



**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO
EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO:
ESTUDO DE CASO**

Daniele Costa Penha

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadores: Clauderino da Silva Batista
Bruno Marques Viegas

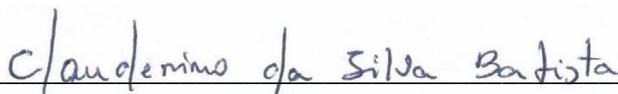
Belém
Junho de 2021

**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO
EM UMA EMPRESA DE MANUTENÇÃO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO:
ESTUDO DE CASO**

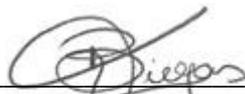
Daniele Costa Penha

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

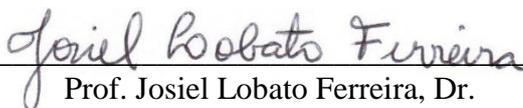
Examinada por:



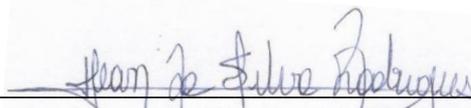
Prof. Clauderino da Silva Batista, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Bruno Marques Viegas, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Coorientador)



Prof. Josiel Lobato Ferreira, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Jean da Silva Rodrigues, Dr.
(PPGEMAT/UFPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

JUNHO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Penha, Daniele Costa, 1980-
Processo de planejamento e programação de manutenção em
uma empresa de mineração em São Luís do Maranhão: estudo
caso / Daniele Costa Penha - 2021.

Orientadores: Clauderino Silva Batista
Bruno Marques Viegas

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Processos, 2021.

1. Planejamento da produção 2. Fábricas - Manutenção e
reparos 3. Engenharia de produção 4. Administração de
projetos I. Título

CDD 22. ed. 658.5

Dedico esse trabalho a Deus, que nunca me abandonou nos momentos difíceis. Ele teve papel essencial na realização de cada linha dessa pesquisa”.

AGRADECIMENTOS

A “DEUS, (...) que é poderoso para fazer infinitamente mais do que tudo quanto pedimos ou pensamos (...)”, por me proporcionar forças e motivação para dar continuidade ao meu crescimento pessoal e profissional

Aos meus pais Antônio Castro Penha e Darcy Costa Penha, que com simplicidade sempre me incentivaram e apoiaram em todas as áreas da minha vida.

A minha querida filha Camila Valentina por ser minha razão diária na busca para que eu seja uma grande pessoa e exemplo.

Ao meu esposo Carlos Cesar C. Aranha Jr. pelo amor, dedicação e parceria nos projetos e na vida.

Aos meus irmãos Neudson, Gualberto, Úrsula, Flávio e Beatriz pelo apoio e companheirismo que com todas as dificuldades e distâncias estão sempre comigo nos momentos felizes e difíceis.

A todos os meus professores do curso do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional (PPGEP/ITEC) da Universidade Federal do Pará pela excelência da qualidade técnica de cada um.

Ao meu orientador Prof. Dr. Clauderino Silva Batista e o Coorientador Prof. Dr. Bruno Marques Viegas, pela paciência, pelo apoio, pelo tempo dedicado, pela partilha de conhecimento e pela competência na orientação deste trabalho

Agradeço aos amigos do PPGEP por cada etapa conquistada na certeza da vitória.

Por último, também agradeço a todos os meus colegas de trabalho, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**PROCESSO DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO
EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO:
ESTUDO DE CASO**

Daniele Costa Penha

Junho de 2021

Orientadores: Clauderino da Silva Batista

Bruno Marques Viegas

Área de Concentração: Engenharia de Processos

O planejamento e a programação das grandes manutenções ou revisões gerais (*Major Overhaul*) tem como objetivo de identificar as necessidades, coordenar as atividades e planejar recursos. O planejamento detalhado e eficiente, propicia o cumprimento dos prazos e dos critérios de manutenção ideais permitindo que o equipamento seja mantido com o mínimo de incidente ou acidentes, evitando, por consequência, a ocorrência de grandes prejuízos operacionais e financeiros para toda a planta. Desse modo, o presente trabalho estruturou-se no tipo de pesquisa exploratória que visou compreender a padronização dos processos de planejamento e programação de uma grande parada de manutenção do moinho de bauxita que está inserido no processo Bayer, processo esse de produção da Alumina, com utilização de ferramenta planejamento e controle. Buscou realizar estudos preliminares, objetivando a estruturação do contexto. Os resultados obtidos do desenvolvimento deste trabalho a afirmação de que o gerenciamento de projetos para obtenção de controle sobre a manutenção é o melhor caminho para o aprimoramento e qualidade, uma vez realizado de forma efetiva, maximiza a confiabilidade e previsibilidade das ações de prevenção e de correção, de segurança, bem como os recursos necessários para a execução destas ações. Outro fator de grande importância são os ganhos com os mapeamentos e

controles seja das entregas de planejamento, dos recursos e das documentações. Com isso, a partir do desenvolvimento desta pesquisa pôde-se coletar um conjunto de lições aprendidas a serem usadas nas próximas grandes paradas de manutenção industrial, bem como as oportunidades e dificuldades na realização de atividades pré parada do equipamento, ocorrendo alguns atrasos e também a inclusão de algumas atividades e melhorias no decorrer do projeto.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**PLANNING AND SCHEDULING PROCESS OF A MAJOR MAINTENANCE IN
A MINING COMPANY IN SÃO LUIS DO MARANHÃO: CASE STUDY**

Daniele Costa Penha

June/2021

Advisors: Clauderino da Silva Batista
Bruno Marques Viegas

Research Area: Process Engineering

The planning and programming of major maintenance or general reviews (*Major Overhaul*) aims to identify needs, coordinate activities and plan resources. Detailed and efficient planning provides compliance with the deadlines and optimal maintenance criteria allowing the equipment to be maintained with minimal incident or accidents, thus avoiding the occurrence of large operational and financial losses for the entire plant. Thus, the present work was structured in the type of exploratory research that aimed to understand the standardization of planning and scheduling processes of a large maintenance stop of the bauxite mill that is inserted in the Bayer process, alumina's production process, using a planning and control tool. It sought to carry out preliminary studies, aiming at structuring the context. The results obtained from the development of this work affirm that project management to obtain control over maintenance is the best way to improve and quality, once effectively performed, maximizes the reliability and predictability of prevention and correction actions, safety, as well as the resources necessary for the execution of these actions. Another factor of great importance is the gains from mappings and controls, whether from planning deliveries, resources and documentation. Thus, from the development of this research it was possible to collect a set of lessons learned to be used in the next major industrial maintenance stops, as well

as the opportunities difficulties in performing pre-stop activities of the equipment, occurring some delays and also the inclusion of some activities and improvements during the project.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	2
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 - O PROCESSO BAYER.....	4
2.1.1 - Contextualização.....	4
2.1.2 - Etapas do processo Bayer.....	5
2.1.2.1 - Digestão.....	7
2.1.2.2 - Clarificação.....	7
2.1.2.3 - Precipitação.....	7
2.1.2.4 - Calcinação.....	8
2.2 - O EQUIPAMENTO.....	8
2.2.1 - Principais objetivos da moagem de bauxita e estocagem de pasta.....	9
2.2.2 - Silo de estocagem de bauxita.....	11
2.3 - TIPOS DE MOINHOS.....	12
2.3.1 - Moinhos do circuito aberto de moagem.....	12
2.3.2 - Moinhos do circuito fechado de moagem.....	14
2.4 - MANUTENÇÃO.....	15
2.4.1 - Definições.....	15
2.4.2 - Evolução das formas de manutenção.....	16
2.4.3 - Tipos de manutenção.....	17
2.4.3.1 - Manutenção corretiva.....	17
2.4.3.2 - Manutenção preventiva.....	18
2.4.3.3 - Manutenção preditiva.....	19
2.4.3.4 - Manutenção detectiva.....	21
2.5 - PARADAS DE MANUTENÇÃO.....	21
2.5.1 - Custo de manutenção.....	21
2.5.2 - Engenharia de manutenção.....	22

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	24
3.1.1 - Primeira etapa.....	26
3.1.1.1 - Critérios para determinar um <i>Major Overhaul</i>	26
3.1.1.2 - Localização e registro de MOH (<i>Major Overhaul</i>).....	27
3.1.1.3 - Determinar um <i>Major Overhaul</i>	27
3.1.2 - Segunda etapa (Iniciação).....	27
3.1.3 - Segunda etapa (Planejamento).....	31
3.1.4 - Terceira etapa (Execução).....	37
3.1.5 - Quarta etapa (Monitoramento e controle).....	38
3.1.6 - Quinta etapa (Encerramento).....	38
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 - MONITORAMENTO E CONTROLE.....	41
4.2 - ENCERRAMENTO.....	44
4.3 - PERCEPÇÕES DE APRENDIZAGEM.....	44
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	47
5.1 - CONCLUSÕES.....	47
5.2 - SUGESTÕES.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXO I - VISÃO GERAL DA ÁREA DE MOAGEM E ARMAZENAMENTO DE POLPA DESCRITIVO DO PROCESSO BAYER E DA REFINARIA ALUMAR (2014).....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama de blocos do fluxo de processo – Refinaria Alumar norte.....	6
Figura 2.2	Fluxograma e esquema do processo Bayer.....	6
Figura 2.3	Fluxograma básico do processo de moagem.....	8
Figura 2.4	Visão geral da área dos silos e moinhos.....	9
Figura 2.5	Visão geral área 025: circuito fechado de moagem.....	10
Figura 2.6	Visão geral área 025: arranjo de equipamentos.....	10
Figura 2.7	Visão silos de estocagem de bauxita 21/31/41/51.....	11
Figura 2.8	Visão geral do circuito fechado de moagem: 2 circuitos com 2 moinhos cada.....	12
Figura 2.9	Moinho RODPEB 11” X 39” (37 E.G.L.) barra/bolas 41 e 51....	13
Figura 2.10	Visão geral do circuito aberto de moagem: 2 circuitos com 1 moinho cada.....	14
Figura 3.1	Alcoa REX – Maior ferramenta de gestão de obras.....	25
Figura 3.2	Grupo de processos de gerenciamento de projeto.....	25
Figura 3.3	Principais atividades a serem executadas antes e durante a parada.....	30
Figura 4.1	Curvas de avanço físico previsto x realizado.....	41
Figura 4.2	Análise entre o planejado e o realizado.....	42
Figura 4.3	Comparativo financeiro do valor orçado x valor revisado.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Etapas do processo Bayer.....	5
Tabela 3.1	Critérios para determinar um <i>Major Overhaul</i>	26
Tabela 3.2	Solicitação de recursos.....	28
Tabela 3.3	Análise de riscos e plano de processo.....	32
Tabela 3.4	Lista de verificação de atividades de planejamento MOH.....	38
Tabela 4.1	Atividades críticas.....	43
Tabela 4.2	Lições aprendidas.....	45

NOMENCLATURA

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
AFNOR	ASSOCIAÇÃO FRANCESA DE NORMALIZAÇÃO
AL	ALUMÍNIO
AL-41	ALIMENTADOR 41
ALUMAR	CONSÓRCIO DE ALUMÍNIO DO MARANHÃO
CBM	MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÕES
CMF	CUSTO DE MANUTENÇÃO POR FATURAMENTO
DDS	DIÁLOGO DIÁRIO DE SEGURANÇA
EBTV	ETIQUETAMENTO, BLOQUEIO, TESTE E VERIFICAÇÃO
FTE	FATURAMENTO DA EMPRESA NO PERÍODO
GLQ	GREEN LIQUOR OU LICOR VERDE
H	HIDROGÊNIO
NBR	NORMA BRASILEIRA
PMBOK	PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE
PMI	PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE
RTF	RUN TO FAILURE OU “OPERAR ATÉ QUEBRAR”
TBM	MANUTENÇÃO BASEADA EM TEMPO
MOH	<i>MAJOR OVERHAUL</i>
O	OXIGÊNIO
OS	ORDEM DE SERVIÇO
SL	SILO DE ESTOCAGEM DE BAUXITA
SLQ	SPENT LIQUOR OU LICOR USADO
ST	SOLICITAÇÃO DE TRABALHO
TARD	TAREFA DE ALTO RISCO DO DIA
TP	TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA MOINHO
MG	MOEGA
MO	MOINHO
WO	stRK ORDEM
Al ₂ O ₃	ÓXIDO DE ALUMÍNIO OU ALUMINA
Al(OH) ₃	HIDRÓXIDO DE ALUMÍNIO
Al ₂ O ₃ .3H ₂ O	ALUMÍNA TRI-HIDRATADA

NaOH	SODA CÁUSTICA
NaAlO ₂	ALUMINATO DE SÓDIO
H ₂ O	ÁGUA

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

De acordo com MOSCHIN (2015), a parada programada para manutenção de uma unidade de processo visa restaurar e/ou melhorar as condições dos equipamentos e das instalações. O autor afirma que, após um determinado período de tempo de operações, perde-se a capacidade de produção e podem ocorrer degradação de produtos e perdas de produção, comprometer a segurança das instalações e a confiabilidade dos equipamentos, surgindo a necessidade de recondicionamento.

Segundo SHIVANANDA (2015), *Major Overhaul* significa desmontar completamente o equipamento e substituir todas as peças desgastadas e reformar totalmente. Diz ainda, que é uma atividade separada em que o equipamento é identificado e considerado como projeto. Isso exigirá um período mais longo de desligamento e pode haver surpresas, pois muitas peças serão desgastadas e, portanto, às vezes essas peças podem não estar disponíveis nas lojas. Se houver experiência suficiente em equipamentos similares e uma revisão for realizada, a situação poderá ser um pouco melhor.

A parada é um evento especialmente importante em plantas de processamento contínuo, que operam 24 horas por dia, sete dias por semana. Após um período determinado de operação (campanha), a planta toda para e é submetida a uma grande manutenção, que colocará os equipamentos e sistemas aptos para trabalhar durante mais campanhas (VERRI, 2015).

KELLY (2006) cita que muitas empresas de diversos segmentos industriais e serviços têm buscado identificar e eliminar as perdas de seus processos. As perdas geradas na produção tem sido um fator limitador no aumento da produtividade e qualidade dos produtos.

Segundo o PMBOK (2017), o gerenciamento de recursos físicos concentra-se em alocar e usar recursos físicos (materiais, equipamentos e suprimentos, por exemplo) necessários para conclusão bem-sucedida do projeto de forma eficiente e eficaz. Para fazer isso, as organizações precisam ter dados sobre demandas de recursos (agora e em um futuro razoável), configurações de recursos que serão necessárias para atender a essas demandas e o suprimento de recursos. Deixar de gerenciar e controlar os recursos com eficiência é uma fonte de risco para a conclusão bem-sucedida dos projetos

O planejamento de paradas de manutenção deve ser visto como um projeto e através de boas práticas no uso de ferramentas, técnicas e processos de gerenciamento de projetos para obter sucesso na gestão de paradas de manutenção. A parada de manutenção é um evento de manutenção onde ocorre a paralisação completa ou parcial das atividades da instalação de processamento (TELES, 2019).

Pode-se não perceber, mas a manutenção, palavra derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, está presente na história humana há eras, desde o momento em que começamos a manusear instrumentos de produção. O aperfeiçoamento dos métodos de conservação e extração máxima da capacidade da maquinaria se constitui em uma missão que repercute em todos os aspectos do produto acabado (VIANA, 2012),

O presente estudo, desenvolvido em uma indústria de grande porte, beneficiadora de minério, localizada em São Luís, no estado do Maranhão, visa mostrar o planejamento de uma grande parada de manutenção e de como fazer esse planejamento e a programação desta manutenção, para obter confiabilidade e a entrega dos equipamentos de volta à operação, conforme programação.

1.1 - MOTIVAÇÃO

A motivação desta pesquisa se deu devido a oportunidade de realizar um estudo envolvendo o planejamento e programação de manutenção de uma grande parada, também chamada de *Major Overhaul* (MOH), do equipamento moinho de bauxita em uma mineradora em São Luís, fato que contribuirá para o enriquecimento das pesquisas científicas.

Sendo assim, o planejamento e a programação devem ser feitos antes da execução das atividades com o objetivo principal de garantir maior efetividade na alocação do tempo e dos recursos humanos (pessoas), materiais e financeiros (custos) disponíveis. É importante salientar ainda que, as paradas programadas para manutenção dos equipamentos são peças fundamentais para que uma empresa consiga se manter competitiva quando o assunto é volume de produção, performance, custos operacionais, produtividade e segurança.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Aplicar os conceitos de planejamento e programação em uma parada de manutenção industrial, utilizando ferramentas de controle na execução da manutenção e programação de grandes paradas de forma que o processo de produção continuada da planta de mineração retorne com confiabilidade e a produção desejada.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Aplicar conceitos de Gerenciamento de Projetos (planejamento, execução, monitoramento e controle, e por fim, encerramento) em paradas de manutenção industrial no processo de manutenção de um Moinho de bauxita;
- Coletar um conjunto de lições aprendidas para as próximas grandes paradas de manutenção industrial.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No atual capítulo são apresentados a motivação e os objetivos para a elaboração e o desenvolvimento deste trabalho, com informações concernentes à planejamento, programação e manutenção de equipamentos.

No Capítulo 2 apresenta se a revisão da literatura, na qual é descrito o processo Bayer, do equipamento que sofreu a manutenção geral e posteriormente as paradas de manutenção em equipamentos industriais, na qual são abordados os aspectos gerais referentes a manutenção, suas definições, evolução e os seus tipos.

O capítulo 3 em materiais e métodos, são mostradas as fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento, controle e encerramento do projeto.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão, bem como o monitoramento e controle, o encerramento e as lições aprendidas

O capítulo 5 apresenta conclusões e sugestões.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - O PROCESSO BAYER

2.1.1 - Contextualização

O processo Bayer é o principal processo industrial utilizado para a obtenção da alumina a partir do minério de bauxita e que foi desenvolvido pelo químico alemão Karl Joseph Bayer durante o período de 1886 e 1892 (HILL e SEHNKE, 2006).

A primeira etapa na produção do alumínio é a extração das impurezas da bauxita, que é um agregado de minerais. Este processo químico é conhecido como refino, a segunda etapa é a precipitação da alumina da solução por diminuição da temperatura e a dissolução da lixívia do aluminato de sódio, após a separação dos resíduos insolúveis (ROCHA, 2014).

De acordo com KLEIN e HURLBU JR. (2003), a bauxita é uma rocha de cor avermelhada devido a presença de óxido de ferro, apresentando uma mistura de óxido de alumínio hidratados de composição não definida.

Para BARDOSSY e ALEVA (1990) e PAREKH e GOLDBERGER (1976), a bauxita é um tipo de rocha que consiste na combinação de um ou mais minerais de hidróxido de alumínio, sendo estes, principalmente:

- A gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), também chamada de hidrargilita, que é uma forma tri-hidratada de alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$);
- A boemita ($\gamma\text{-(AlO)OH}$ e diáposro ($\alpha\text{-(AlO)OH}$)); que são duas formas de alumina mono-hidratada ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Como observado a composição química geral do diásporo é a mesma que a da boemita, porém o diásporo é mais duro e denso.
- Minerais de ferro como goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$) e hematita (Fe_2O_3);
- A bauxita geralmente também possui na sua composição:
- Minerais de silicato de alumina hidratado como os argilominerais: Caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e a haloisita;

- O titânio também está presente com pequenas quantidades de anátasio dióxido de titânio (TiO_2); Há sílica presente também, na forma de quartzo.

2.1.2 - Etapas do processo Bayer

De acordo com SANTOS (1989), o processo Bayer é constituído de duas importantes etapas: a etapa vermelha (extrai a gibsitita da bauxita e separa o resíduo de bauxita) e a etapa branca (separa a alumina hidratada e remove a água). As etapas do processo Bayer atual são descritas como mostrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Etapas do processo Bayer.

Etapa Vermelha	Etapa Branca
Estocagem da bauxita	Precipitação da alumina hidratada
Moagem da bauxita	Filtração à vácuo
Digestão (dissolução da gibsitita em NaOH)	Calcinação de alumina
Decantação e lavagem	
Filtração	

Fonte: FRANÇA e COUTO (2007).

Nas Figuras 2.1 e 2.2 é possível observar fluxogramas que resumem o processo produtivo.

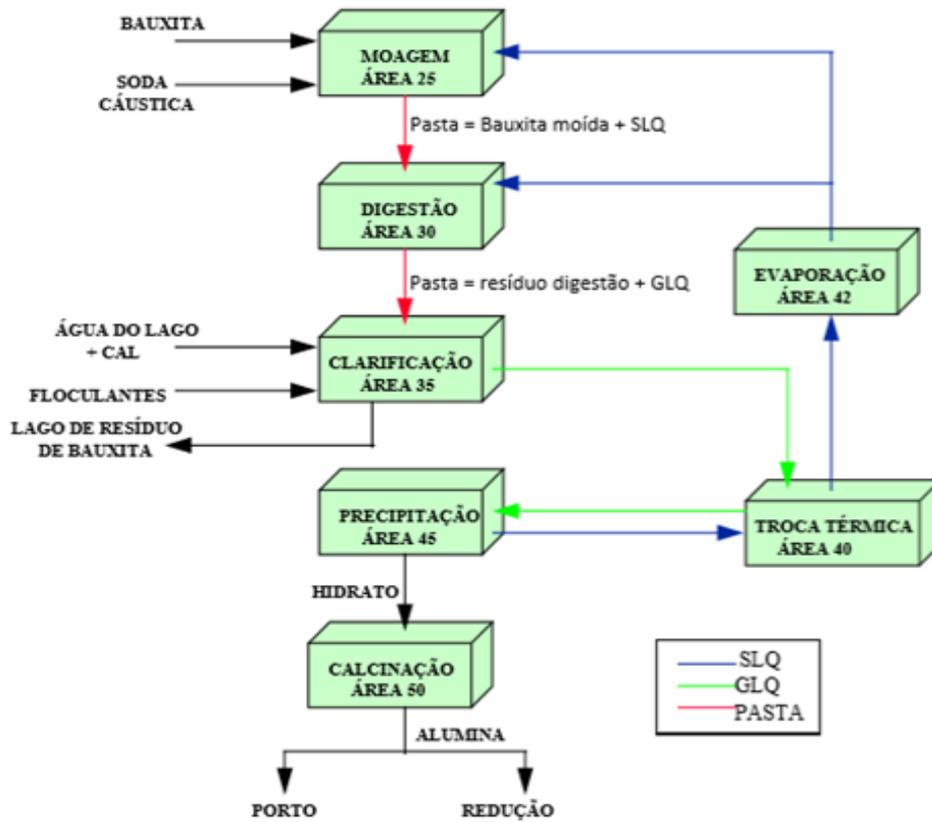


Figura 2.1 - Diagrama de blocos do fluxo de processo – Refinaria Alumar.
 Fonte: ROCHA (2014).

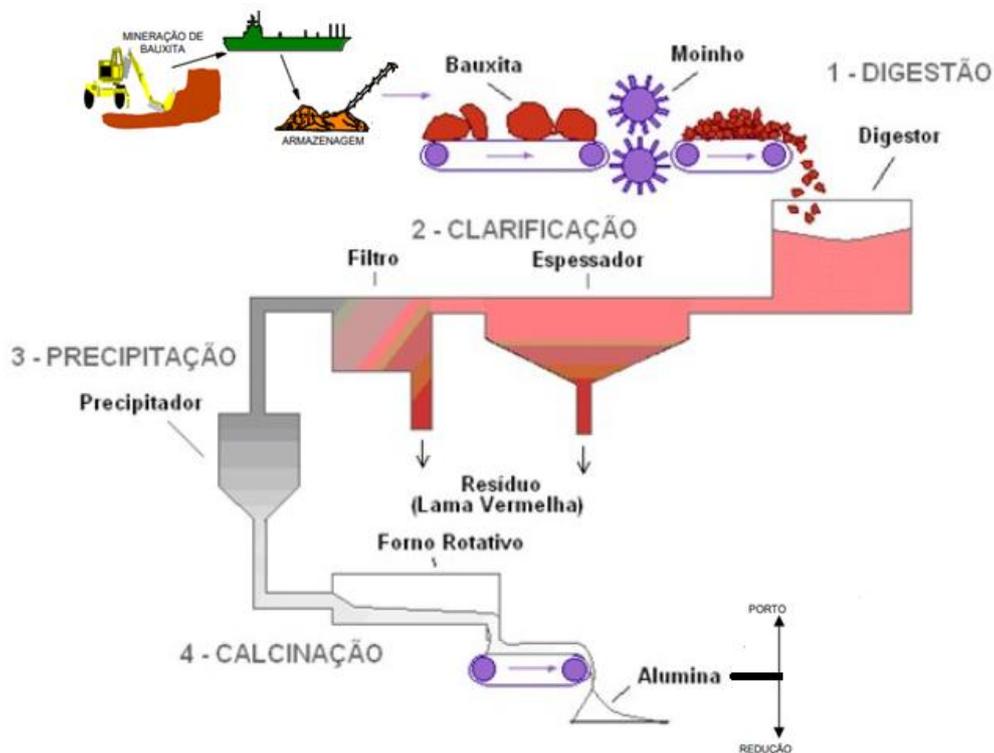
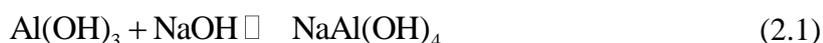


Figura 2.2 - Fluxograma e esquema do processo Bayer.
 Fonte: (Adaptado de WAO, 2003).

2.1.2.1 - Digestão

O estágio inicial, denominado digestão, envolve num primeiro momento a moagem da bauxita, seguida pela digestão propriamente dita com uma solução cáustica de hidróxido de sódio (NaOH) sob temperatura e pressão. As condições em que se processa a digestão (concentração, temperatura e pressão), variam de acordo com as propriedades da bauxita. A maioria das espécies contendo alumínio é dissolvida, formando um licor verde, conforme apresenta a Eq. (2.1) representando a reação de Digestão (SILVA FILHO, 2007).



2.1.2.2 - Clarificação

A clarificação é uma das etapas mais importantes do processo, nela ocorre a separação entre as fases sólida (resíduo insolúvel) e líquida (licor). Normalmente as técnicas empregadas envolvem espessamento seguido de filtração (GÓIS *et al.*, 2003; HIND *et al.*, 1999; IOM3, 2009).

O espessamento é um processo de decantação, em que o resíduo proveniente da digestão é encaminhado para unidades denominadas de espessadores/lavadores. O objetivo destas unidades é adensar o resíduo, aumentando seu teor de sólidos, para recuperar a maior quantidade de NaOH possível e fornecer um "overflow" para a filtragem. Nesta fase é comum a adição de polímeros (como hidroxamatos e poliacrilamida) para induzir a floculação das partículas nos espessadores ou até mesmo a utilização de processos de separação com membranas poliméricas (GÓIS *et al.*, 2003; HIND *et al.*, 1999; IOM3, 2005).

2.1.2.3 - Precipitação

A etapa de precipitação ocorre quando se dá o esfriamento do licor verde. Após este esfriamento é feita adição de uma pequena quantidade de cristais de alumina (semeadura) para estimular a precipitação, em uma operação reversa à digestão, representada pela Eq. (2.2) (SILVA FILHO *et al.*, 2007).



A alumina cristalizada é encaminhada para a calcinação e o licor residual contendo NaOH e alguma alumina é recirculada para a etapa de digestão (HIND *et al.*, 1999; IOM3, 2005).

2.1.2.4 - Calcinação

A calcinação é a etapa final do processo, em que a alumina é lavada para remover qualquer resíduo do licor e posteriormente seca. Em seguida a alumina é calcinada a aproximadamente 1000 °C para desidratar os cristais, formando cristais de alumina puros, de aspecto arenoso e branco, a Eq. (2.3) mostra a reação de Calcinação (SILVA, 2007).



2.2 - O EQUIPAMENTO

A bauxita vinda dos pátios de estocagem no porto é descarregada através de transportadores de correia até os seis silos de estocagem que alimentam diretamente os seis moinhos os quais operam por via úmida, usando o licor que retorna do processo de precipitação, conforme as Figuras 2.3 e 2.4.

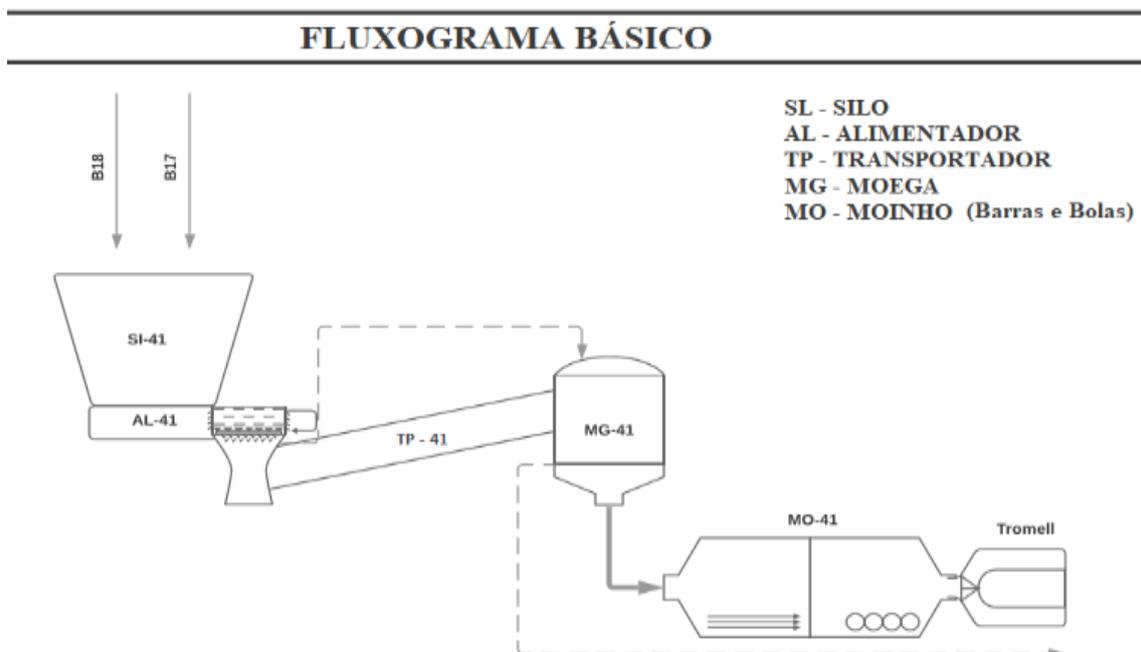


Figura 2.3 - Fluxograma básico do processo de moagem.

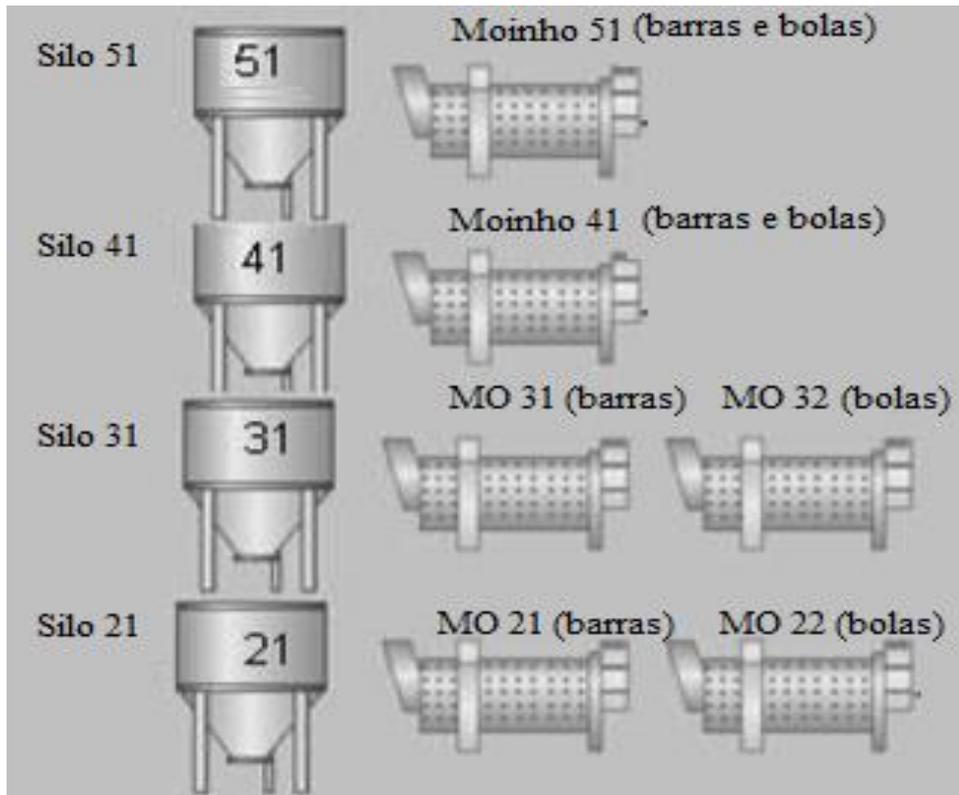


Figura 2.4 - Visão geral da área dos silos e moinhos.

2.2.1 - Principais objetivos da moagem de bauxita e estocagem de pasta

O termo moagem se aplica quando a redução de tamanho visa à obtenção de produtos com granulométrica inferior a $\frac{3}{4}$ ". A moagem se desenvolve considerando - se as relações de redução. Os mecanismos envolvidos basicamente são: impacto, compressão e cisalhamento. SILVA (2014).

De acordo LUZ *et al.* (2010) (4). A moagem é o último estágio do processo de fragmentação e é neste estágio que as partículas são reduzidas, pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado á liberação do mineral, geralmente, a ser concentrado nos processos subsequentes.

Para CHAVES e PERES (2006) (3), os objetivos da moagem como operação unitária de tratamento de minérios são os seguintes:

A pasta formada na moagem é bombeada para os tanques de estocagem de pasta (tanques 25A-TQ-11, 12 e 21). Um raspador em cada um dos tanques 25A auxilia na remoção dos sólidos, direcionando-os para o centro do tanque, onde se localiza a linha de saída. Adicionalmente, é feita uma circulação da pasta do fundo para o topo do tanque, visando homogeneização do material (ROCHA, 2014).

Cada unidade de moagem é composta por equipamentos básicos listados a seguir e ilustrados nas Figuras 2.5 e 2.6.

1. Silo de estocagem de bauxita;
2. Esteira de avental (*appron feeder*);
3. Transportador de correia para moinho;
4. Balança de pesagem contínua (*Weightometer*);
5. Curva de alimentação do moinho (*shut*);
6. Sistema de spray de licor. 7 – Moinhos;
7. Tanque de alimentação das bombas;
8. Linha de licor para controle de densidade;
9. Três tanques de estocagem de polpa (tanques 25A).

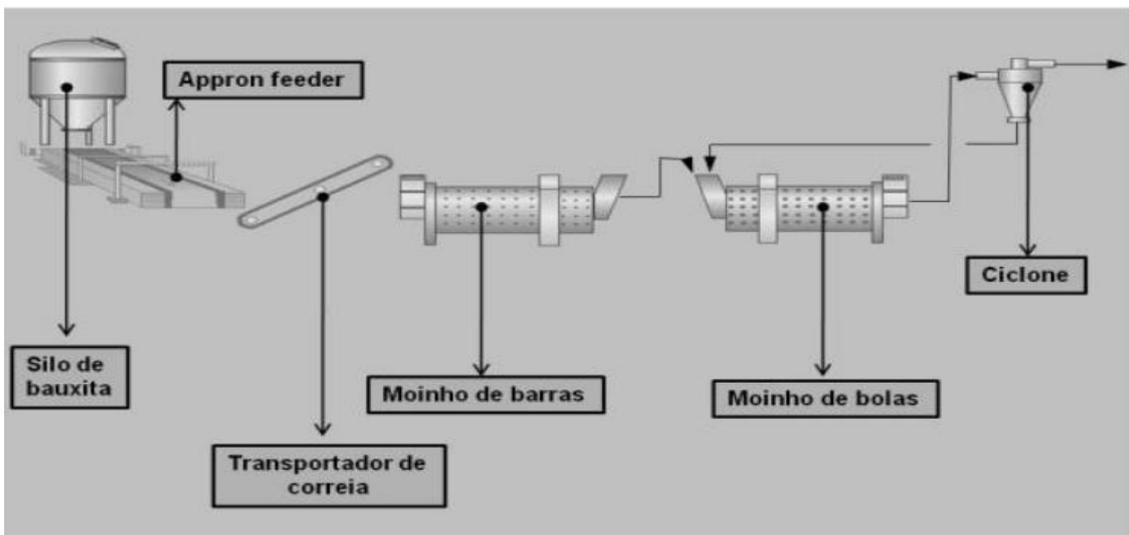


Figura 2.5 - Visão geral área 025: circuito fechado de moagem.
Fonte: ROCHA (2014).

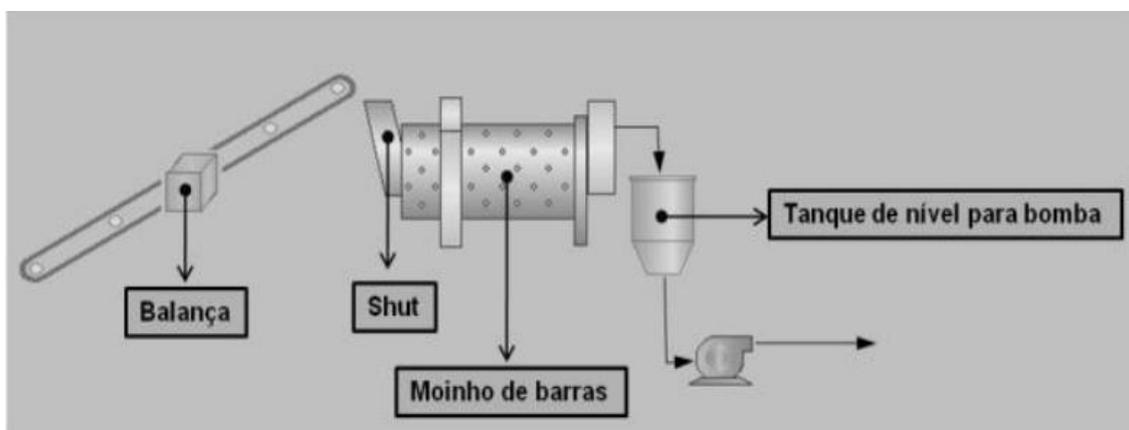


Figura 2.6 - Visão geral área 025: arranjo de equipamentos.
Fonte: ROCHA (2014).

2.2.2 - Silo de estocagem de bauxita

A Alumar possui 4 silos de estocagem de bauxita, assim denominados: 025-SL 21, SL 31, SL 41 e SL 51, conforme figura 2.7 (ROCHA, 2014).

Os silos 41 e 51 possuem um formato de prisma, apoiado sobre uma das arestas. Têm 21,20 m de altura e capacidade de armazenagem de 1500 toneladas de bauxita. São alimentados pelo topo por um transportador de correia, o qual transporta a bauxita desde o pátio para o processo (ROCHA, 2014).

Os silos 21 e 31 possuem um formato cônico, apoiado na base. Possuem capacidade de 1500 tonelada de bauxita e são alimentados pelo topo (ROCHA, 2014).

No topo dos silos, há um carro que desliza sobre trilhos distribuindo a bauxita entre os silos. Eles são alimentados pelas correias B-17 ou B-18. Em situação normal, a correia B-17 alimenta os silos 41 e 51 ao passo que a B-18 alimenta os silos 21 e 31. Contudo, o carro móvel instalado nas duas correias possibilita que os 4 silos sejam alimentados pelo transportadores de correias B-17/18 (ROCHA, 2014).



Figura 2.7 - Visão dos silos de estocagem de bauxita 21/31/41/51.
Fonte: ALUMAR (2019).

2.3 - TIPOS DE MOINHOS

2.3.1 - Moinhos do circuito aberto de moagem

Segundo ALMEIDA *et al.* (2010), os moinhos de bolas são constituídos de uma carcaça cilíndrica de ferro, revestida internamente com placas de aço e borracha, que gira sobre mancais e contém no interior uma carga solta de bolas de ferro ou aço.

Os moinhos tubulares são equipamentos projetados para reduzir o tamanho de partículas através da aplicação de pressão (compressão), criação de impacto entre minério e corpo moedor, ou através de atrito da superfície de partículas do minério com a superfície dos corpos moedores (abrasão ou cisalhamento). LUZ *et al.* (2010)

Devido à simplicidade, robustez e confiabilidade os moinhos cilíndricos ainda são os mais utilizados em operações de tratamento de minérios. Como exemplo, temos a Figura 2.8.

Os principais tipos de moinhos de carga cedente são:

- Moinho de bolas;
- Moinho de barras;
- Moinhos autógenos (AG) e semiautógenos (SGA);
- Moinhos verticais.



Figura 2.8 - Visão geral do circuito fechado de moagem: 2 circuitos com 2 moinhos cada.

Fonte: ALUMAR (2019).

A ação do moinho de bolas é bem diferente da ação das barras. A ação das bolas é puramente coincidência das bolas acertarem pedras pequenas ou grandes, pedaços moles ou duros, ou mesmo outras bolas. Assim, ao contrário do moinho de barras, o moinho de bolas é muito crítico com relação ao tamanho das partículas na alimentação, e dificilmente efetuará uma boa moagem com partículas maiores que 1/4" de diâmetro (SILVA, 2014).

Após é submetida a um processo de moagem para diminuir sua granulometria, utilizando-se do processo Bayer, possibilitando a obtenção da alumina em forma de pasta, tendo como resíduo a lama vermelha. (LAUREANO, 2014)

A pasta sai dos moinhos através de um diafragma que age como um classificador, impedindo que bolas grandes e partículas de bauxita não moídas saiam prematuramente do moinho. Ao passar pelo diafragma, a pasta segue para um tanque do qual é bombeado para a próxima etapa (ROCHA, 2014).

Se a taxa de moagem for maior que a capacidade do moinho, o minério passará por cima do leito formado pelo corpo moedor + minério, conforme ilustrado pela Figura 2.10, que representa uma seção interna do moinho. Conseqüentemente, o produto finalizado será grosso. O diâmetro do corpo moedor interfere neste espaço vazio. Logo, respeitar a recarga destes corpos bem como seus diâmetros ótimos é fundamental para uma boa moagem, ver a Figura 2.9 (ROCHA, 2014).

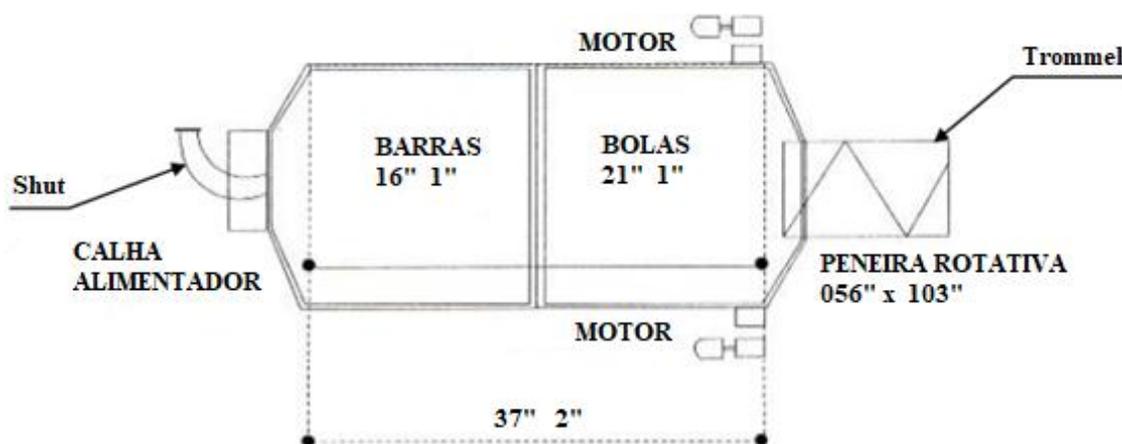


Figura 2.9 - Moinho RODPEB 11" X 39" (37 E.G.L.), barra/bolas 41 e 51.
Fonte: ROCHA (2014).

Segundo (LUZ, 2010) os moinhos de barras, são moinhos cilíndricos, que utilizam barras como meio moedor, e podem ser consideradas máquinas de britagem fina ou de moagem grossa. Esses são capazes de suportar uma alimentação tão grossa

quanto 50 mm e fornecer um produto tão fino quanto 500 μm ; são muitas vezes escolhidos para britagem finas quando o material é argiloso

2.3.2 - Moinhos do circuito fechado de moagem

Na operação em circuito fechado, tem-se como objetivo remover do moinho, o mais rápido possível, aquelas partículas que já atingiram o tamanho desejado, reduzindo o tempo de residência das mesmas a cada passagem pelo moinho. Deste modo, há redução na sobremoagem, aumentando a energia disponível para a fragmentação efetiva das partículas (CHAVES e PERES, 2006)

A dimensão do moinho de bolas e barras é 4,3m de diâmetro por 6,3m de comprimento. O circuito começa com o de barras, seguindo pelo moinho de bolas. A descarga do moinho de bolas é enviada para um par de ciclones. O produto classificado dentro da especificação é descarregado pelo O/F. O U/F do ciclone, composto por particulado grosso, retorna para a entrada do moinho de bolas (ROCHA, 2014).

A cominuição ou fragmentação é a operação usada na maioria dos processos minerais para redução de tamanho das partículas e liberação física dos minerais úteis dos indesejados. Em alguns casos a redução de tamanho ocorre para fins de especificações granulométricas; esta etapa é de extrema importância no processamento mineral, pois é a etapa de maior consumo energético e tem a sua eficiência operacional baixa gerando grande custo para o tratamento de minérios (SILVIA, 2014).

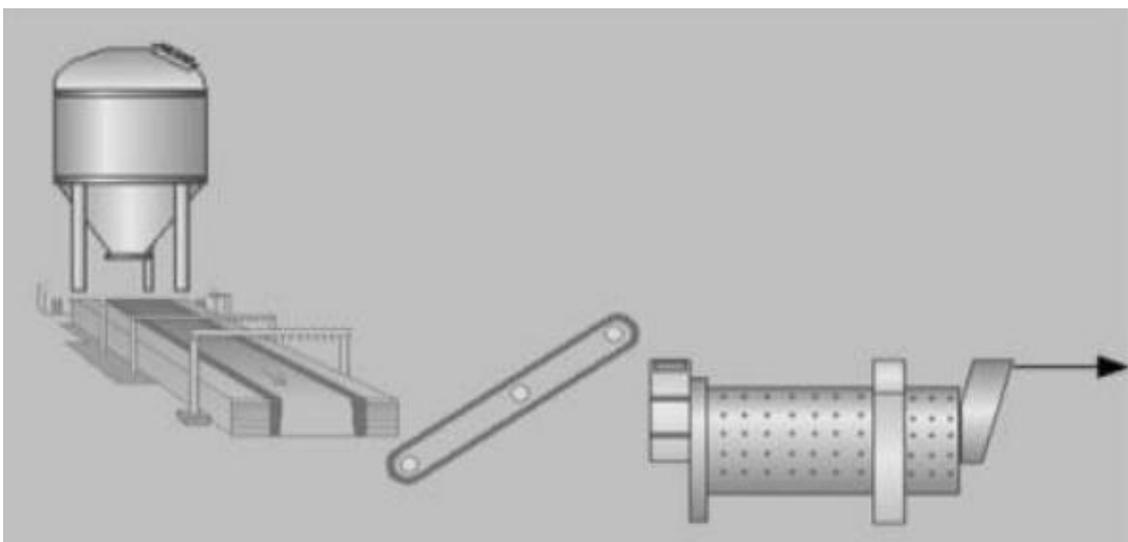


Figura 2.10 - Visão geral do circuito aberto de moagem: 2 circuitos com 1 moinho cada.
Fonte: ROCHA (2014).

2.4 - MANUTENÇÃO

2.4.1 - Definições

Para ALMEIDA (2014), a manutenção é como um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas. Engloba todos os procedimentos necessário para manter instalações, máquinas, equipamentos e todos os recursos de infraestrutura requeridos.

KARDEC e NASCIF (2009), definem o ato de manter ou a manutenção industrial como garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

Segundo VENDRAME (2005), as paradas programadas de plantas industriais, principalmente aquelas de grande porte, são eventos marcantes em uma unidade industrial.

Uma parada de manutenção é um evento crítico, e a sua operacionalização é composta por diversas atividades: de natureza operacional, que vão permitir a liberação e a execução dos serviços propostos; serviços de engenharia para execução dos novos projetos; atividades de manutenção realizadas por mão de obra (SILVA, RINALDI e LIMA, 2010).

A manutenção tem a premissa de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos, de modo a atender a produção com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado (KARDEC e NASCIF, 2009).

São vários os métodos de manutenção existentes, mas os mais usados atualmente são: a manutenção preventiva que é realizada a intervalos predeterminados de forma a prevenir a quebra da máquina, a manutenção corretiva que é efetuada após a quebra de uma máquina ou equipamento e a manutenção preditiva que com base na aplicação sistemática de técnicas de análise permite reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (TELES, 2019).

A “*Major Overhaul*”, que se traduz como uma "Grande Revisão", é definida como o evento de desmontagem, limpeza e inspeção de um motor/equipamento e o reparo e substituição de todas as peças que não atendem às especificações do fabricante. Após todas as inspeções e reparos, o equipamento é remontado e testado de acordo com

as instruções do fabricante. A *Major Overhaul* restaura um equipamento a uma condição que pode ser reparada e normalmente opera como se fosse novo (CRANE, 1991).

As grandes manutenções, ou “*Major Overhaul*”, consistem em realizar inspeções. Estas inspeções buscam identificar mecanismos de falha (fluência, erosão, corrosão, fadiga), a fim de detectar danos suficientemente cedo para impedir que aconteça uma subsequente grande falha. (OLIVEIRA e SILVA, 2016)

Segundo o *BUSINESS DICTIONARY* (2019), *Overhaul* envolve desmontagem parcial ou completa do item, inspeção para detectar peças danificadas, defeituosas ou desgastadas, reparo ou substituição de tais peças e remontagem, teste e execução prévia para retornar o item ao seu nível operacional completo além de um processo de restauração e manutenção de um equipamento, máquina ou sistema em condições de manutenção.

2.4.2 - Evolução das formas de manutenção

Segundo ARANHA *et al.* (2019), ao, evoluindo para a forma preventiva e se aperfeiçoou chegando à forma preditiva longo do tempo a manutenção foi se aperfeiçoando e evoluindo as formas de abordagens. No início do século passado (ainda presente em algumas empresas) a manutenção era feita de forma corretiva.

Manutenção Corretiva é uma atividade de manutenção realizada para superar as falhas ou danos encontrados durante o período de manutenção preventiva. Em geral, a manutenção corretiva não é uma atividade de manutenção programada, porque é feita depois que um componente é danificado e visa restaurar a confiabilidade de um componente ou sistema ao seu estado original. (SANTOS, 2010).

Já a Manutenção Preventiva se diferencia da forma corretiva. A manutenção preventiva é a manutenção realizada regularmente em um equipamento para diminuir a probabilidade de falha. Ele é executado enquanto o equipamento ainda está funcionando, para que não seja interrompido inesperadamente. Ou seja, é uma manutenção planejada que garante que todos os recursos necessários estejam disponíveis. (SANTOS,2018).

A manutenção preventiva utiliza o TBM (Time Based Maintenance ou Manutenção Baseada em Tempo), que trabalha com tempo de operação e utilização da máquina e equipamento e através de um plano previamente estabelecido à manutenção

periódica para substituição de peças que pelo estudo realizado estão na fase final de vida útil. Essa forma de manutenção tem como característica a tentativa de ser assertivo (ARANHA, 2019).

Para MENDES (2020), A Manutenção Preditiva é uma extensão, uma abordagem mais avançada da CBM – Manutenção Baseada em Condição, onde usamos potencialmente muitos parâmetros de processo obtidos por sensores para determinar se nosso equipamento está se afastando de condições operacionais estáveis e está caminhando para a falha.

Assim, a Manutenção Preditiva é definida como um método aplicado na área de manutenção que visa indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste. Essa manutenção envolve também controlar o rendimento operacional de máquinas e indicadores. (MENDES, 2020)

Manutenção Baseada em Condição (CBM) é geralmente subutilizado na maior parte das empresas, a prática mais utilizada é a manutenção programada, baseada em intervalos definidos de tempo. Esta prática torna-se extremamente ineficiente, pois a utilização dos equipamentos, seu desgaste e condições podem variar drasticamente entre diferentes locais e instalações. A manutenção programada é baseada nas recomendações dos fabricantes e são baseadas em estimativas e médias (BARABAS, 2008).

Segundo VAZ (1997), a adoção da manutenção preditiva pressupõe que haja uma solução ideal, que consista em interferir na máquina para providenciar manutenção eficaz em um momento adequado. Tal momento é estabelecido mediante estudo e monitoramento cuidadosos dos vários elementos que intervêm no processo de operação, visando detectar a iminência de uma falha.

2.4.3 - Tipos de manutenção

2.4.3.1 - Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é realizada de maneira não planejada, não esperada (SMITH e HINCKCLIFFE, 2004). As atividades de manutenção são basicamente atividades corretivas e restauração da função perdida.

Para NEPOMUCENO (2018), a finalidade da manutenção é conservar os equipamentos e máquinas em condições satisfatórias de operação e as suas atividades cobrindo uma faixa bastante ampla de funções. Quando isso aparece a necessidade de

realizar um conserto, consubstanciado na substituição do componente ou componentes defeituosos configura-se a manutenção corretiva.

Segundo a norma NBR-5462, a Manutenção Corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha (ou pane), destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (TELES, 2019).

A manutenção corretiva visa restaurar, corrigir e recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação que tenha perdido ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado (FERNANDES, 2010).

Uma máquina parada compromete toda a produção, a manutenção corretiva é a primeira atitude tomada para que esta produção volte à normalidade, ou seja, a manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção (ALMEIDA, 2014)

A manutenção corretiva pode ser planejada, neste caso, tem-se uma falha ou condição anormal de operação de um equipamento e a correção depende de decisão gerencial, em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra (MUASSAB, 2002).

A decisão de adotar a política de manutenção corretiva planejada pode ser originada com base em vários fatores, tais como: negociação de parada do processo produtivo com a equipe de operação, aspectos ligados à segurança, melhor planejamento dos serviços, garantia de ferramental e peças sobressalentes, necessidade de recursos humanos tais como serviços contratados. Esse tipo de manutenção possibilita o planejamento dos recursos necessários para a intervenção de manutenção, uma vez que a falha é esperada (MUASSAB, 2002).

2.4.3.2 - Manutenção preventiva

Segundo a norma ABNT NBR 5462/1994, a definição de manutenção preventiva é toda 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 (TELES, 2019).

A manutenção preventiva é uma manutenção planejada e controlada, realizada em datas predeterminadas, de modo a manter a máquina ou o equipamento em corretas

condições de funcionamento e conservação, evitando paradas e imprevistos. (ALMEIDA, 2014)

Com isso toda máquina exige que sejam substituídos alguns componentes, enquanto outros permanecem intactos. Nestas condições o dispositivo deve parar para sofrer uma revisão antes de atingir a fase catastrófica com consequências econômica bastante grave e com custos elevados (NEPOMUCENO, 2018).

Uma interrupção de produção dá origem a custos elevados, o responsável pela manutenção decide sempre pela substituição de componentes perfeitos durante uma parada de manutenção, o que é traduzido por custos elevados e inúteis de manutenção (NEPOMUCENO, 2018).

O procedimento de manutenção apresenta, entre outros inconvenientes; a necessidade de um estoque apreciável e de um número significativo de componentes; necessidade de desmontagem seguida de remontagem em períodos muito curtos, o que implica num envelhecimento prematuro do dispositivo, por motivos conhecidos; ausência de qualquer garantia, ou segurança, que o equipamento não venha a sofrer uma pane ou uma parada inesperada no momento em que for posto em funcionamento, ou em um período curto a contar do início da operação (NEPOMUCENO, 2018).

Segundo ALMEIDA (2014), algumas vantagens da manutenção preventiva:

- Equilibrar a utilização dos recursos humanos através de planejamento das manutenções;
- Eliminar tempos de espera através de cronogramas de manutenção preventiva pois é possível fazer previsões dos insumos;
- Confiabilidade de prazos no sistema de produção pois permite um bom funcionamento da máquina;
- Satisfação do cliente, respeito aos prazos e qualidade
- Gestão ambiental.

2.4.3.3 - Manutenção preditiva

Para ALMEIDA (2014) com a manutenção preditiva é possível indicar as reais condições de funcionamento da máquina de acordo com dados obtidos a partir dos fenômenos apresentados por ela quando alguma peça começa a se desgastar ou alguma regulagem é necessária. Diz ainda, que este tipo de manutenção baseia-se em inspeções

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

Para KARDEC e NASCIF (2006), seu objetivo é o de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas mediante o acompanhamento de diversos parâmetros e possibilitando assim, que o equipamento opere continuamente, pelo maior tempo possível.

A manutenção preditiva privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com equipamentos em funcionamento. A decisão de intervenção é tomada quando a degradação se aproxima de um limite previamente estabelecido. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos (KARDEC e NASCIF, 2006).

Para RIBEIRO (2003), A manutenção preditiva tem como objetivos:

- a. Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- b. Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- c. Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- d. Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- e. Impedir o aumento dos danos;
- f. Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- g. Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- h. Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que a manutenção preditiva está direcionada a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade. RIBEIRO (2003)

2.4.3.4 - Manutenção detectiva

Por definição, a palavra detectar já nos fornece um norte para o assunto que aqui tratamos. De acordo com os dicionários online, detectar significa revelar ou descobrir aquilo que está encoberto ou escondido.

O termo manutenção detectiva começou a ser utilizado na década de 1990. É um tipo de manutenção efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis às equipes de operação e manutenção. Essa é a política adotada quando o processo possui subconjuntos nos quais é praticamente impossível detectar falhas antes que elas ocorram, buscando eliminar falhas ocultas por meio de testes periódicos no sistema (CASTELLA, 2001).

2.5 - PARADAS DE MANUTENÇÃO

De acordo com VERRI (2015), dentro das atributos presentes em uma parada de manutenção, destaca-se: o prazo determinado; objetivo claramente definido; e sua característica única que são reforçadas pelo que afirmam serem propriedades que devem ser entendidas como um projeto, ou seja, uma parada programada é um projeto.

Segundo VERRI (2015), 85% das paradas que sofreram alguma alteração nas datas previstas inicialmente tiveram problemas em prazo e custo. O mesmo autor também explica que ao antecipar uma parada previamente planejada, os problemas relacionados a esta ação serão ainda mais impactantes.

Outro ponto que deve ser levado em consideração está relacionado à contratação de empresas terceirizadas para a execução de atividades durante a parada. Nestes casos, paradas com contratação tardia apresentam duração em média 20% maiores e custos 10% maiores (VERRI, 2015).

2.5.1 - Custo de manutenção

As paradas de manutenção estão ligadas diretamente ao planejamento estratégico de operação das grandes empresas desta forma os gastos liberados para estas são baseadas nos históricos de anos anteriores. Outro ponto é que parte das atividades é realizada por equipe própria e por empresas com contratos fixo, parte do valor gasto nas paradas está diluído nos custos anuais da manutenção (BORGES, 2013).

Antigamente, quando se falava em custos de manutenção, a maioria dos gerentes achava que não havia meios de controlar os custos de manutenção, a manutenção em si tinha um custo muito alto e, os custos de manutenção oneravam e muito o produto final. (KARDEC e ALAN, 2010)

Com objetivo de avaliar o desempenho da manutenção quanto aos custos e permitir redução dos mesmos, é importante estabelecer metas e procurar atingi-las de modo que o custo de manutenção esteja sob pleno controle (TAVARES, 1987).

O CMF (Custo de manutenção por faturamento) é dado pela relação entre o CTM (Custo total de manutenção) e o FTE (Faturamento da empresa no período), sendo este índice de fácil cálculo uma vez que os valores, tanto do numerador quanto do denominador, são normalmente processados pelo órgão de contabilidade da empresa (MUASSAB, 2002).

É importante distinguir claramente os custos de manutenção dos investimentos. Os custos de manutenção representam uma parcela dos custos de produção da organização. Para manter a disponibilidade dos equipamentos é necessário utilizar peças e conjuntos de reposição, materiais de consumo, energia, mão de obra de gerenciamento e execução, serviços subcontratados, entre outros recursos (MUASSAB, 2002).

2.5.2 - Engenharia de manutenção

A engenharia de manutenção é um dos principais recursos que o órgão de manutenção possui e que permitem realizar estudos, melhorias, modificações nos equipamentos de modo a eliminar ou reduzir as falhas dos mesmos. (MUASSAB, 2002).

Engenharia de manutenção é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida, ou seja, é deixar de ficar consertando e convivendo com problemas crônicos, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras (XAVIER, 2005).

Quando se faz somente a manutenção corretiva não são alcançados bons resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente executará a engenharia de manutenção (XAVIER, 2005).

De acordo com KARDEC e NASCIF (2010), a Engenharia de Manutenção significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do primeiro mundo.

Após o advento da manutenção preditiva, a prática da Engenharia de Manutenção pode ser considerada como uma quebra de paradigma, principalmente em virtude das mudanças na rotina da atividade e da consolidação de uma política de melhoria contínua para a área de manutenção (COSTA, 2013).

Porém não se trata somente de fazer uso de novas técnicas e recursos, para a implantação da Engenharia de manutenção é necessário muito mais, todos os processos culturais têm que ser transformados, sendo assim, as pessoas têm que mudar seus conceitos de como realizar suas atividades caso contrário não irá funcionar (COSTA, 2013).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O trabalho estruturou-se no tipo de pesquisa exploratória que, busca realizar estudos preliminares objetivando a estruturação do contexto, de tal modo que, pesquisas subsequentes possam ser realizadas com uma maior compreensão e precisão.

O estudo de caso que será descrito foi realizado em uma empresa de mineração, em São Luís do Maranhão, trata-se do planejamento e programação dos serviços de manutenção mecânica no *overhaul do moinho 41*, o qual foi realizado por empresas terceirizadas.

Cada etapa corresponde a uma fase do projeto, seguindo o padrão de gerenciamento exposto no guia PMBOK (2017), desde a fase inicial de pesquisa até seu encerramento.

Contextualizando, o início do planejamento oficial será 16 semanas antes da execução do *overhaul* que terá um tempo de duração de 10 dias (28/10/2019 à 06/11/2021).

Para uma padronização, os grupos de processos são estruturados no Alcoa REX – Maior Ferramenta de Gestão de Obras e eAM, utilizadas na unidade (Conforme Figura 3.1). As entregas são divididas em tarefas a serem realizados em 16 semanas que antecedem a data programada do projeto, nas quais cada semana há uma lista de entregas para serem feitas.

Nessa ferramenta Alcoa REX é realizado o registro, controle e acompanhamento semana a semana das documentações, gerenciamento dos riscos do processos, dos recursos como materiais, pessoas, custos bem como o registros das reuniões com suas ações e prazos.

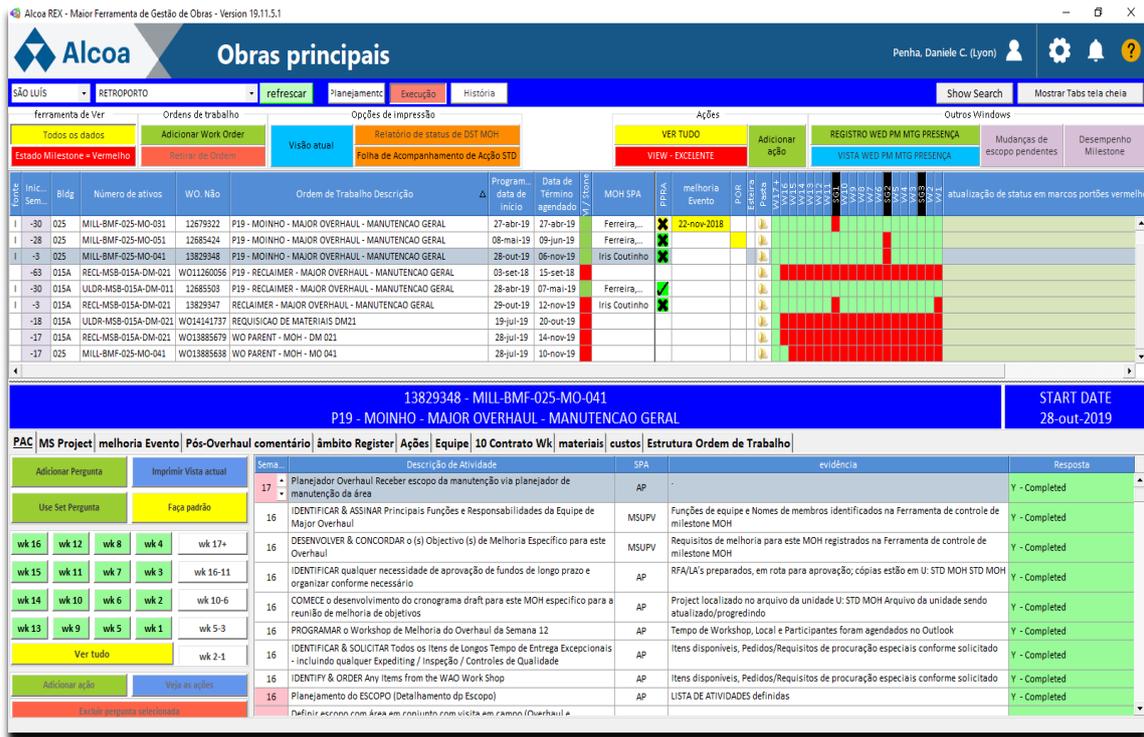


Figura 3.1 - Alcoa REX – Maior ferramenta de gestão de obras.
Fonte: ALUMAR.

De acordo com os ciclos de vida dos projetos, existe uma definição de qual trabalho deverá ser realizado em determinada fase, especificando quem deverá estar envolvido em cada uma delas, em que a maioria das descrições de ciclo de vida apresenta detalhamentos. Como os tempos de manutenção são reduzidos, faz-se necessário que estas paradas tenham um gerenciamento muito efetivo, e para facilitar tal gestão é interessante dividi-la em etapas, tal como um projeto. Estas etapas, na realidade, se resumem em cinco grupos de processo, sendo estes: iniciação, planejamento, monitoramento e controle, execução e por fim, encerramento, conforme indicado na Figura 3.2:

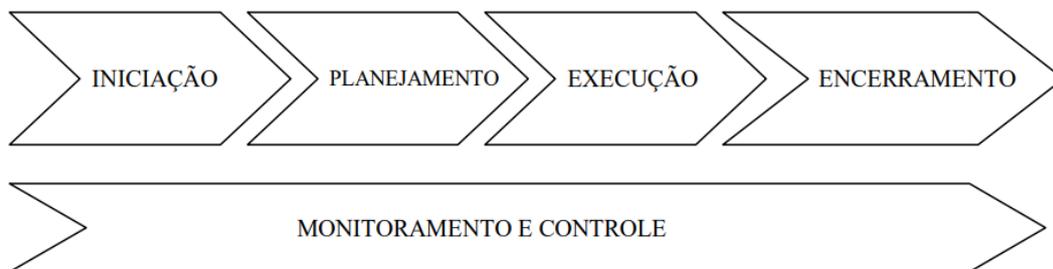


Figura 3.2 - Grupo de processos de gerenciamento de projeto.
Fonte: Adaptação do guia PMBOK (2017).

3.1.1 - Primeira etapa

Na primeira etapa são realizadas reuniões para determinar e confirmar se a manutenção será realizada pela equipe de manutenção da planta ou em formato de grande parada programada *Major Overhaul*.

3.1.1.1 - Critérios para determinar um *Major Overhaul*

1. O impacto da atividade na meta de produção diária;
2. Impacto cáustico;
3. Impacto do uso de energia;
4. Custo de atividade;
5. *Long Lead Time* (Longo prazo de entrega dos materiais);
6. Duração da Paralisação;
7. Várias interfaces do grupo de trabalho;
8. Coordenação vai além dos limites do centro de operação;
9. Impacto da estabilidade de produção da planta.

As metas específicas determinar um *Major Overhaul* o para cada critério serão documentadas e os critérios de avaliação específicos de localização deve ser aprovado pelo gestor caso todos os criterios serem atendidos, conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Critérios para determinar um *Major Overhaul*.

CRITÉRIO	CRITÉRIO ESPECÍFICO DA PLANTA
Impacto diário de tonelada	>50 TPD (Tonelada por dia)
Impacto cáustico	>2 kg/t (quilograma por tonelada)
Impacto do uso de energia	>0,02 GJ/T (giga joule por tonelada)
Custo de Atividade	>\$500.000
Longo prazo de entrega dos materiais	>10 semanas
Duração da paralização	>= 9 dias
Várias interfaces do grupo de trabalho	Complexo, atividades em paralelo ou sequencial (inclui 3 ou mais grupos de trabalho)
Impacto da estabilidade da planta	Bauxita especial solicitada, impacto de oxalato, intervalo de envio >2 dias
Estabilidade da planta	Solicitação de bauxita especial

3.1.1.2 - Localização e registro de MOH (*Major Overhaul*)

As atividades de manutenção de equipamentos que atendam aos critérios para uma MOH o serão catalogadas em um Registro de *Overhaul* Principal do local:

1. O Registro será armazenado e intitulado Registro Principal de MOH do Local;
2. Este Registro deve ser aprovado pelo gerente de manutenção do local e deve ser revisado e atualizado a cada 12 meses antes do início do processo de orçamento anual;
3. Quaisquer alterações no Registro (adições e/ou exclusões) devem seguir o Processo de Gerenciamento de Mudanças padrão e ser aprovadas pelo gerente de manutenção no local.

3.1.1.3 - Determinar um *Major Overhaul*

As atividades de manutenção propostas são identificadas em primeiro lugar como potenciais atividades de MOH (*Major Overhaul*) e em seguida, avaliadas contra critérios de MOH acordados:

1. O modelo de avaliação está contido no documento definir equipamento como um *Major Overhaul*;
2. Os impactos de energia e cáustico são combinados na tabela de avaliação, que fornece um total de 9 critérios a serem avaliados (Tabela 3.1);
3. Se 3 ou mais critérios forem classificados como SIM, o que significa que atendeu aos critérios, a atividade de manutenção será considerada uma *Overhaul* principal;
4. A lista de atividades de manutenção de equipamentos que atendem aos critérios para uma *Overhaul* Principal e os resultados da avaliação devem ser armazenados em um Registro de *Overhaul* Principal do local.

3.1.2 - Segunda etapa (Iniciação)

É nessa etapa que se formaliza a existência do projeto para a organização, define seus objetivos, seu escopo inicial, cronograma elaborado, nomeia o gerente de projeto, determina as principais funções e responsabilidades da equipe de *Major Overhaul* e autoriza a mobilização de recursos da organização para sua realização.

Nesse momento, como padrão para esse projeto, 16 semanas antes da data do inicial de execução há alguns marcos importantes a serem entregues, mostrados a seguir:

1. Identificar as principais funções e responsabilidades da equipe de *major overhaul*;
2. Desenvolver & concordar os objetivos de melhoria específico para este *overhaul*;
3. Identificar qualquer necessidade de aprovação de fundos de longo prazo e organizar conforme necessário;
4. Começar o desenvolvimento do cronograma draft para este MOH específico para a reunião de melhoria de objetivos;
5. Confirmar e ativar a lista de materiais geral no sistema;
6. Criar sd WO's (*work ordem* ou ordens de serviços) de pré-trabalho e de pós trabalhos;
7. Abri as Solicitações de Trabalhos no sistema, programar os e-mails internos de solicitação de recursos e confirmar a contratação *SPOT* (contratação imediata e externas) das empresas.

A Tabela 3.2 mostra as solicitações de recursos.

Tabela 3.2 - Solicitação de recursos.

Solicitações de trabalho	Programação interna (e-mail)	Contratação imediata (contratação <i>Spot</i>)
Ajudante de limpeza	Abastecimento diesel	Conforto térmico
Banheiro químico	Caçambas de resíduo	Eletromecânica
Bomba UAP	Guindastes	Fabricação externa
Caminhão de sucção	Restaurante	Montagem de andaime
Caminhão pipa		
Compressor		
Empilhadeira		
Fiscalização e Planejamento		
Gerador		
Iluminação		
Inspeções Ensaios não destrutivos		
Isolamento térmico		
Limpeza dos banheiros químicos		
Pintura		
Plataforma elevatória		
Revisão elétrica		

Para garantir que as atividades sejam feitas dentro do tempo previsto e com alto nível de qualidade é preciso, além da escolha de bons profissionais, o acompanhamento efetivo por parte dos responsáveis da parada. Outro ponto de extrema importância é que são necessárias reuniões das fases de planejamento como com todos os grupos interessados e durante a sua execução são realizadas diariamente para aferir as atividades da parada.

Nestas reuniões são repassadas as atividades consideradas críticas para o processo, sendo avaliado o andamento do projeto e a eventual necessidade de se tomar alguma ação para garantir a realização do plano de ações dentro do tempo previsto. Em resumo, essas reuniões têm o papel de verificar também se alguma das outras atividades pode vir a comprometer a finalização da parada dentro do tempo estipulado.

O pré escopo propicia o levantamento das principais atividades a serem realizadas, estas são levantadas a partir de uma carteira de atividades, carteira esta formada por planos de manutenção preventiva, atividades levantadas por técnicas de inspeção preditiva e sensitiva, manutenções corretivas planejadas e pequenos projetos de melhoria solicitados por parte das engenharias de processo ou mesmo as melhorias de manutenção.

Este levantamento é feito pelo planejador da área que irá conduzir todo o processo de planejamento e validado junto aos responsáveis pelas manutenções das áreas onde será realizada a parada.

Com estas atividades listadas é realizado o levantamento aproximado do tempo e do custo da parada. Neste momento é definido também os responsáveis pelas etapas de preparação e execução.

É importante também utilizar deste momento para definir como serão realizadas as mudanças de escopo ao longo da parada. Uma boa prática que foi realizada neste tipo de parada é que: para que ocorra qualquer mudança de escopo é necessário o aval do responsável da manutenção e do responsável da operação juntos e esta nova atividade deverá entrar no lugar de outra, desta forma se inibe a mudança de escopo, haja vista que um dos grandes vilões do insucesso das paradas são as mudanças de escopo.

A Figura 3.2 é mostra o levantamento das atividades a serem executadas na parada.

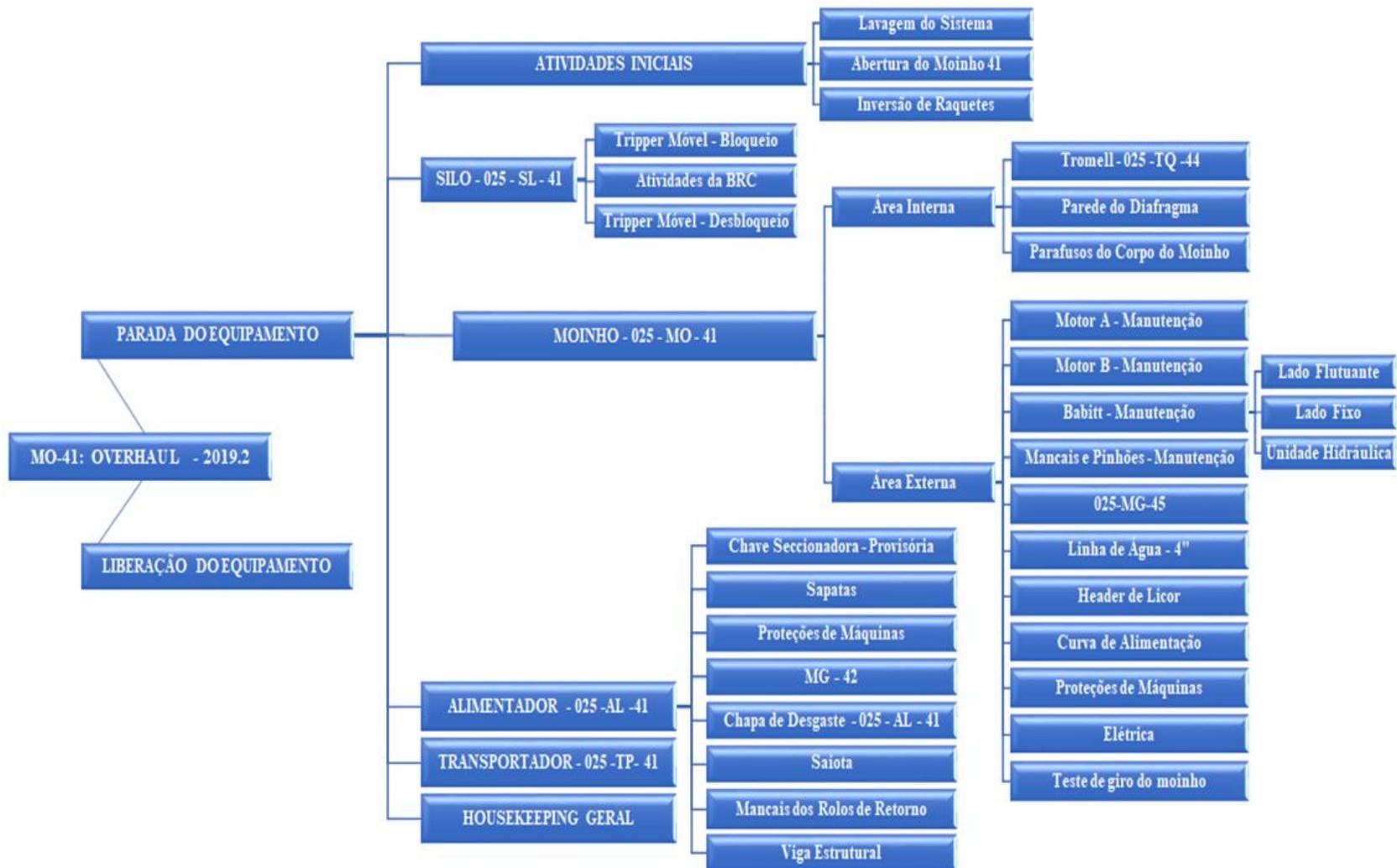


Figura 3.3 - Principais atividades a serem executadas antes e durante a parada.

3.1.3 - Segunda etapa (Planejamento)

Esta fase é o momento mais importante da parada, pois como esta se trata de uma parada de manutenção de aproximadamente 10 dias, cada tarefa tem que ser muito bem detalhada e os recursos devem estar todos no local no momento exato e os profissionais devem ser contratados e treinados para realizar as atividades e atenderem aos requisitos obrigatórios da parada. Desta forma as etapas de planejamento, que serão apresentadas a seguir, devem ser cumpridas de forma correta.

As funções de planejamento e programação são o centro a partir do qual todas as atividades de manutenção são coordenadas. Embora o planejamento e a programação estejam intimamente relacionados, elas são funções distintas.

O planejamento é a preparação avançada de trabalhos selecionados, para que possam ser executados de maneira eficiente e eficaz durante a execução do trabalho, que ocorrerá em uma data futura.

Inclui uma estimativa do custo total e abrange os esforços essenciais de preparação e reinício das operações, bem como a manutenção, incluindo habilidades.

Nesse momento, 15 semanas antes da data do projeto há alguns marcos importantes a serem entregues, listados a seguir:

- a) Continuar desenvolvimento do cronograma *draft* para este MOH para a Reunião de objetivos de melhoria;
- b) Garantir as lições aprendidas identificadas a partir da revisão de pós-overhaul ou incluir no cronograma.

Com todos estes levantamentos feitos ocorre a reunião de *kick off* (reunião de início de projeto), onde será realizado um repasse de todo material e neste momento são repassadas as lições aprendidas da última parada bem como suas ações para que não sejam repetidas, e discutido sobre as principais atividades e se existem outras atividades que porventura não tenham sido levantadas pela carteira de atividades.

Nessa reunião é também o momento para descrever como será conduzido todo o processo de planejamento da parada, indicando quando serão realizadas as próximas reuniões, como será levantado o escopo das atividades e outras demandas que surgirem no decorrer. O documento final desta reunião é uma ata e um plano de ação contendo o passo a passo do planejamento de toda parada indicando datas, entregas e responsáveis de cada etapa.

Com 14 semanas antes de iniciar o projeto é importante fazer alguns procedimentos, como:

- i. Começar o desenvolvimento da análise de risco e plano de processo;
- ii. Começar o processo de verificação de campo para o cronograma proposto;
- iii. Finalizar cronograma *draft* análise de risco e plano prontos para a revisão no workshop de melhorias na semana 12.

A Tabela 3.3 mostra a análise de risco e plano de processo.

Tabela 3.3 - Análise de riscos e plano de processo.

Análise de risco e plano de processo			
Impacto do risco	Descrição do risco	Descrição da ação	Responsável
Fornecimento ou Qualidade de Bauxita	Redução da produção por baixo inventário de posta nos silos de estocagem 25A	Garantir a disponibilidade dos moinhos remanescentes (21, 22, 31, 32 e 51) realizando manutenção preventiva anteriormente à saída do MO41 (inspeção de curvas e chutes e troca de óleo)	Supervisor de Operação
Fornecimento ou Qualidade de Bauxita	Perdas de alumina por extração em virtude do aumento da granulometria da pasta (35# e d80) ocasionado por aumento na taxa de moagem	Garantir a operacionalidade das bombas dos ciclones dos moinhos 22 e 32	Supervisor de Operação
Fornecimento ou Qualidade de Bauxita	Perdas de alumina por extração em virtude do aumento da granulometria da pasta (35# e d80) ocasionado por aumento na taxa de moagem	Garantir o atendimento ao planejamento de recarga dos moinhos	Supervisor de Operação
Capacidade de diluição	Limitação da base de diluição por deslocamento do volume dos tanques 25A caso algum moinho ou DM permaneça indisponível durante a manutenção do 41	Garantir a disponibilidade dos moinhos remanescentes e DMs via manutenção preventiva	Supervisor de Operação
Qualidade do produto (Si)	Aumento no teor de Sílica na alumina em virtude de tempo insuficiente para a reação de DSP nos tanques 25A, ocorrendo quando o inventário se encontra muito baixo	Garantir nível mínimo de 75% nos tanques 25A	Supervisor de Operação

Há 13ª semanas antes da data do projeto é importante realizar as etapas:

1. Completar a lista de verificação de campo MOH;
2. Atualizar o cronograma e planilha como requerido baseado nos resultados da atividade de verificação de campo;
3. Confirmar disponibilidade de fundos para progresso MOH e organizar para aprovação de adicional se requerido;
4. Finalizar o pré-trabalho requerido para melhoria de MOH e reunião inicial com a equipe.

Na 12ª semana antes da data do projeto, realizar as tarefas a seguir:

1. Realize o workshop de aperfeiçoamento e lançamento da equipe;
2. Atualizar cronograma e folha de verificação com ações concordadas do workshop de melhorias;
3. Finalizar e submeter análise de risco e plano de processo preliminar para aprovação local;
4. Desenvolver e concordar a reunião de gerenciamento diário de execução do MOH/ Estratégia de gerenciamento.

Com 11ª semanas antes da data do projeto há alguns marcos importantes a serem entregues, conforme a seguir:

1. Finalizar o cronograma draft para este *Overhaul*;
2. Finalizar cronograma estimativa de custo e descontos contra fundos aprovados (orçamento e previsão);
3. Checar aprovação de fundos e confirmar MOH aprovado para proceder;
4. Confirmar análise de risco e plano de processo aprovado e atualizar cronograma/ Folha de verificação como requerido;
5. Finalizar e assinar o contrato de 10 semanas;
6. Finalizar o pedido de qualquer item da Oficina.

Há 10ª semanas antes da data do projeto, analisar os seguintes itens:

1. Concordar e implementar a estratégia de pacote de trabalho com o planejador de materiais;
2. Comunicar e concordar a estratégia de pacote de trabalho com o responsável como requerido;

3. Começar o escopo padrão e processo de planejamento para cada pacote de trabalho no cronograma;
4. Confirmar a disponibilidade de todos os materiais e partes previamente solicitados;
5. Todos os itens longos encomendados.

Com 09ª semanas antes da data do projeto há alguns marcos importantes à serem entregues, conforme a seguir:

1. Identificar e organizar capacidade de início de pré-trabalho/ saúde dos equipamentos/ teste/ checagem;
2. Identificar e organizar o início de pré-trabalho de trabalho de pré-fabricação / pré-montagem requerido;
3. Identificar e organizar requisitos de início de pré-trabalho de engenharia (desenhos, design, especificações etc.);
4. Identificar e organizar todos outros requisitos de início de pré-trabalho (limpeza, teste, inspeção, checagem, remoção/demolição etc.);
5. Garantir escopo de trabalho padrão e processo de planejamento para conclusão na semana 8.

Há 08ª semanas antes da data do projeto é importante terminar as seguintes tarefas:

1. Completar o escopo de trabalho padrão e processo de planejamento para cada pacote de trabalho no cronograma;
2. Começar preparação e compilação de documentação requerida para todos os pacotes de trabalho;
3. Finalizar a estratégia de materiais com a pessoa responsável de materiais;
4. Identificar e solicitar todos os materiais e peças remanescentes (incluindo todos os itens de estoque e não estoque / carga direta/ almoxarifado);
5. Finalizar estratégia de recursos internos / externos / contratados para qualquer pico de carga de trabalho identificada;
6. Confirmar requisitos e disponibilidade para todos os recursos externos/compartilhados e turno;
7. Começar aprovação para qualquer pico de carga de trabalho requerido (turno e/ou externo/serviço contratado);

8. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar;
9. Confirmar plano de gestão de materiais para garantir recursos definidos para o projeto e transporte dos kits de materiais;
10. Confirmar o plano de gerenciamento de matérias para garantir recursos definidos para devolução de reparáveis.

Faltando 07^a semanas para início do projeto há alguns marcos importantes à serem entregues, conforme seguir:

1. Confirmar preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na sem 01;
2. Confirmar Custo e Aprovação do Trabalho Final para Proceder conforme necessário (se Custo do Trabalho > Previsão Acordada);
3. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar.

Há 06^a semanas do projeto, realizar as seguintes tarefas:

1. Confirmar a preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na semana 01;
2. Identificar e organizar ferramentas especiais requeridas, contratação, aluguel/equipamento;
3. Confirmar disponibilidade e organizar Requisitos de Recursos Externos/Internos/Compartilhados;
4. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar;
5. Confirmar plano de gestão de materiais avançando para planejar.

Faltando 05^a semanas para iniciar o projeto há alguns marcos importantes a serem entregues, conforme a seguir:

1. Confirmar preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na sem 01;
2. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar.

Com 04^a semanas antes da data do projeto há alguns marcos importantes à serem entregues, conforme a seguir:

1. Confirmar a preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na sem 01;
2. Verificar e confirmar Avaliação de Risco e Plano de Processo Válido e Atualizar / Pré-aprovar conforme necessário;
3. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar.

Faltando 03^a semanas para início da data do projeto, é importante realizar as seguintes tarefas:

1. Confirmar a preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na semana 01;
2. Confirmar a disponibilidade de todos os Requisitos de Recursos Externos/Internos/Compartilhados;
3. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar;
4. Confirmar que todos os materiais da ferramenta verificador de materiais têm um status verde.

Há 02^a semanas antes da data do projeto, realizar as tarefas a seguir:

1. Confirmar a preparação de pacote de trabalho, documentação e material para completar na sem 01;
2. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar;
3. Revisar status do MOH e assinar como pronto para proceder para fase de execução;
4. Configurar reuniões diárias de gestão do MOH para Gerenciar a Execução do Trabalho.

Com 01 semana antes da data do projeto há alguns marcos importantes a serem entregues, conforme a seguir:

1. Confirmar todos os requerimentos de pré-trabalho e progresso das atividades para planejar;

2. Configurar quadro de gerenciamento do *major overhaul* associado a padrão de documentação incluindo cronograma
3. Finalizar, imprimir e postar pacotes de trabalhos, as cópias impressas e arquivo pronto para postagem.

3.1.4 - Terceira etapa (Execução)

A terceira etapa trata da transformação das idéias consolidadas nas etapas anteriores em produtos acabados em forma de tarefas executadas durante a parada de manutenção.

A execução é o momento onde todo o planejamento é colocado em prática e este é o momento em que o planejador entrega para área toda parada planejada com os devidos recursos, materiais alocados e o cronograma de realização das atividades. Este conjunto de documentos forma o plano de gerenciamento da parada e com estes documentos em mãos os responsáveis pela execução fazem com o que o planejamento aconteça.

Nessa etapa existe um setor que necessita de destaque durante o processo, o Controle de Qualidade. Este setor é o responsável pela conformidade de todos os itens analisados anteriormente.

É a fase mais importante, pois tem por objetivo acompanhar e controlar tudo aquilo que está sendo realizado neste projeto, ou seja, basicamente controla e compara se o andamento do processo está conforme o planejado. Caso algum item esteja fora do especificado, é nessa fase que se aborda o projeto e, se necessário, ações e decisões são tomadas quanto ao que será feito para corrigir quaisquer anomalias.

As atividades se iniciam com um diálogo diario de segurança (DDS) com as equipes divididas, cada grupo de analisa uma Tarefa de Alto Risco do Dia (TARD) ou seja, uma tarefa rotineira ou não rotineira com potencial de fatalidade ou grave “E” onde estejam presentes armadilhas para o erro, seguindo o roteiro abaixo:

1. Algum incidente, near miss (quase acidente), cartão PARE e busque ajuda, notificação de perigo ou comportamento inseguro para ser reportado?
2. Qual o feedback da conversa pre-tarefa do dia anterior?
3. Dentre as tarefas que temos que realizar hoje:
 - a. Alguma tarefa não rotineira ou que alguém fará pela primeira vez?

- b. Alguma tarefa onde os direcionadores do sistema / Ambiente de trabalho, demanda da tarefa , capacidades individuais e natureza humana são preocupantes?
- c. Alguma tarefa para validação ou reforço do procedimento?

3.1.5 - Quarta etapa (Monitoramento e controle)

Apesar de ser citado como quarta fase o monitoramento acontece sempre desde o início do projeto até o seu final, um dos documentos produzidos nesta etapa é de solicitação de mudanças que têm por finalidade coletar todas as informações relacionadas às mudanças que podem vir a ser solicitadas.

3.1.6 - Quinta etapa (Encerramento)

A quinta e última etapa, refere-se a fase de encerramento, é formalizado o encerramento do projeto, o aceite dos resultados obtidos, é quando todas as etapas anteriores já foram desenvolvidas e corrigidas, caso tenha havido quaisquer irregularidades.

Para uma melhor visualização, a Tabela 3.4 mostra a lista de verificação de atividades de planejamento MOH com um resumo do planejamento das principais entregas dividido por semanas. A tabela apresentação desde a 17ª semana que antecede a execução do projeto até a semana 1.

Tabela 3.4 - Lista de verificação de atividades de planejamento MOH.

Lista de verificação de atividades de planejamento MOH																			
Item	Descrição das atividades	Semanas que antecede o <i>Major Overhaul</i>																	
		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	Equipe do <i>overhaul</i> receber escopo da manutenção																		
2	Confirmar funções e responsabilidades da equipe MOH																		
3	Desenvolver objetivos de melhoria específico para este <i>overhaul</i>																		

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - MONITORAMENTO E CONTROLE

Essa etapa está contida em todas as outras, sejam nos controles para entrega do escopo, seja nas reuniões de acompanhamento de todo o planejamento, execução e encerramento. De certa forma esta etapa é que faz com que tudo ocorra de forma correta principalmente porque para um bom gerenciamento é necessário ter parâmetros para analisar se a manutenção está em andamento adequado, e se caso não estiver como fazer para retornar ao caminho.

Um bom exemplo de parâmetro são as curvas que serviram de norteador para o avanço físico da parada conforme indicado na Figura 4.1.

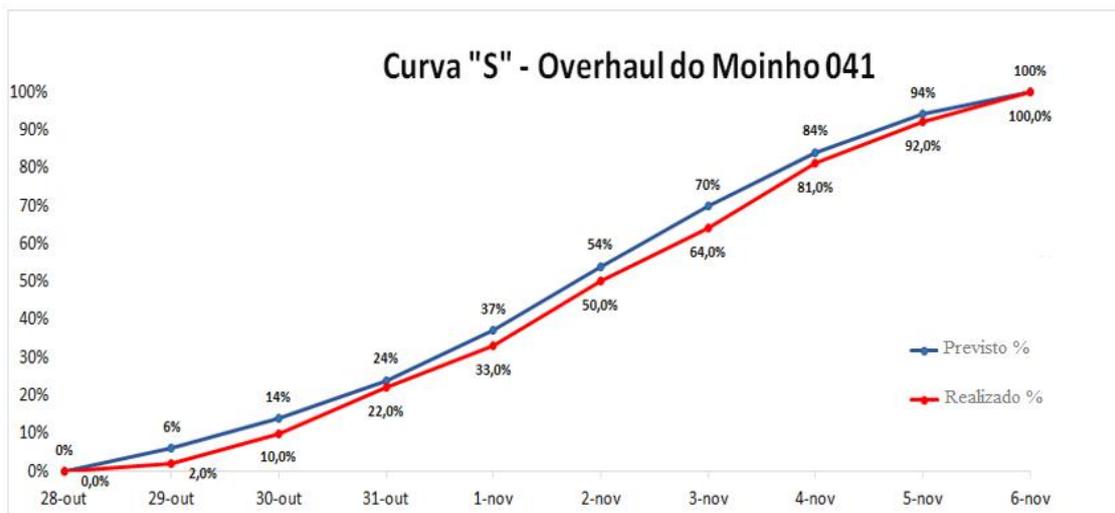


Figura 4.1 - Curvas de avanço físico previsto x realizado.

A curva “S” de avanço físico previsto é um gráfico que demonstra as atividades transformadas em percentuais de 0 a 100%, percentual gerado da relação entre a quantidade de dias de cada tarefa dividido pelo tempo total de execução de todo o cronograma até a entrega final do projeto.

Esse gráfico mostra o avanço diário das atividades executadas pelas equipes, de acordo com cada atividade ou frente de serviço, sendo que essas atividades podem sofrer qualquer alteração em relação ao planejamento e o gráfico de avanço físico irá mostrar visualmente se, essas alterações, sendo benéficas ou que podem causar atrasos,

irá alterar a data de entrega final da obra de acordo com cada atividade e recursos financeiros previamente alocados.

Cada atividade planejada, transformada em ordem de serviço para cada equipe é organizada ao final do dia e atualizada a curva “S” como o avanço padrão da ferramenta MsProject em 0%, 25%, 50%, 75% e 100% criando assim a ponderação necessária para gerar o avanço da curva.

Cada atividade que não foi executada em sua totalidade (100%) gera um desvio negativo na curva e a consequência de não se ter alcançado a meta de execução da entrega do dia e seu percentual de execução foi gerada por um imprevisto que é devidamente observado na ordem de serviço para que seja tratado como intemperes, como chuvas por exemplo ou desvios que não foram planejados.

A Figura 4.2, mostra a análise de evolução diária, comparando o que foi programado com o realizado.

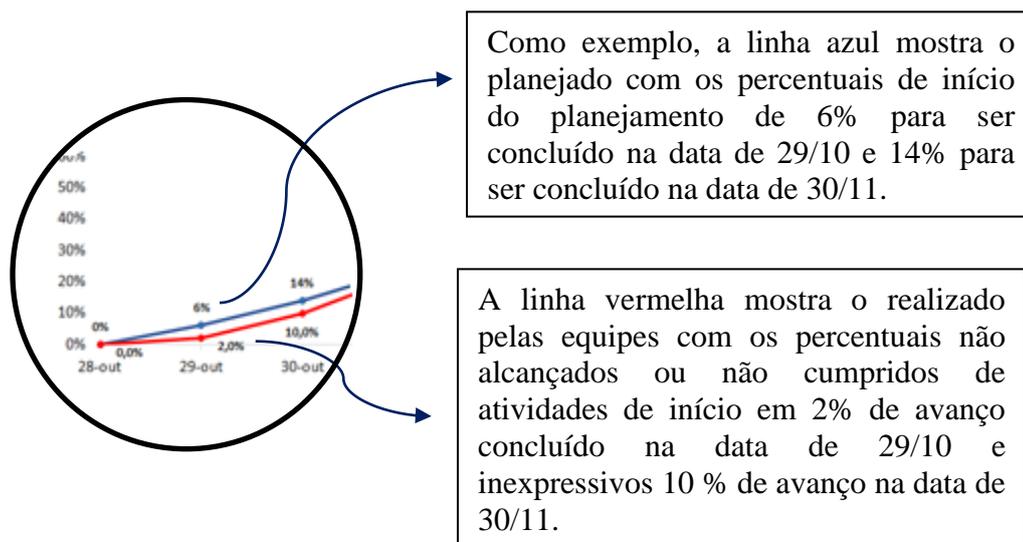


Figura 4.2 - Análise entre o planejado e o realizado.

Na Figura 4.2, tem se 2% de execução real para 6% de atividades planejadas temos como desvios:

- Período de chuvas sazonais ou mal tempo;
- Liberação da área para execução das atividades por parte da operação da planta;
- Liberação de espaços confinados da planta para início das atividades.

Dentro da curva “S” também tem se o chamado “caminho crítico de atividades” que são as atividades que devem ser executadas dentro do planejado em sua totalidade com o risco de, caso aconteça atraso em qualquer uma delas, outras atividades com

menor potencial ou dificuldade de execução ficam impedidos de serem executadas por ser planejada em sequência, pode gerar um atraso em cadeia e comprometer a data final de termino da obra e a entrega na data planejada.

No planejamento as principais atividades, incluindo as do caminho crítico, sofreram atrasos em torno de - 4% para entrega nos dias planejados ao longo da curva, demonstrando que não houve grandes obstáculos nas execuções como mostra na Tabela 4.1, o histórico das atividades entregues com os principais motivos observados pelas equipes e descritos a seguir.

Tabela 4.1 - Atividades críticas.

Item	Atividades planejadas	% Plan.	% Exec.	Motivo do atraso
1	Troca da roda • Babitt - Manutenção	6 %	2%	Chuva
2	Troca do motor	14%	10%	Chuva
3	Troca do eixo	24%	20%	Chuva

Ao final da obra é feita a entrega das atividades planejadas ou condicionamento de acordo com o planejamento para o cliente e será feito o termo de entrega, demonstrando as fases de execução da obra com as principais atividades solicitadas pelo cliente, relatórios de testes e data book com atividades críticas e o termo de entrega da obra assinado pelo executante e cliente sendo tudo isso embasado pelo acompanhamento físico financeiro da obra, conforme observamos na Figura 4.3.

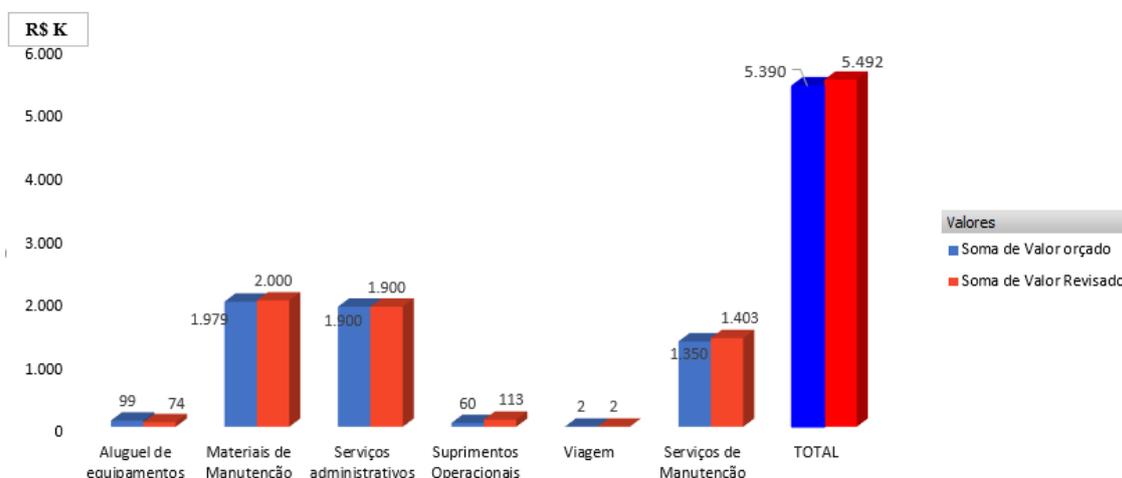


Figura 4.3 - Comparativo financeiro do valor orçado x valor revisado.

4.2 - ENCERRAMENTO

O encerramento da parada de manutenção geral não ocorre com o término das atividades ou com o reinício das operações. Na realidade estas etapas são consideradas parte integrante da execução, haja vista que é necessária uma operação assistida nas primeiras horas da retomada do equipamento.

O encerramento formal do *major overhaul* é formado por algumas etapas de extrema importância. É o momento do encerramento oficial dos contratos e a desmobilização dos recursos.

Logo, inicia-se uma reunião de percepções de aprendizagem para realizar uma sindicância para aperfeiçoar o processo de todas as etapas anteriores. O objetivo principal dessa etapa é apurar falhas ocorridas para que as mesmas não possam ocorrer em novos projetos com isso se cria o documento de lições aprendidas no projeto, bem como registrar as melhorias.

4.3 - PERCEPÇÕES DE APRENDIZAGEM

Neste momento é feita uma reunião em que são repassadas todas as atividades e desta são levantados todos os pontos que foram observados, sejam eles positivos ou pontos de atenção.

Desta forma é gerado um documento que indica todos os pontos que devem ser mantidos para as próximas paradas e os pontos que devem ser melhorados e trabalhados para que não ocorram nas próximas campanhas.

Com isso, é formalizado um plano de ação e este é anexado ao relatório final da parada, relatório este que será o primeiro documento a ser levantando para a próxima parada.

Na reunião é também verificada a aderência da parada, ou seja, se todas as atividades planejadas foram executadas e se a parada foi realizada dentro do tempo estipulado, é repassado também o custo total da parada.

Dentre as lições aprendidas fica necessário definir uma pessoa onde todas as informações serão centralizadas e este fica responsável pelo repasse para os demais, desta forma o canal de informação deverá ser o mais claro possível.

Na Tabela 4.2 são mostradas as oportunidades de melhorias, os impactos causados e as ações que deverão ser tomadas antes da próxima parada geral de manutenção.

Tabela 4.2 - Lições aprendidas.

Oportunidade/Melhoria	Impacto	Ação
Área dos moinhos com vazamento dificultando/impossibilitando o acesso aos equipamentos.	Grande distância entre os contêineres e área de atividade alimentar 41, maior percurso.	Redefinir e alinhar caminho seguro para permitir acesso sempre que houver mudança de cenário.
Téc. de segurança de uma contratada novata e sem treinamento de supervisor de espaço confinado.	Dificuldades para liberação de espaços confinados simultaneamente.	Pré requisitos na contratação, que os téc. de segurança tenham todos os treinamentos.
Compartilhamento do téc. de segurança (fiscalização) com as outras áreas.	Longos períodos do dia sem téc. de segurança da fiscalizadora contratante.	Manter o plano inicial de contratação de segurança dedicados aos equipamentos.
Modificações da estrutura de andaime sem atualização do checklist.	Descumprimento de procedimento de montagem de andaime.	Revisar checklist sempre que houver modificações no andaime.
Utilização de andaime abraçadeiras.	Demora na montagem.	Avaliar a utilização de andaime tipo encaixe para otimização de tempo e segurança.
Montagem de andaime pré parada não realizada por completo.	Atraso na abertura da peneira tromel e resfriamento do moinho.	Cumprir parada programada dos moinhos e prioridade na montagem de andaimes de pré parada.
Rotina de limpeza dos tapumes no cronograma.	Atividade não rastreada em cronograma.	Item a ser incluído nos próximos cronogramas.
Inverter raquete, água, lavagem, tanque, peneira tromel.	Atraso na liberação do espaço confinado do moinho e peneira tromel.	Operação rever plano de EBTV que permitam a execução dos espaços confinados.
EBTV dos equipamentos para entrega ao <i>Overhaul</i> .	Atraso na liberação do EBTV dos equipamentos.	Analisar a possibilidade de verificador dedicado (EBTV).
Necessidade de maior frequência na limpeza dos banheiros.	Insalubridade.	Equipe de higienização dos banheiros em todos os turnos, inclusive a noite.
<i>Overhaul</i> da ponte rolante 011.	Não conclusão do escopo de troca de chapas do costado do silo.	Avaliar a modernização dos comandos da ponte na garagem.
Atividades de manutenção via cronograma nas reuniões.	Não alinhamento das atividades diárias de manutenção.	Citar as atividades de manutenção programadas para o turno de acordo com o cronograma nas reuniões.
Plano de ventilação e resgate.	Segurança.	Garantir todos os planos necessários e avaliar as interferências e impactos na realização das atividades.

Inspeção do corpo do Moinho 41 na região da parede divisória.	Não identificação do escopo de trincas.	do	Concluir a inspeção das trincas que estão em 40%.
Produtividade de andaime.	Atraso na liberação de andaime.	de	Tempos reais de montagem de andaime no cronograma.
Comunicação das informações entre a equipe e fiscalização deficiente.	Não passagem das informações entre os turnos.	das	Garantir interação nas trocas de turno.
Inspeção na liderança através de formulário (exceção gestores).	Segurança, acompanhamento controle.	e	Definir matriz de inspeção por função.
Inspeção da liderança através de app para Overhaul.	Segurança, acompanhamento controle.	e	Utilização da ferramenta pelos gestores: Contratante e Contratada.
Armazenamento da documentação no quadro de bloqueio.	Perda/Avaria de documentação.	de	Implantar suporte ao quadro de bloqueio para armazenamento da documentação.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

Em virtude dos fatos mencionados percebe-se que o gerenciamento da manutenção se consolida a cada dia como uma ferramenta estratégica nas organizações.

Neste trabalho contemplou diversos aspectos relacionados à manutenção, planejamento e programação visando determinar uma gestão estratégica ideal de parada geral de manutenção industrial. No entanto, diante das dificuldades encontradas, principalmente pelas inúmeras variáveis relacionadas ao processo produtivo e gerencial de uma grande planta de mineração.

O projeto de grande parada de manutenção é sempre um desafio, cada *overhaul* possui suas especificações, mesmo sendo no mesmo equipamento todos os anos. O cenário pode parecer ser o mesmo, os detalhes são excepcionais, as pessoas mudam e os recursos variam.

Como resultado do desenvolvimento deste trabalho pode-se afirmar que o gerenciamento de projetos para obtenção de controle sobre a manutenção é o caminho para o aprimoramento e qualidade. Uma vez realizado de forma efetiva, maximiza a confiabilidade e previsibilidade das ações de prevenção e de correção, de segurança, bem como os recursos necessários para a execução destas ações.

Com isso, podemos relatar ainda, os ganhos do planejamento e padronização citados a seguir:

- Foi realizado o mapeamento e controle dos materiais no sistema e no físico (realizado as identificações e armazenamento em um único lugar), assim, houve diminuição considerável de solicitações de materiais de emergência e consequentemente diminuição considerável de desperdícios de materiais.
- Com as informações na plataforma de planejamento Rex, houve um ganho no monitoramento e acompanhamento das documentações semanalmente no Brasil e na Austrália.
- Realizada elaboração de um cronograma realístico pelos planejamentos do *overhaul* e das contratadas (executantes) junto com a equipe da operação.

- Mobilização antecipada da mão de obra elétrica especializada da planta para liberação de equipamentos críticos onde havia necessidade deste colaborador em tempo integral para início das atividades e sempre que precisasse de manobras nas subestações.
- Foi coletado um conjunto de lições a ser usadas nas próximas grandes paradas de manutenção industrial.
- Foi registrado as dificuldades na realização de atividades pré parada (pré *overhaul*), como por exemplo a montagem de andaimes, pois alguns necessitam do equipamento parado para a realização da montagem dos mesmos, ocorrendo alguns atrasos
- Registrado também a inclusão de algumas atividades fora de escopo e as melhorias no decorrer do projeto para as próximas paradas de manutenção.

Nesse projeto *overhaul* 2019 segundo semestre tinha se como meta concluir o planejado no prazo e realizar com segurança e foi atingido, realizado dentro do prazo de 10 dias. Bem como foco na segurança do trabalho e não houve relato de incidente ou acidente de trabalho, lesão ou afastamento. Apesar do atraso no avanço físico no início, mas o real foi concluído.

5.2 - SUGESTÕES

Devido à grande abrangência do assunto abordado no presente trabalho, são apresentadas, a seguir, algumas sugestões para a continuação:

- i. Realizar estudo do desgaste das placas internas dos moinhos de bauxita;
- ii. Realizar estudo de manutenção e substituição das chapas de desgastes interno dos silos de armazenamento de bauxita;
- iii. Realizar de estudo e mapeamento de trincas no corpo do moinho de bauxita através de ensaios não destrutivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <<http://www.abal.org.br>>. Acesso em: 14 de julho de 2005.

ALMEIDA, M. T. de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá: 2014. Disponível em: <<https://mtaev.com.br/wp-content/uploads/2018/02/mnt1.pdf>>. Acesso em: 16 de março de 2020.

ALMEIDA, P. S. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.

ALMEIDA, L. M.; FIGUEIRA, H. V. O.; SALVADOR, A. B. L. **Tratamento de Minérios**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2010. 965 p.

ARANHA Jr, C. C.; PENHA, D. C. **Implantação da Ferramenta TPM (Total Productive Maintenance) em uma Planta Industrial de Mineração**. 1ª ed. — São Luís: Editora Pascal, 2019.

BÁRDOSSY, G.; ALEVA, G. J. J. **Lateritic bauxites**. Amsterdam, Elsevier, *Developments in Economic Geology* 27, p. 624 (1990).

BARABAS, E. **Ganhos com Manutenção Preditiva Baseada em Dados de Processo em Tempo Real**. Softbrasil Automação1 (2008) Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21197118>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

BORGES, E. de S. **Gestão de projetos aplicado a paradas de manutenção em concentradores de minério de ferro**. Disponível em: <http://pmkb.com.br/uploads/2013/07/gestao-de-projetos-aplicado-a-paradas-de-manutencao-em-concentradores-de-minerio-de-ferro-_1_.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

CASTELLA M. C. **Análise crítica da área de manutenção em uma empresa brasileira de geração de energia elétrica**. 2001. 152 f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. São Paulo: Signus Editora, 2006. v. 3.

COSTA, M. de A. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 25 f. Monografia (curso de graduação em engenharia de produção) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

_____ Disponível em: <<https://allonda.com/blog/gestao-de-agua/paradas-de-manutencao/>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2020.

_____ Disponível em: <<https://engeteles.com.br/gestao-de-paradas-de-manutencao-pt1/>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2020.

_____ Disponível em: <<https://engeteles.com.br/gpmonline/#1485889089955-416056b1-0ef7>>. Acesso em 02 de janeiro de 2020.

_____ Disponível em: <https://www.alcoa.com/australia/en/pdf/WAG_Chapter_4_Existing_Wagerup_Refinery.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

_____ Disponível em: <<http://bauxite.world-aluminium.org/refining/process/>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

_____ Disponível em: <<http://www.world-aluminium.org/>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

_____ Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/248534/1/Escobar_EduardoMarchioni_M.pdf>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

_____ Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762007000200011&script=sci_arttext>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

_____ Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=Investigation+of+zeolite+scales+formed+in+the+Bayer+process%E2%80%9D&oq=Investigation+of+zeolite+scales+formed+in+the+Bayer+process%E2%80%9D&aqs=chrome..69i57j3312.891j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

FERREIRA, F.; SANTOS, L. R. dos. **Conceito e boas práticas de parada de manutenção**. 2017. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/conceito-e-boas-praticas-de-paradas-de-manutencao/>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2020.

FERNANDES, J. **Manutenção corretiva, Manutenção e Lubrificação de Equipamentos**. Bauru, 2010. (Apostila).

FRANÇA, S. C. A.; COUTO, H. J. B. Análise microgranulométrica - Malvern e Sedigraph. In: **Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais**. p. 101-122, Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, 2007.

GÓIS, C. C.; LIMA, R. M. F.; MELO, A. C. Sedimentação de resíduo Bayer utilizando flocculantes hidroxamatos e poliacrilamida. **Revista Escola de Minas**, v. 56, n.2, pp. 119-122, Ouro Preto, Minas Gerais, Abril/Junho, 2003.

HILL, V. G.; SEHNKE, E.D., Bauxite in industrial minerals and rocks - commodities, markets and uses. **Society for Mining, Metallurgy and Exploration**, 7th ed., pp. 227261, Littleton, 2006.

HIND, R. A.; BHARGAVA, S. K.; GROCCOTT, S. C. **The surface chemistry of Bayer process solids: a review**. Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects, n. 146, pp.359-374, 1999.

IOM3 - **Institute of Materials, Minerals and Mining**. Disponível em: <<http://www.iom3.org>>. Acesso em: 14 de setembro de 2005.

KELLY, L. H. F. **Análise da Implementação da Manutenção Produtiva Total – Um estudo de caso**. 2006. 158 pp. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) - Universidade de Taubaté. Taubaté - SP, 2006.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2010. 384 p.

KLEIN C.; HURLBUT JR. C.S. **Manual of Mineralogy, baseado em la obra de Dana**. Vol2, 4ed. Editorial Reverté. Barcelona (2003).

LAUREANO, L. J. **Redução da alcalinidade disponível da lama vermelha mediante composição com argilas para uso como aditivo suplementar ao cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Criciúma, 2014.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de Minérios**. Quarta Edição. 5. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2010. 965 p.

MENDES, G. **Tipos de Manutenção – Corretiva, Preventiva e Preditiva**. FM2S Educação e Consultoria. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/corretiva-preventiva-preditiva/#>>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

MOSCHIN, J. **Gerenciamento de Parada de Manutenção**. São Paulo. Brasport Livros e Multimídia Ltda. 2015, 858 p.

MUSSAB, J. R. **Gerenciamento na indústria automobilística**. 2002. 98 f. Dissertação (especialização pelo curso MBA – Gerencia de Produção) – Universidade de Taubaté, 2002.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. Vol.1, São Paulo: Edgard Blucher, 9ª impressão, 2018.

OLIVEIRA, J. M; SILVA T. R. **Major Overhaul: A Importância da manutenção – Um estudo de caso**. Disponível em: <<https://abmproceedings.com.br>>. Acesso em: 23 de setembro de 2021.

PAREKH, B.; GOLDBERGER, W. (1976) **An Assessment of Technology for Possible Utilization of Bayer Process Muds**. Ohio, United States. EPA-600/2-6-301.

PEREIRA, S. C. **Paradas em manutenção – Uma pesquisa**. 2017. Disponível em: <<http://www.verriveritatis.com.br/Toro/outubro2018/Paradas-de-Manutencao-Uma-pesquisa.pdf>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2020.

Project Management Institute, Inc. **Um guia em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 6.ed., 2017.

RIBEIRO, C. R. **Processo de implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) na Indústria Brasileira**. Taubaté: UNITAU / Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2003.

ROCHA, L. **Descritivo do Processo Bayer e da Refinaria Alumar**. São Luis, 2014.

SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2ª edição, São Paulo, Edgard Blücher, 1989.

SANTOS, V. M. **Manutenção corretiva: o que é e como aplicar?** FM2S Educação e Consultoria. 2018. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/manuteno-corretiva-o-que-e-como-aplicar/>>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

SANTOS, V. M. **Manutenção preventiva: o que é e como aplicar no seu negócio?** FM2S Educação e Consultoria. 2018. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/manuteno-preventiva-o-que-e-como-aplicar/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

SHIVANANDA, N. K. **World Class Maintenance Management**. Mc Graw Hill Education, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=qRVQCgAAQBAJ&pg=PT133&dq=what+is+Major+Overhaul+means&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwj4r6V15foAhVbLLkGHWWcBdgQ6AEIKTAA#v=onepage&q=what%20is%20Major%20Overhaul%20means&f=false>>. Acesso em: 10 de março de 2020.

SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C.; DA M. M. LAMA VERMELHA DA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ALUMINA: produção, características, disposição e aplicações alternativas. In **Revista Matéria** 2007. P. 322-338.

SILVA, C. L. Q.; RINALDI, F. S. B.; LIMA, G. B. A. Atividades de suporte fator determinante para sucesso nas paradas de manutenção. In: **Congresso nacional de excelência em gestão**, 6., 2010, Niterói. Anais... Niterói: Innovarse, 2010.

SILVA, J. A. O. **Modelagem do moinho de bolas de rocha fosfática da empresa Anglo American Fosfatos Brasil utilizando a ferramenta moly-cop tools**. 2014. CATALÃO Maio, 2014.17p. Especialização Em Tratamento De Minérios - Universidade Federal de Goiás – UFG - Regional Catalão.

SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. **RCM: gateway to world class maintenance**. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, v. 1, 2004.

TAVARES, L. A. **Controle de Manutenção por computador**. Rio de Janeiro, RJ Editora Técnica Ltda., 1987. (1987),

TELES, J. **Planejamento e controle de manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM**. Brasília: Engeteles Editora, 2019.

VALLE, A. B.; SOARES, C. A. P.; FINOCCHIO JR, J.; SILVA, L. de S. D. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2011.

VAZ, J. C. (1997). **Gestão da manutenção. Em Gestão de Operações.** Fundação Vanzolini. Ed. Edgard Blucher

VENDRAME, M. A. **Gerenciamento de paradas programadas de plantas industriais.** Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 2005.

VERRI, L. A. **Sucessos em paradas de manutenção.** 2. ed. Rio de Janeiro: Quality Marque Editora, 2015.

VIANA, H. R. G. **PCM, planejamento e controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2012.

WAO – **World Aluminium Organization.** Disponível em: <<http://www.world-aluminium.org/environment/challenges/residue.html>>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

XAVIER, J. N. **Manutenção Preditiva Caminho para a excelência.** Disponível em: <http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip>. 2005. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

XAVIER, J. N. **Manutenção: Tipos e Tendências.** Disponível em: <<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip>>. 2005. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

ANEXO I

VISÃO GERAL DA ÁREA DE MOAGEM E ARMAZENAMENTO DE POLPA DESCRITIVO DO PROCESSO BAYER E DA REFINARIA ALUMAR (2014)

