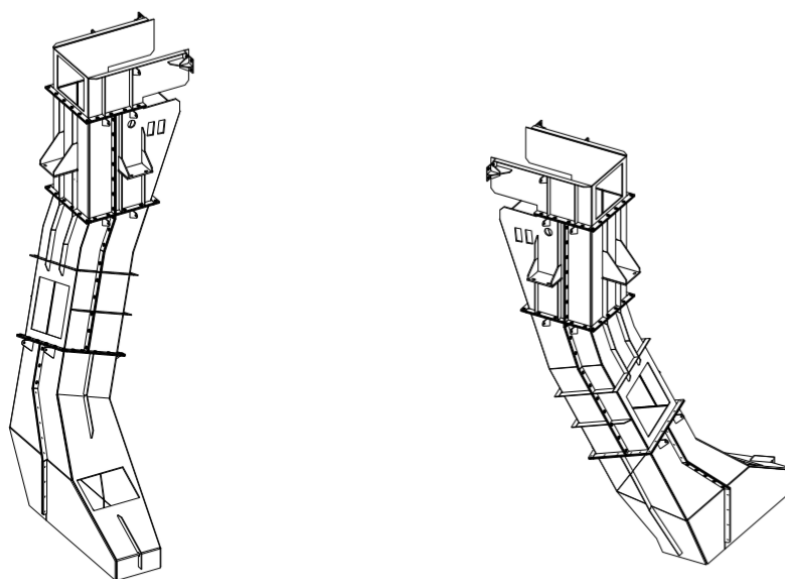


Fonte: METSO (2009)

### 3.2.1.12 Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004/5

É o chute responsável pela descarga do minério considerado grosso do processo de peneiramento primário, a qual as correias transportadoras 631B-TP-0004/5 alimentam a 631B-TP-0007, ele é dividido em 9 módulos o seu conjunto pode ser visto na Figura 33.

**Figura 33 - Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004/5**



Fonte: CALTRA (2014)

O chute está operando desde 2014, com aproximadamente 5 anos, começou a apresentar vazamento na sua estrutura como pode ser visto, nas manutenções corretivas realizadas demarcadas em vermelho nas Figuras 34 e 35.

**Figura 34. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004 - Linha 1**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 35. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0005 - Linha 2**



Fonte: Autoria própria.

Durante uma nova visita em campo, após 30 dias o chute da linha 2 apresentou novos vazamento, tornando necessário a fabricação de um morto para conter por mais tempo o vazamento, como pode ser visto na Figura 36.

**Figura 36. Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0005 – Linha 2**

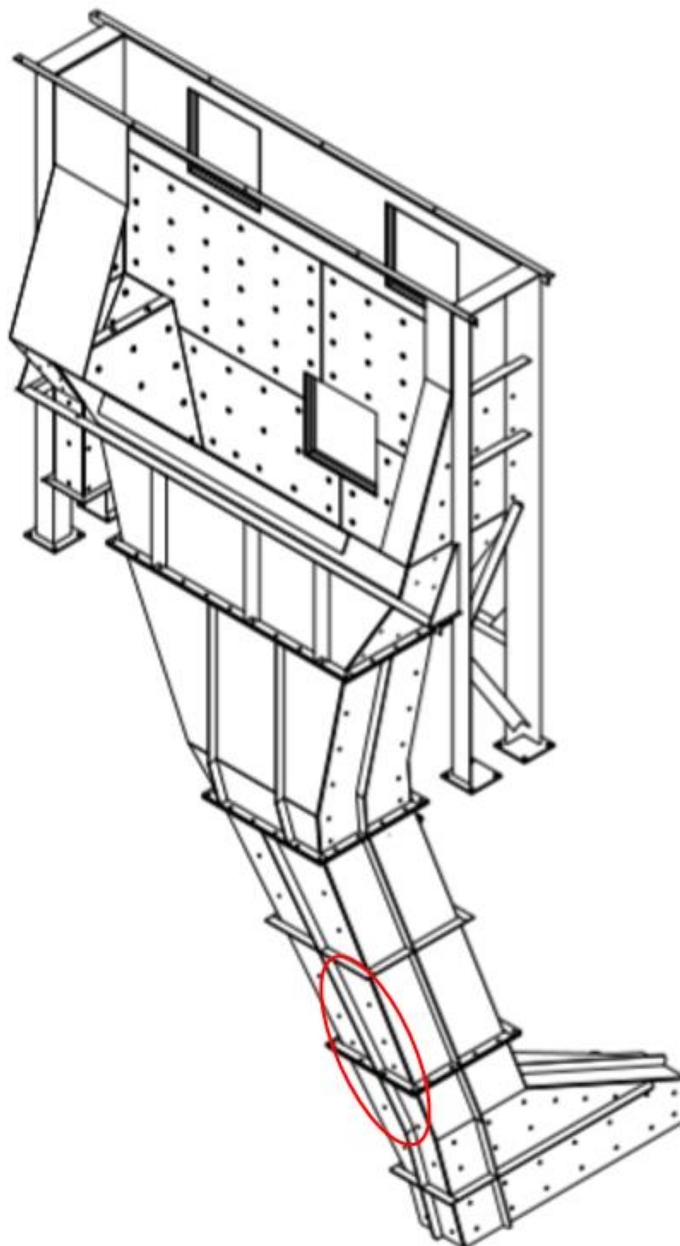


Fonte: Autoria própria.

#### *3.2.1.13 Chute de Descarga do Filtro 631B-FL-0001/2*

Esses chutes são responsáveis pela descarga do minério filtrado, alimentando assim 631B-TP-0008. Esse chute é dividido em 4 módulos, os seus módulos inferiores têm uma vida útil de aproximadamente 4 anos, o mesmo já apresenta vazamentos, no entanto não foi realizado nenhum registro fotográfico. Na Figura 37 pode-se ver o conjunto.

**Figura 37. Chute de Descarga do Filtro 631B-FL-0001/2, em vermelhos as zonas que apresentam vazamento.**



Fonte: CALTRA (2014)

### **3.2.2 Dados de Vida útil**

Para se conseguir montar a estratégia de manutenção é necessário ter uma noção da vida útil de todos os módulos. Essas informações darão uma previsão de quando será necessária uma nova compra. De posse das informações coletadas em campo com os planejadores e engenheiros, obteve-se o registro do ano de instalação

e de quando os chutes começaram a apresentar vazamentos, conforme é mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1. Dados do Chutes da Usina de Classificação**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Vida útil (anos)	Ano de Instalação
1	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0063A	1	Operando	2014
2		0064A	1	3,5	2014
3		0065A	1	4	2014
4		0066A	1	4	2014
5		0066B	1	Operando	2014
6	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0032A	2	Operando	2014
7		0032B	2	Operando	2014
8		0033A	2	Operando	2014
9		0034A	2	Operando	2014
10		0034B	2	Operando	2014
11		0035A	2	Operando	2014
12		0036A	2	Operando	2014
13		0036B	2	Operando	2014
14		0036C	2	Operando	2014
15		SEMI PIRÂMIDE	2	0,5	2017
16		1017A	2	0,5	2017
17		1017B	2	0,5	2017
18		1017C	2	0,5	2017

19	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B- LV-0001/2	0001A	2	4	2014
20		0001B	2	4	2014
21		0002A	2	5	2014
22		0002B	2	5	2014
23		0114A	2	5	2014
24		0114B	2	5	2014
25		0152A	2	3	2014
26	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B- LV-0001/2	1002A	2	Operando	2017
27		1002B	2	Operando	2017
28		1003A	2	Operando	2017
29		1003B	2	Operando	2017
30		1004A	2	8	2017
31		1005A	2	8	2017
32		1006A	2	Operando	2017
33		1006B	2	Operando	2017
34		1006C	2	Operando	2017
35		1007A	2	Operando	2017
36		1008A	2	Operando	2017
37	1008B	2	Operando	2017	
38	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B- PV-0001/2/6/7	0019A	2	5	2014
39		0019B	2	5	2014
40		0020A	2	5	2014

41		0074A	2	5	2014
42		0074B	2	5	2014
43		0075A	2	3	2014
44		0075B	2	3	2014
45	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B- PV-0001/2/6/7	0004A	2	Operando	2014
46		0005A	2	5	2014
47		0011A	2	5	2014
48		0012A	2	5	2014
49		0012B	2	3	2014
50	CHUTE DE GROSSOS DAS PENEIRAS 631B- PV- 0003/4/4A/8/9/9A	M1-D58-0001	2	Operando	2017
51		M1-D58-0002	2	Operando	2017
52		M1-D58-0003	2	Operando	2017
53		M1-D58-0004	2	Operando	2017
54		M1-D58-0005	2	Operando	2017
55	CHUTE DE FINOS DAS PENEIRAS 631V-PV- 0003/4/4A/8/9/9A	M1-D58-0012	2	Operando	2017
56		M2-D58-0014	2	Operando	2017
57		M3-D58-0016	2	Operando	2017
58	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 2	1	Operando	2009
59		MK500 - 3	1	4	2009
60		MK500 - 4	1	4	2009
61	CHUTE DO OVER DA PENEIRA 631B- PV-0005	0032A	1	Operando	2009
62		0033A	1	Operando	2009

63	CHUTE DO UNDER DA PENEIRA 631B- PV-0005	0037A	1	6	2009
64		0037B	1	6	2009
65	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0045A	2	Operando	2014
66		0045B	2	Operando	2014
67		0046A	2	Operando	2014
68		0046B	2	3	2014
69		0116A	2	3	2014
70		0119A	2	5	2014
71		0119B	2	5	2014
72	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL- 0001	0056A	2	Operando	2014
73		0058A	2	6	2014
74		0059A	2	3	2014
75		0153A	2	3	2014

Fonte: Autoria própria.

### 3.2.3 Reposição dos Chutes

Em função do alto nível de vazamento de materiais que saem dos chutes por decorrência de suas falhas causadas pelo desgaste, a substituição de alguns modelos de chutes tornou-se indispensável para o processo. Diante desse cenário, será realizado no decorrer do ano de 2020 uma revisão geral (*overhaul*) nos chutes da usina de classificação.

### 3.3. FUNÇÃO DOS MANTENEDORES

A empresa divide o departamento de manutenção mecânica em 4 grupos, sendo eles:

1. **Manutenção Autônoma:** Composta por operadores, responsáveis por realizar as atividades operacionais, e ações básicas da manutenção autônoma, tais como, inspeção visual e limpeza.
2. **Manutenção Operacional:** Composto por técnicos mecânicos responsáveis por realizar as execuções e inspeções programadas pelo time de planejamento, em que os ativos estejam parados
3. **Manutenção de Turno:** é composta por técnicos mecânicos, a equipe é destinada para manutenção corretiva.
4. **Inspeção:** É o grupo composto por técnicos experientes capazes de identificar as falhas potenciais através de equipamentos preditivos ou sensibilidade, são destinadas rotas montadas de acordo com a estratégia de cada ativo, de modo que eles consigam prever suas falhas.

No atual cenário não são realizadas inspeções nos chutes, são realizadas apenas manutenções corretivas não planejada para solucionar o vazamento de maneira paliativa. A Tabela 2 apresenta uma descrição adicional de cada grupo pertencente a manutenção que foi comentado.

**Tabela 2. Responsabilidade das Equipes de Mantenedores com Relação a Chutes**

Equipe	Atuação
Manutenção Autônoma	Verifica o vazamento dos chutes de maneira pro ativa e solicita a manutenção corretiva ou abre uma solicitação de serviço para a manutenção operacional, variando de acordo com o impacto do vazamento.
Manutenção Operacional	Executa a troca ou manutenção planejada dos chutes.
Manutenção de Turno	Executa a troca ou manutenção não planejada.
Inspeção	Verifica o vazamento de maneira planejada e solicitar a manutenção/troca planejada.

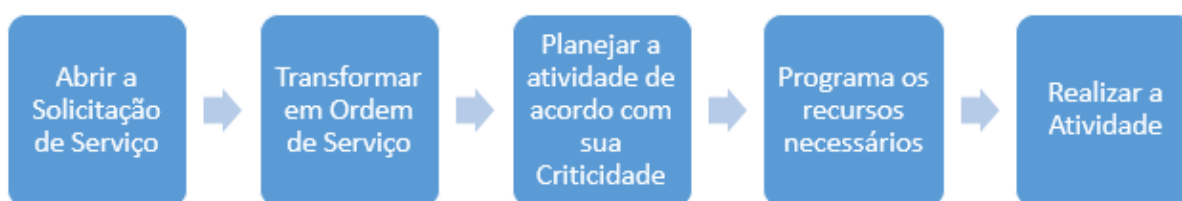
Fonte: Autoria própria.

### 3.4 OPERAÇÃO PARA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO

Durante o desenvolvimento do trabalho foi visto que não existia planos de manutenção e/ou inspeção voltado para os chutes, portanto, todas as atividades de manutenção não têm controle algum do desgaste desses itens. Os vazamentos são divididos entre os que causam impacto na operação, sendo esse realizado de maneira urgente, e os que não causam impacto são planejados para serem feitos na próxima parada de manutenção, essas solicitações de serviço são realizadas das seguintes formas:

- Quando o vazamento não impacta na Operação, ele segue na Figura 38:
  - A. Abrir Solicitação de Serviço: Acessar o sistema interno, para abertura da solicitação de serviço, e identificar o local, a criticidade, e anexar registro fotográficos se possível.
  - B. Transformar em Ordem de Serviço: O planejador irá abrir uma ordem de serviço e encaminhar para o supervisor responsável pela equipe que irá executar a atividade.
  - C. Planejar a atividade de acordo com sua criticidade: o planejador irá planejar a data de execução da atividade de acordo com a criticidade levantada na solicitação de serviço.
  - D. Programar recursos: Nessa etapa serão programados os recursos necessários (máquina de solda, veículo, eletrodo e etc.).
  - E. Realizar a atividade: O supervisor junto a sua equipe irá ao local realizar a atividade.

**Figura 38. Fluxo de manutenção em vazamento sem impacto operacional**

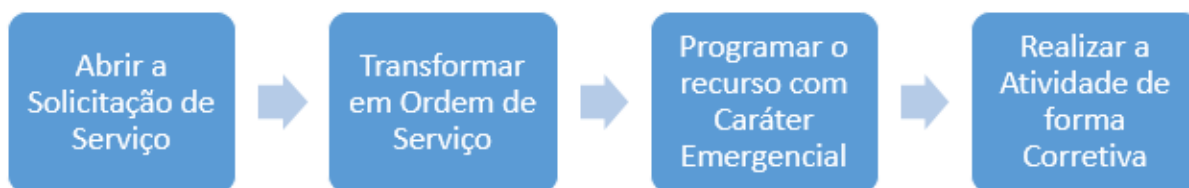


Fonte: Autoria própria.

- Quando o vazamento impacta a Operação, o fluxo para corretiva está na Figura 39.

- A. Abrir Solicitação de Serviço: Acessar o sistema interno, para abertura da solicitação de serviço, e identificar o local, a criticidade, e anexar registro fotográficos se possível, em caso de trabalhos urgentes é seja necessário desviar mão de obra planejada, essa atividade só é realizada com autorização do gerente.
- B. Transformar em Ordem de Serviço: O planejador irá abrir uma ordem de serviço e encaminhar para o supervisor responsável pela equipe que irá executar a atividade.
- C. Programar recursos: Nessa etapa serão programados os recursos necessários (máquina de solda, veículo, eletrodo e etc.).
- D. Realizar a atividade: O supervisor junto a sua equipe irá ao local realizar a atividade.

**Figura 39. Fluxo de manutenção em vazamento com impacto operacional**



Fonte: Autoria própria.

Quaisquer atividades de manutenção são planejadas para ser realizadas a partir da quarta semana, em função disso para toda atividade que apresentar a necessidade de realizar a manutenção antes desse prazo, é necessário a aprovação pela gerencia, e isso poderá afetar os indicadores de performance da manutenção. Em geral, mesmo quando pode-se realizar uma corretiva planejada nos chutes, ela tem que ser realizada antes da quarta semana, já que a capacidade de propagação do vazamento em uma estrutura danifica é alta, geralmente essas atividades são direcionadas para a primeira semana.

### 3.5 POLÍTICAS DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO DE ITENS

As políticas de gestão de sobressalentes da empresa, prega que todos os itens que tem um consumo rotineiro ou previsão de uso, mesmo a longo prazo, deve ser cadastrado no almoxarifado com estoque mínimo e máximo igual a 0, de modo que

os acordo de compras sejam mantidos, e assim, reduzindo o fluxo de aprovação de compra, criando um código de estoque interno, que ao ser alinhado com o sistema interno de manutenção, torna mais ágil e menos burocrático, já que a manutenção está ligada diretamente com a compra.

No presente momento não há nenhum chute cadastro no sistema, o que deixa o processo de reposição de chutes mais lento. Como o intuito de adequar a unidade todos os chutes que possuem vazamento serão repostos e cadastrados como item de estoque no almoxarifado.

Os cadastros desses itens não aumentarão o custo operacional do almoxarifado, já que seu custo está baseado na quantidade de itens que estão disponíveis e não nos que estão cadastrados no sistema.

### 3.6 GESTÃO DE CHUTES

Para realizar o processo de gestão dos chutes é necessário montar o direcionamento das atividades que serão realizadas nos chutes dentre elas as principais são a estocagem e a manutenção in loco.

#### 3.6.1 Estocagem

Os chutes que serão cadastrados em almoxarifado, são os que apresentaram falha em um período menor que 12 meses. Como o tempo entre fluxo de aprovação da requisição, fabricação e transporte leva em média 120 dias, é necessário manter estocado no almoxarifado a quantidade necessária para suprir a necessidade de troca em campo.

Vale lembrar que os chutes serão cadastrados como itens reparáveis, após o mesmo ao sair da aplicação em campo e ser avaliado pela equipe de engenharia e técnicos especialistas em caldeiraria será verificado a ação se é viável a recuperação. Podendo ser classificado como reparável, onde, será aberta uma Solicitação de Serviço (SS) para recuperação do chute, o time de planejamento gerará o código de Ordem de Serviço (OS), a partir disso o chute serão direcionados para recuperação,

ou não reparável, onde, o chute será direcionado para o descarte, e será gerado a solicitação ao almoxarifado da compra de um novo.

### **3.6.2 Manutenção *In Loco***

Para desenvolver o trabalho de manutenção *in loco*, foi observado a necessidade de enviar 3 soldadores para realizar um curso básico de soldagem com eletrodo especial na Kestra Service, dessa forma foi proposto ao departamento técnico o envio desses colaboradores para suprir essa necessidade, onde serão treinando para realizar solda com eletrodo especial, já que na nossa unidade não há soldadores certificados, e sim mantenedores que fazem solda, nesse curso terão aulas teóricas e aulas práticas, tornando-os aptos a realizar essa manutenção *in loco*.

O processo de solicitação de serviço da manutenção *in loco* surgirá de duas maneiras: 1) Inspeção Preditiva mensal, quando for identificado uma possível falha nos chutes, seja ela visual ou por ruído anormal, deverá ser seguido o fluxo de solicitação de serviço, e também será buscado com fornecedores especializado em preditiva, soluções tecnológicas para realizar o acompanhamento de desgaste superficial do chute; 2) Manutenção Operacional, caso o time de manutenção da operação identifique alguma oportunidade nos trechos não mapeados pela inspeção, será solicitado que siga o fluxo já conhecido de solicitação de serviço.

## 4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

### 4.1 PLANOS DE MANUTENÇÃO

Devido à ausência de planos de manutenção não se tinha nenhum controle dos vazamentos nos chutes de transferência da mineradora. Portanto, com o objetivo de tentar minimizar os danos causados por falhas ocasionados por desgastes em chute foi levantada algumas propostas para que pudesse realizar essa avaliação.

#### 4.1.1 Manutenção Preditiva

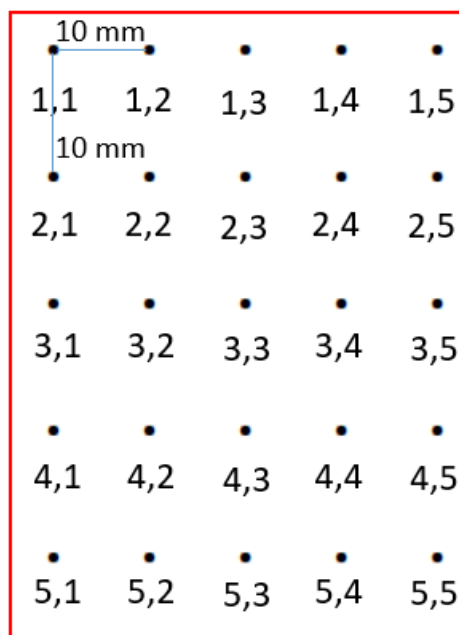
Ela é caracterizada pela previsibilidade da deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento, com o objetivo de ter um controle maior do desgaste dos chutes foram levantadas duas propostas.

##### 4.1.1.1 Ultrassom

A técnica de ultrassom tem a facilidade de realizar o diagnóstico das condições em que está a superfície da estrutura a ser medida, podendo medir espessura de chapas e tubulações. Com a coleta desses dados é possível realizar um diagnóstico das condições superficiais dos chutes utilizando estratégia de interpolação e medição visual via gráfico de superfície.

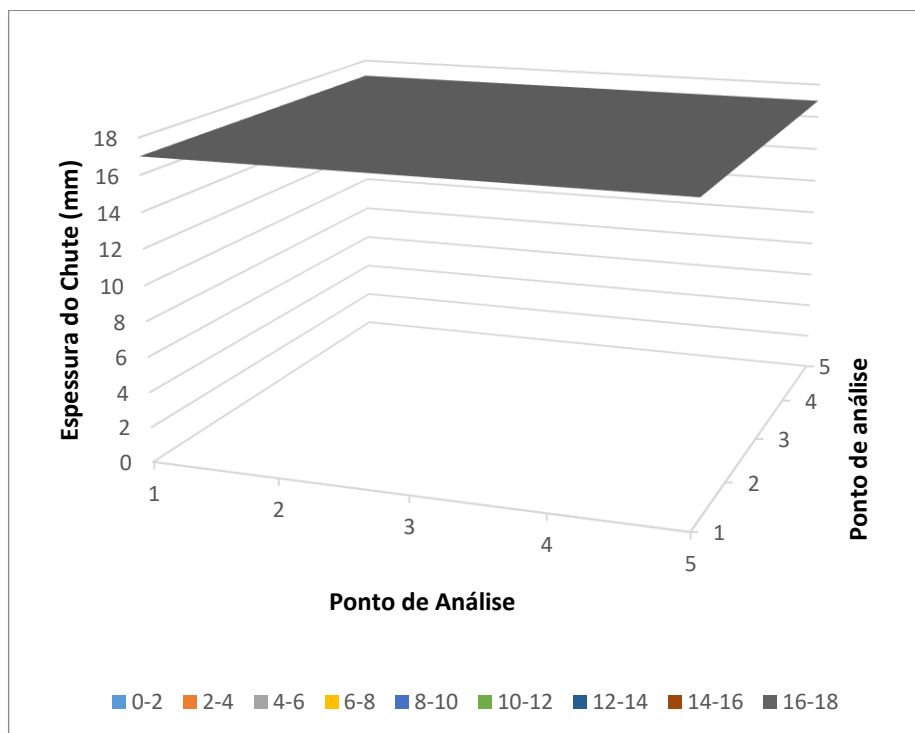
##### ➤ Proposta

Fazer uso de um gráfico de superfície, a partir das coletas de dados obtidos no ultrassom, essa coleta será feita em 25 pontos nas regiões de vazamento inicial dos chutes, onde os pontos formarão um quadrado separado por 10 mm, conforme Figura 40.

**Figura 40. Pontos de análise do ultrassom separados por 10 mm**

Fonte: Autoria própria

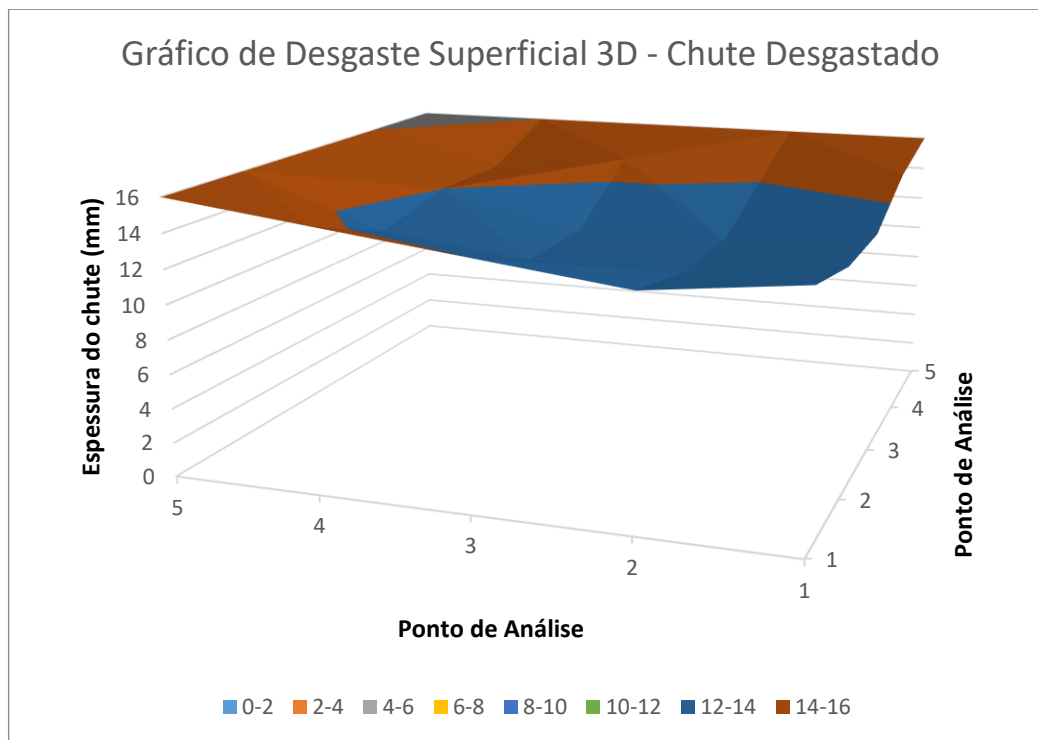
Nesse exemplo, a maioria dos chutes possuem espessura de 17 mm, sendo 10 mm de aço base e 7 mm de revestimento. Como os chutes possuem grandes áreas superficiais, será realizado o ultrassom na região onde foi registrado o primeiro vazamento, restringindo a análise superficial ao ponto inicial de desgaste, na Figura 41, é possível verificar a superfície plana, o que representaria um chute novo.

**Figura 41. Gráfico Superficial de um chute novo**

Fonte: Autoria própria.

Com os dados obtidos em uma nova análise tem-se um parâmetro da condição superficial do chute, essa análise sendo realizada de maneira bimestral (podendo variar de acordo com a previsão do chute), tornando possível programar a troca e ter o controle de desgaste, na Figura 42 é mostrado uma situação hipotética de análise.

**Figura 42. Gráfico Hipotético de desgaste superficial, após uma análise bimestral - Desgastado**



Fonte: Autoria própria.

Como visto, fica visível a redução superficial, pela mudança na coloração e essa informação servirá de subsídio para tomadas de decisão referente ao momento de se fazer intervenção de reparo no chute. Desse modo, a partir da coleta e observação dos dados será possível agir de forma a reparar o problema em tempo hábil de modo a não ser surpreendido por uma parada não programada. Portanto, o reparo no chute será executado conforme a redução de superfície começa a avançar no sentido do material de base, momento esse que servirá de sinalização para que a intervenção de troca rápida ou de manutenção do equipamento seja feita.

O ultrassom é uma medida a ser implementada para controle do desgaste superficial dos chutes, conseguindo assim evitar os vazamentos que geram altos custos com paradas de produção, para validar essa proposta é necessária requisitar um ultrassom capaz de medir a superfície de maneira precisa.

➤ Retorno do Fornecedor

Para validar a proposta do uso do ultrassom foi enviado um corpo de prova, para que o fornecedor pudesse desenvolver um transdutor capaz de transmitir os dados, de espessura dos chutes, para o ultrassom.

Segundo o Engenheiro Roberson Pessoa da Arotec, representante da Olympus no Brasil, não foi encontrado nenhum transdutor capaz de medir a espessura, de maneira confiável, da chapa bi metálica. De acordo com seu diagnóstico, isso ocorreu, pois, o revestimento gera uma variação na medição da espessura. Na Figura 43, ele apresenta o teste realizado no corpo de prova e indica em amarelo o local da variação superficial da chapa.

**Figura 43. Testes de performance do Ultrassom**



Fonte: Engenheiro Roberson Pessoa – AROTEC – 2020

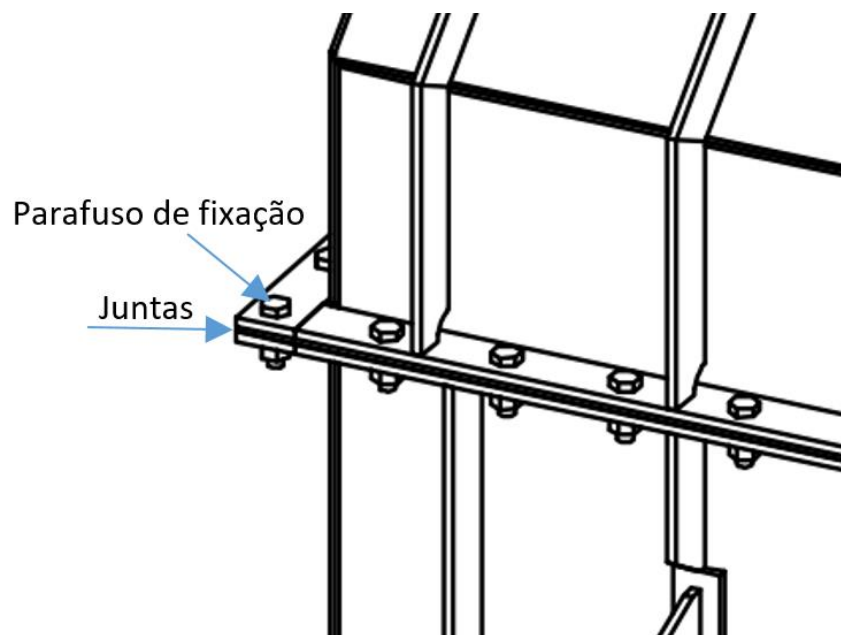
#### 4.2.1 Planos de Inspeção

Como a proposta do ultrassom não foi aprovada devido a não eficácia, os planos de inspeções, se tornaram a saída mais viável, o inspetor responsável irá avaliar as condições dos chutes, as fixações e suas vedações.

Segue os principais pontos que serão inspecionados.

- Inspeccionar vazamentos nas Juntas: será verificado as conexões dos chutes e verificar as condições de maneira visual, na Figura 49 é apresentada o local das juntas.
- Inspeccionar parafusos de fixação dos flanges quanto a oxidação ou quebras: Será verificado as fixações dos parafusos e dos flanges, quanto a quebra e/ou oxidação, na Figura 44 é apresentado o local das juntas.

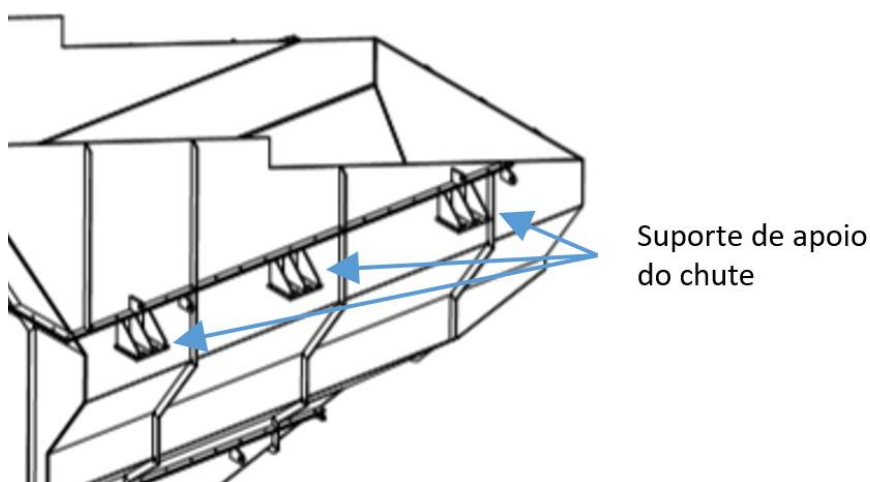
**Figura 44. Local da junta e dos parafusos de fixação**



Fonte: Autoria próprio

- Inspeccionar chumbadores e graute, do suporte de apoio do chute na laje; para os chutes que são fixados no piso, conforme pode visto na Figura 45.

**Figura 45. Local de apoio do chute, onde é fixado nos chumbadores e graute**

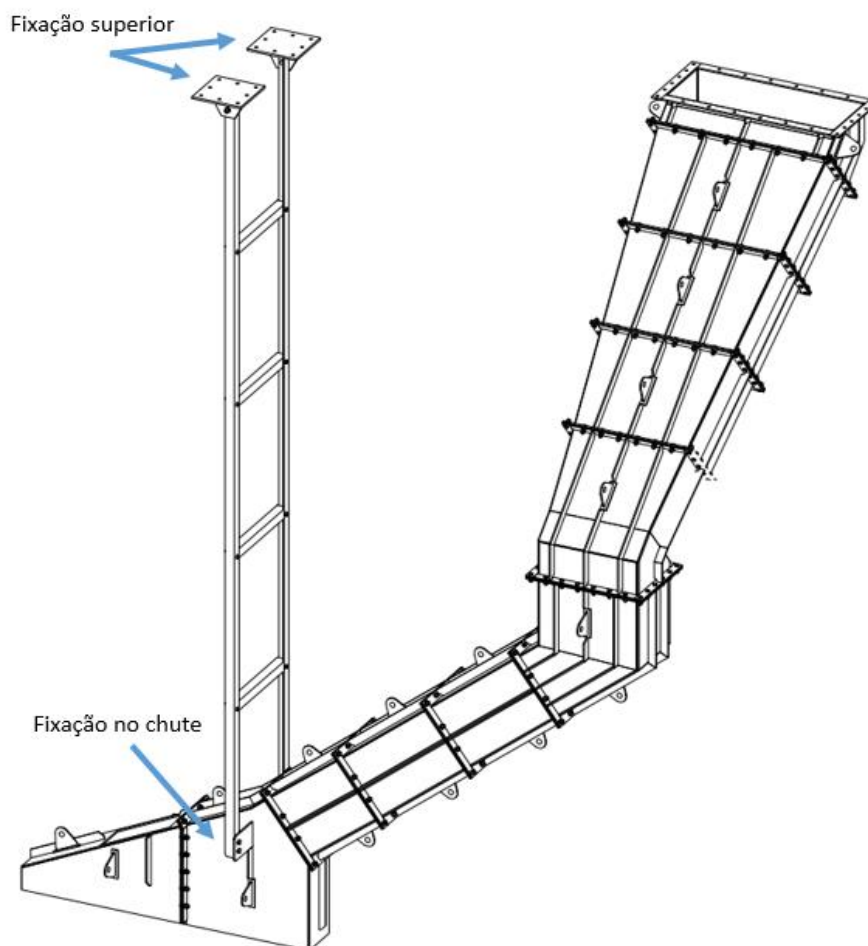


Fonte: Autoria própria

- Inspeccionar visualmente furos ou rasgos nas chapas estruturais; avaliação dos vazamentos dos chutes, conforme já levantado anteriormente.

- Inspecionar suportes de fixação do chute: suporte localizados na laje e na fixação ao chute, como pode ser visto na Figura 46;

**Figura 46. Local de fixação do chute**



Fonte: Autoria própria

A sugestão dos planos de inspeção está estruturada para circular mensalmente de modo a atender todos os chutes da usina de classificação.

#### 4.2 GESTÃO DE SOBRESSALENTES DOS CHUTES

Com os dados coletados no mapeamento dos chutes e a partir do levantamento de informação mostrados na Tabela 1, a gestão de sobressalentes se torna um trabalho mais direcional, uma vez que indica os chutes a se trabalhar e que precisam

de sobressalente em estoque para sua manutenção. Para isso, os chutes foram classificados baseado na maneira como são abordados, são eles:

- Chute para Cadastro em Almoxarifado;
- Manutenção *In Loco*;
- Requisição em Função do Desgaste;

Lembrando que o objetivo da gestão de sobressalentes nesse caso é identificar os chutes e fazer com que eles estejam disponíveis quando necessário, e que as ações de manutenção paliativa sejam sanadas ou reduzidas de modo a não impactar em paradas significativas para o processo produtivo, com a objetividade de tentar reduzir a manutenção corretiva não planejada nesses equipamentos.

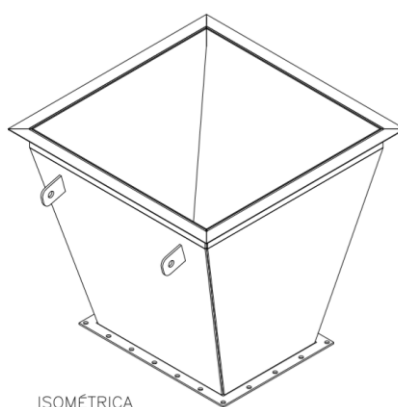
#### 4.2.1 Chute para Cadastro em Almoxarifado

Os chutes direcionados para o cadastro em almoxarifado são:

##### I. CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2

- **Semi Pirâmide:** Esse chute é indicado para cadastro pois possui a necessidade de troca a cada 6 meses, na Figura 47 tem-se o desenho do projeto.

**Figura 47. Módulo Semi Pirâmide**

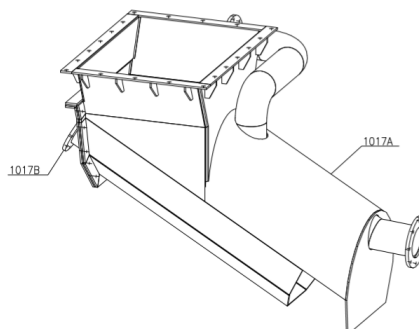


ISOMÉTRICA

Fonte: PROGEN (2017)

- **Conjunto Cachimbo (1017A, 1017B, 1017C):** O chute cachimbo é composto por 3 módulos que apresentam necessidade de troca a cada 6 meses, pode-se ver o desenho de projeto na Figura 48.

**Figura 48. Conjunto Cachimbo**

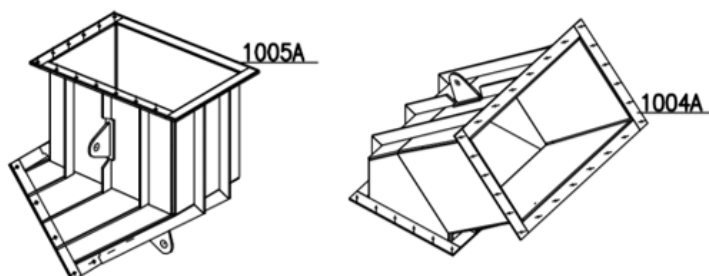


Fonte: PROGEN (2017)

## II. CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2

- **Módulo 1004A e 1005A:** São responsáveis por direcionar e reduzir a velocidade do fluxo de descarga de minério grosso do lavador, os mesmos são trocados a cada 8 meses, vale ressaltar que são os mais críticos, pois a parada operacional de algum desses chutes interrompe o funcionamento das duas linhas, uma vez que estão localizados na linha comum. A Figura 49 mostra os dois itens mencionados.

**Figura 49. Módulos 1004A e 1005A**



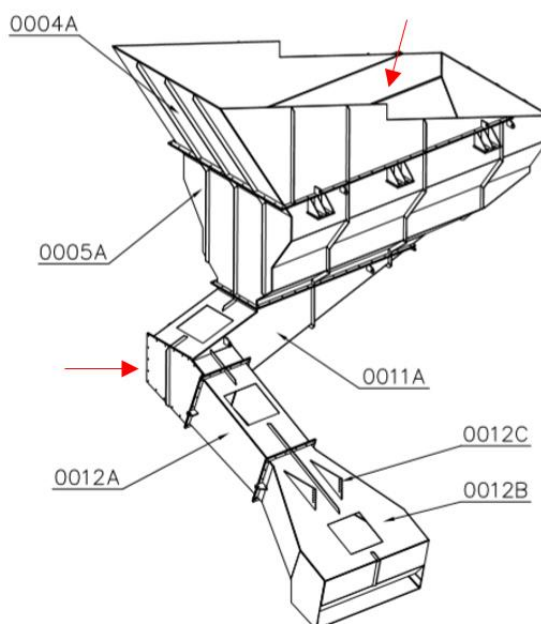
Fonte: PROGEN (2017)

### 4.2.2 Manutenção *In Loco*

- I. CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7: São chutes que de acordo com os mantenedores, engenheiros, e técnicos de segurança é possível realizar a manutenção interna, tornando possível adentrar no interior e realizar a recuperação. Outro ponto agravante é o processo de substituição desse chute, pois os mesmos estão localizados abaixo do peneiramento primário, então para realiza a troca dos módulos 0004A e 0005A

é necessário retirar as duas peneiras, o que implicaria em mais 72 horas de parada de produção, conforme pode ser visto na Figura 50.

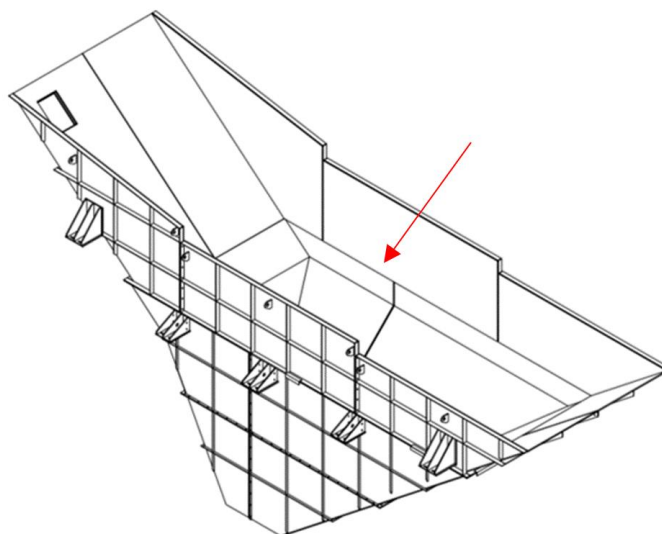
**Figura 50. As duas entradas para manutenção estão indicadas pelas setas**



Fonte: CALTRA (2014)

- II. CHUTE DE DESCARGA DE FINOS DAS PENEIRAS 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A: São chutes que de acordo com os mantenedores, engenheiros, e técnicos de segurança é possível realizar a manutenção interna, tornando possível adentrar no interior e realizar a recuperação, pelo local indicado em vermelho na Figura 51, o outro ponto considerado agravante é o processo de substituição do chute, pois os mesmos estão localizados abaixo do peneiramento secundário, exigindo a retirada de 3 peneiras para realizar a troca total, gerando uma parada de aproximadamente 96 horas, afetando drasticamente as metas anuais.

**Figura 51. A seta está indicando o ponto de entrada dos mantenedores**



Fonte: EUTECTIC CASTOLIN (2017)

#### 4.2.3 Requisição em Função do Desgaste

Para adequação das políticas de excelência e confiabilidade da empresa, é necessário realizar o cadastro no almoxarifado de todos os itens que tem uma previsão de uso, mesmo não rotineiro, com quantidade de estoque igual a 0, tornado possível requisitar os chutes que apresentarem sinais de falha. Com o acordo de compra já montado o processo é mais rápido e é reduzido o tempo de entrega do item. Os chutes que estão classificados como requisição em função do desgaste estão apresentados na Tabela 3, onde tem-se que: A) Descrição Geral: o destinado ao conjunto do chute; B) Descrição detalhada: Código dos componentes metálicos que formam o chute; C) Quantidade (Qtd): Quantidade de chute usada na Usina de Classificação; D) Tempo de vida útil: duração do chute até o primeiro vazamento; E) Primeira instalação: ano de instalação.

**Tabela 3. Chutes Cadastrados em Função do Desgaste**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Tempo de Vida útil (ano)	Primeira Instalação	Ação de Reposição
1	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0063A	1	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste

2	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0064A	1	3,5	2014	Requisição em função do Desgaste
3	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0065A	1	4	2014	Requisição em função do Desgaste
4	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0066A	1	4	2014	Requisição em função do Desgaste
5	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0066B	1	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
6	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0032A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
7	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0032B	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
8	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0033A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
9	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0034A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
10	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0034B	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste

11	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0035A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
12	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0036A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
13	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0036B	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
14	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0001/2	0036C	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
15	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0001A	2	4	2014	Requisição em função do Desgaste
16	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0001B	2	4	2014	Requisição em função do Desgaste
17	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0002A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
18	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0002B	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
19	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0114A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste

20	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0114B	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
21	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0152A	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
22	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1002A	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
23	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1002B	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
24	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1003A	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
25	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1003B	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
26	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1006A	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
27	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1006B	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
28	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1006C	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste

29	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1007A	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
30	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1008A	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
31	CHUTE DE DESCARGA DOS GROSSOS DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	1008B	2	Operando	2017	Requisição em função do Desgaste
32	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0019A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
33	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0019B	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
34	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0020A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
35	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0074A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
36	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0074B	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
37	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0075A	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste

38	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0075B	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
39	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0012A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
40	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0012B	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
41	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 2	1	Operando	2009	Requisição em função do Desgaste
42	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 3	1	4	2009	Requisição em função do Desgaste
43	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 4	1	4	2009	Requisição em função do Desgaste
44	CHUTE DO OVER DA PENEIRA 631B-PV-0005	0032A	1	Operando	2009	Requisição em função do Desgaste
45	CHUTE DO OVER DA PENEIRA 631B-PV-0005	0033A	1	Operando	2009	Requisição em função do Desgaste
46	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0045A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste

47	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0045B	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
48	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0046A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
49	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0046B	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
50	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0116A	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
51	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0119A	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
52	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0119B	2	5	2014	Requisição em função do Desgaste
53	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0056A	2	Operando	2014	Requisição em função do Desgaste
54	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0058A	2	6	2014	Requisição em função do Desgaste
55	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0059A	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste

56	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0153A	2	3	2014	Requisição em função do Desgaste
----	--	-------	---	---	------	----------------------------------

Fonte: Autoria própria.

#### 4.3 PREVISÃO DE COMPRA

Para o ano de 2020 está previsto a substituição de todos os chutes que apresentaram vazamento, logo se terá uma nova data inicial de operação deles, portanto, será possível indicar qual o ano a qual será necessário a troca, baseado no histórico já levantado (os chutes descritos nos itens 4.2.1. e 4.2.2. não serão inclusos nessa previsão orçamentaria). Os chutes descritos no item 4.2.1. tem uma previsão de troca semestral, e essa etapa visa montar a previsão de consumo dos chutes que tem vida útil maior que 12 meses; os chutes apresentados no item 4.2.2. são passíveis de recuperação, logo não é viável apresentar uma data de troca.

Com a substituição sendo realizada em 2020 não ter-se-ia problemas com vazamento, nos chutes nos anos de 2021 e 2022, usando como referência o histórico de primeiro vazamento. Nos anos subsequentes os chutes que seriam requisitados são:

- Em 2023, de acordo com o histórico de vida útil, deve-se fazer a troca dos chutes descrito na Tabela 4.

**Tabela 4. Chutes com Previsão de Troca em 2023**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Primeiro Vazamento	Primeira Instalação	Ano da Troca
1	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0152A	2	3	2014	2023
2	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0075A	2	3	2014	2023

3	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0075B	2	3	2014	2023
4	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0012B	2	3	2014	2023
5	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0046B	2	3	2014	2023
6	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0116A	2	3	2014	2023
7	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0059A	2	3	2014	2023
8	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0153A	2	3	2014	2023

Fonte: Autoria própria.

- Em 2024, de acordo com o histórico de vida útil, deve-se fazer as trocas dos chutes conforme descrito na Tabela 5.

**Tabela 5. Chutes com Previsão de Troca em 2024**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Primeiro Vazamento	Primeira Instalação	Ano da Troca
1	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0064A	1	3,5	2014	2024
2	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0065A	1	4	2014	2024
3	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 621B-TP-0003	0066A	1	4	2014	2024
4	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0001A	2	4	2014	2024

5	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0001B	2	4	2014	2024
6	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 3	1	4	2009	2024
7	CHUTE DE DESCARGA DA 631B-TP-0003	MK500 - 4	1	4	2009	2024

Fonte: Autoria própria.

- Em 2025, de acordo com o histórico de vida útil, deve-se fazer as trocas dos chutes conforme descrito na Tabela 6.

**Tabela 6. Chutes com Previsão de Troca em 2025**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Primeiro Vazamento	Primeira Instalação	Ano da Troca
1	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0002A	2	5	2014	2025
2	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0002B	2	5	2014	2025
3	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0114A	2	5	2014	2025
4	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DO LAVADOR 631B-LV-0001/2	0114B	2	5	2014	2025
5	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0019A	2	5	2014	2025
6	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0019B	2	5	2014	2025
7	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0020A	2	5	2014	2025
8	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0074A	2	5	2014	2025
9	CHUTE DE DESCARGA DO OVER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0074B	2	5	2014	2025
10	CHUTE DE DESCARGA DO UNDER DAS PENEIRAS 631B-PV-0001/2/6/7	0012A	2	5	2014	2025

11	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0119A	2	5	2014	2025
12	CHUTE DE DESCARGA DO TRANSPORTADOR 631B-TP-0004/5	0119B	2	5	2014	2025

Fonte: Autoria própria.

- Em 2026, de acordo com o histórico, deve-se fazer as trocas dos chutes conforme descrito na Tabela 7.

**Tabela 7. Chutes com Previsão de Troca em 2026**

Item	Descrição Geral	Descrição Detalhada	Qtd	Primeiro Vazamento	Primeira Instalação	Ano da Troca
1	CHUTE DE DESCARGA DO FILTRO 631B-FL-0001	0058A	2	6	2014	2026

Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de buscar melhores práticas de manutenção nos chutes de transferência foi elaborado uma proposta de estratégia de manutenção de modo a prever ou estar preparado para os desgastes nos chutes, tanto financeiramente quanto com materiais (chutes de transferência) para solucionar o problema.

A gestão de sobressalentes em chutes de transferência não existia, a contemplação do cadastro de todos os módulos no almoxarifado, acelera o processo de reposição tanto para os itens cadastrados com quantidade diferente de zero, quanto os itens cadastrados com 0 no estoque. A redução do processo burocrático é uma das vantagens, além de se obter em estoque os chutes de maior consumo, reduzindo assim a quantidade de manutenções corretivas de baixa eficácia.

A gestão não está apenas relacionada a quantidade e facilidade de obter os sobressalentes dos módulos, mas também, com a capacidade de prever os itens que estão susceptíveis a troca, tornando possível a inclusão desses itens nos orçamentos dos anos subsequentes.

Os planos de manutenção dos chutes foram sugeridos de maneiras a acompanhar o avanço dos desgastes das partes que compõem o chute, para assim atuar no reparo em tempo hábil de modo a mitigar as paradas de produção não planejadas.

### 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O processo de manutenção é mantido pela mentalidade de melhoria contínua, que visa buscar melhorias constantemente seja no mercado ou na melhorias dos trabalhos realizados, partindo disso para trabalho futuro tem-se as seguintes sugestões:

1. Medidor de vibração, eles quando acoplados em chutes tem a capacidade de mapear a vibração, e quanto menos espessa tiver a chapa, maior será a vibração transmitida pelo medidor, através dela é possível prever uma vibração próxima do vazamento.
2. Montar um mapeamento de vida útil mais confiável.

3. Buscar revestimento cada vez mais resistentes a abrasão e de maior dureza
4. Fazer um trabalho de revisão e descrição de todos um trecho dos chutes, alguns são mais desgastados por abrasão e outros por impacto, essa descrição junto a revisão de revestimento superficial pode aumentar a vida útil dos chutes em dois ou até três vezes se comparado com a atual.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica Ltda., 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro. 1994.
- BÁRDOSSY, G.B. (1997). *Les Baux et l'histoire de la bauxita: Académie des sciences/Elsevier*, Paris, v. 324, p. 1031-1040.
- BENETECH ENGENHARIA. **Projeto/Engenharia Chute de Transferência**. 2019, disponível em: <<https://www.benetechbrasil.com.br/engenhariabenetech>>. Acesso em: 20/07/2020.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Filtro 631B-FL-0001/2 REF: DM-2114363-0113**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Over das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7 REF: DM-2114363-0061**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Under das Peneiras 631B-PV-0001/2/6/7 REF: DM-2114363-0041**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Under do Lavador 631B-LV-0001/2 REF: DM-2114363-0033**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0001/2 REF: DM-2114363-0090**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Transportador 621B-TP-0003 REF: DM-2114363-0129**, CALTRA, 2014.
- CALIJORNE, **Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0004/5 REF: DM-2114363-0110**, CALTRA, 2014.
- CAMINHA, **Chute Over da Peneira 631B-PV-0005 REF: ALC-C-71006-AA-0521**, OYAMOTA DO BRASIL 2007.
- CAMINHA, **Chute Under da Peneira 631B-PV-0005 REF: ALC-C-71006-AA-0525**, OYAMOTA DO BRASIL 2007.

DOMINGUES, **Chute de Finos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A REF: EPD-074-17**. EUTECTIC CASTOLIN, 2017.

DOMINGUES, **Chute de Grossos das Peneiras 631B-PV-0003/4/4A/8/9/9A REF: EPD-067-17**. EUTECTIC CASTOLIN, 2017.

FIGUEIRA; DA LUZ. **Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios, 5ª ed.** Editores: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina A. França.

FOGLIATTO, Flávio S.; RIBEIRO, José Luis D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

FREIRE, **Chute de Descarga do Transportador 631B-TP-0003 REF: 57-946115-030**, METSO 2009.

KARDEC, A., NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica. 3ª ed.**, Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2009.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos. 1ª ed.** São Paulo: Makron Books, McGrawHill, 1991.

PERCI, **Calha de Alimentação do Lavador – 631B-LV-0001/2 REF P000912-1410-DE-631B-0025**, PROGEN, 2017.

PERCI, **Calha de Alimentação do Lavador – 631B-LV-0001/2 REF P000912-1410-DE-631B-0043**, PROGEN, 2017.

PERCI, **Chute de Grossos dos Lavadores REF. P00912-1410-DE-631B-0028**, PROGEN, 2017.

PEREIRA, Mário J. **Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2011.

PESSOA, Roberson. **Relatório de Performance de Transdutor em Chapa bi metálica**. AROTEC, 2020.

SWINDERMAN, R. Todd et al.. (Org.). **Foundations: guia Prático para um Controle Mais Limpo. 4ª ed.** Martin Engineering Ltda, 2009.

TAGGART, A.F. **Handbook of mineral dressing. New York, USA: John Wiley & Sons, 1945.**

TRAJANO, R. B. ***Princípios de tratamento de minérios: operações unitárias e aparelhos***. Rio de Janeiro, 1966.

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

XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção – tipos e tendências**. Relatório Técnico TECÉM, 2005.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, v. 171, 1998.