



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PRISCILA THAIS DE SOUSA BRITO**

**REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

**SUMÉ - PB  
2024**

**PRISCILA THAIS DE SOUSA BRITO**

**REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.**

**Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.**

**SUMÉ - PB  
2024**



B862r Brito, Priscila Thais de Sousa.

Redução do tempo de paradas não programadas: estudo de caso em uma empresa de mineração. / Priscila Thais de Sousa Brito. - 2024.

73f.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Gestão da qualidade. 2. Curva ABC. 3. Método FMEA. 4. Ferramentas da qualidade. 5. Empresa de mineração. 6. Paradas não programadas. 7. Estudo de caso. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.56(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**PRISCILA THAIS DE SOUSA BRITO**

**REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

**Monografia apresentada ao curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.  
Orientadora - UAEP/CDSA/UFCEG**

---

**Professor Me. Josean da Silva Lima Júnior  
Examinador Externo - PPGEM/UFPE**

---

**Professora Dra. Cesir Barbosa de Almeida Farias.  
Examinador Interno - UAEP/CDSA/UFCEG**

**Trabalho aprovado em: 17 de maio de 2024.**

**SUMÉ - PB**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para vencer todos os desafios dessa longa jornada, que me fez levantar e seguir em frente, mesmo diante de tantas dificuldades.

Agradeço as pessoas mais importantes da minha vida, minha mãe, Crisalba, a mulher que mais admiro, a mãe que nunca mede esforços para ajudar suas filhas, que mesmo diante de inúmeras dificuldades sempre está ao meu lado, me incentivando a ser uma pessoa melhor, a alcançar meus objetivos e ser uma mulher forte, igual a ela. Ao meu pai Laucemar que se fez presente em todos os momentos e com seu jeito único me ajudou em tudo que foi possível e a minha irmã Thauany. Obrigado por terem sido minha força diária, tudo isso é por vocês.

As minhas amigas Sara Tolentino, Louise Silva e Dayanne Siqueira que dividiram comigo os melhores e piores dias da rotina universitária, aguentando todos os meus estresses e me acalmando quando necessário. Vocês são responsáveis pelas minhas melhores lembranças, muito obrigada por todo o apoio.

Aos meus amigos Rafaela Almeida, Edneide Farias, Erica Gaudêncio, João Victor Araújo, e Matheus Costa que também acompanharam essa minha trajetória me dando forças sempre, obrigada por estarem sempre presentes e me ouvirem.

Ao meu companheiro Fábio Lopes por me acalmar todos os dias e me dar todo o apoio, carinho e compreensão.

Aos meus avós Sônia, Laurides e Dudu, por torcerem tanto para que este sonho fosse realizado e sempre me deram forças para continuar.

A minha orientadora, Dra. Maria Creuza Borges, por ter aceitado me guiar com toda paciência e dedicação, muita obrigada por todo apoio. Seus ensinamentos foram muito importantes para conclusão desse trabalho.

Por fim, agradeço a todos os professores do CDSA, que contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

“Dizem que a vida é para quem sabe viver, mas ninguém nasce pronto. A vida é para quem é corajoso o suficiente para se arriscar e humilde o bastante para aprender.”

(Clarice Lispector).

## RESUMO

As empresas estão constantemente em busca de alternativas para aumentar sua lucratividade e eficiência no mercado. Para alcançar esse objetivo, é necessário ter preços competitivos, reduzir erros, retrabalhos e tempo de inatividade das máquinas, sem comprometer a imagem da empresa ou gerar altos custos. Assim, o foco é garantir a máxima qualidade dos produtos, em meio à crescente demanda por excelência impulsionada pela concorrência. Neste sentido, a qualidade é uma estratégia essencial para a sobrevivência das organizações. Nesse contexto, a utilização de ferramentas da qualidade que possibilitem a organização do processo produtivo e a eficiência em todas as suas etapas é um elemento de competitividade para as empresas contemporâneas. Diante disso, este estudo teve como objetivo reduzir o tempo de paradas não programadas nos moinhos de uma empresa de mineração. Para isso, identificou-se as falhas que acarretavam maiores tempos de parada e propôs-se medidas para reduzi-las ou eliminá-las. Para isso, elaborou-se a Curva ABC, a fim de classificar a criticidade das falhas nos componentes dos moinhos, de acordo com seu impacto no tempo de paradas não programadas. Em seguida, elaborou-se a Árvore de Falhas para identificar as causas fundamentais das falhas de Classe A e estruturou-se o Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) para avaliar o Número de Prioridade ao Risco e identificar as ações necessárias para minimizar as falhas. Por fim, foram propostas melhorias para solucionar as causas raízes encontradas, por meio da criação de um plano de manutenção e aplicação de Procedimentos Operacionais Padrão. Os principais resultados alcançados com as melhorias sugeridas foram: redução dos gastos com manutenção corretiva, elevação da confiabilidade e disponibilidade do equipamento e, conseqüentemente, aprimoramento do padrão de atendimento ao cliente.

**Palavras-chaves:** Gestão da qualidade; Curva ABC; FTA; FMEA.

BRITO, Priscila Thais de Sousa. **Reduction in unscheduled downtime: case study in a mining company.** 2024. 81f. Bachelor thesis (Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brazil, 2024.

## **ABSTRACT**

Companies are constantly looking for alternatives to increase their profitability and efficiency in the market. For this, it is necessary to have competitive prices and reduce errors, rework, and machine downtime without compromising the company's image or generating high costs. Therefore, the focus is to ensure maximum product quality amidst the growing demand for excellence driven by competition. In this sense, quality is an essential strategy for the survival of organizations. In this context, quality tools enable the organization of the production process, and efficiency in all its stages is an element of competitiveness for contemporary companies. Therefore, this study aimed to reduce the time of unscheduled downtime in the mills of a mining company. To this end, the faults that led to longer downtimes were identified, and measures were proposed to reduce or eliminate them. To this end, the ABC Curve was created to classify the criticality of failures in mill components according to their impact on unscheduled downtime. Next, the Fault Tree (FTA) was created to identify the fundamental causes of Class A failures, and the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was structured to evaluate the Risk Priority Number and identify the actions necessary to minimize failures. Finally, to resolve the basic root causes researchers create a maintenance plan and apply Standard Operating Procedures. The main results achieved with the suggested improvements were reduced spending on corrective maintenance, increased reliability and availability of equipment, and improved customer service standards.

**Keywords:** Quality management; ABC Curve; FTA; FMEA.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Esquema de Seções do Trabalho. ....	14
<b>Figura 2</b> – Curva ABC. ....	19
<b>Figura 3</b> – Estrutura de uma árvore de falha. ....	22
<b>Figura 4</b> – Caracterização da Pesquisa. ....	29
<b>Figura 5</b> – Etapas da Pesquisa. ....	31
<b>Figura 6</b> – Fluxograma do processo produtivo da moagem. ....	34
<b>Figura 7</b> – Matéria prima <i>in natura</i> . ....	35
<b>Figura 8</b> – Abastecimento dos caixões. ....	36
<b>Figura 9</b> – Matéria-prima sendo encaminhada para redução de sua granulometria. ....	37
<b>Figura 10</b> – Extrusora utilizada para realização de mistura do material com o carbono de sódio. ....	37
<b>Figura 11</b> – Lajões para secagem dos produtos. ....	38
<b>Figura 12</b> – Bosques de armazenamento. ....	38
<b>Figura 13</b> – Fluxograma das máquinas do setor da moagem. ....	39
<b>Figura 14</b> – Fluxograma do processo da moagem no conjunto ABCD. ....	41
<b>Figura 15</b> – Representação gráfica da curva ABC para o moinho A. ....	43
<b>Figura 16</b> – Representação gráfica da curva ABC para o moinho B. ....	45
<b>Figura 17</b> – Representação gráfica da curva ABC para o moinho C. ....	46
<b>Figura 18</b> – Representação gráfica da curva ABC para o moinho D. ....	48
<b>Figura 19</b> – Representação gráfica da curva ABC para os moinhos ABCD. ....	50
<b>Figura 20</b> – Análise de Árvore de Falhas dos moinhos ABCD. ....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Formulário de FMEA. ....	24
<b>Tabela 2</b> – Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho A. ....	43
<b>Tabela 3</b> – Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho B. ....	44
<b>Tabela 4</b> – Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho C. ....	46
<b>Tabela 5</b> – Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho D. ....	47
<b>Tabela 6</b> – Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para os moinhos ABCD. ....	49
<b>Tabela 7</b> – Análise do Modo e Efeito das Falhas dos Moinhos ABCD. ....	54
<b>Tabela 8</b> – Plano de Manutenção. ....	57

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Simbologia Fluxograma de Processos. ....	18
<b>Quadro 2</b> – Simbologia do FTA. ....	23
<b>Quadro 3</b> – Escala de Avaliação de Ocorrência. ....	25
<b>Quadro 4</b> – Escala de Avaliação de Severidade. ....	26
<b>Quadro 5</b> – Escala de Avaliação de Detecção. ....	27
<b>Quadro 6</b> – Procedimento Operacional Padrão. ....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**FMEA** – Análise de Modos de Falhas e Efeitos

**FTA** – Árvore de Falhas

**NPR** – Número de Prioridade de Riscos

**PIB** – Produto Interno Bruto

**POP** – Procedimento Operacional Padrão

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS.....	14
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Especificos.....</b>	<b>14</b>
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1	GESTÃO DE PROCESSOS.....	17
<b>2.1.1</b>	<b>Mapeamento de Processos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Curva ABC.....</b>	<b>19</b>
2.2	GESTÃO DA QUALIDADE.....	21
<b>2.2.1</b>	<b>Análise de Árvores de Falhas (FTA).....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Análise de Modos de Falha e Efeito (FMEA).....</b>	<b>24</b>
2.2.2.1	<i>Ocorrência (O).....</i>	25
2.2.2.2	<i>Severidade (S).....</i>	26
2.2.2.3	<i>Detecção (D).....</i>	27
<b>2.2.3</b>	<b>Número de prioridade de Risco (NPR).....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	29
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	31
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>33</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	33
4.2	PROCESSO PRODUTIVO.....	33
<b>4.2.2</b>	<b>Processo Produtivo da Moagem no Conjunto ABCD.....</b>	<b>41</b>
4.3	APLICAÇÃO DA CURVA ABC.....	42
4.4	ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (FTA).....	49
4.5	ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS (FMEA).....	51
4.6	PLANO DE MANUTENÇÃO.....	54
4.7	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO.....	57
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto industrial brasileiro, a mineração é um dos pilares econômicos do país, exercendo influência positiva na qualidade de vida da população. No cenário global, o Brasil se destaca na indústria de mineração devido às suas condições geológicas favoráveis e à diversidade de minérios disponíveis (Valerius, 2014). Atualmente, a atividade mineradora abrange apenas 0,5% do território nacional, mas representa significativos 16,8% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial do país, gerando 190 mil empregos diretos e 2 milhões de empregos indiretos, além de um faturamento anual de US\$ 38 bilhões (Ibram, 2020).

Nos últimos anos, a imposição de exigentes padrões de qualidade a serem seguidos, aliada à intensa competição entre as empresas do setor para garantir sua presença nos mercados locais e internacionais tem obrigado os gestores a promoverem mudanças essenciais. Assim, as organizações têm demonstrado esforços para melhorar seus índices de produtividade e qualidade, a fim de aumentar a eficiência e aprimorar a confiabilidade do processo produtivo. A ênfase nas operações de produção busca otimizar os recursos e equipamentos utilizados, elevar a produtividade dos trabalhadores e minimizar perdas e interrupções na linha de produção, prevenindo a redução na capacidade de trabalho, com consequente queda de produtividade em diferentes setores de serviços (Maciel, 2019).

Nesse contexto, a gestão de processos surge como uma metodologia consolidada que busca obter melhores resultados por meio do aprimoramento dos processos de trabalho. Para Paim et al (2009), a gestão de processos envolve uma combinação de atividades contínuas para planejar e promover a eficiência e o desenvolvimento da organização em relação aos seus processos de trabalho. Nesse sentido, a gestão de processos é encarada como um modelo gerencial que dispõe de recursos para modernizar e aprimorar a qualidade dos produtos e serviços prestados.

Uma das maneiras de auxiliar na administração de processos é a utilização da metodologia da Curva ABC, que contribui para identificar os equipamentos que apresentaram falhas e sua importância. De acordo com Lourenço e Castilho (2006), a classificação ABC consiste em agrupar os itens em classes de acordo com a porcentagem do número total de itens acumulados.

Outra questão essencial para melhoria desses processos é a gestão da qualidade. Para Melo et al. (2009), a finalidade principal do sistema de gestão da qualidade é identificar, compreender e gerir os processos para alcançar objetivos em comum. Assim, é possível entender a autonomia de cada processo e alinhar metas individuais para todos em busca do

mesmo propósito final. Dentre as ferramentas da qualidade, a Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA) e a Análise da Árvore de Falhas (FTA) proporcionam um entendimento mais profundo sobre a função de cada componente analisado, as falhas potenciais e a relação entre causa e consequência. Deste modo, é possível tomar decisões mais precisas em relação ao custo e à qualidade do desempenho (Joo, et al., 2013; Leu; Chang, 2013).

Diante do exposto, o propósito deste estudo é empregar ferramentas de qualidade na etapa de moagem de uma organização que atua no setor de mineração, a fim de aprimorar seu desempenho operacional e minimizar os períodos de paradas desnecessárias nas máquinas.

## 1.1 OBJETIVOS

Com a finalidade de apresentar soluções para o problema acima mencionado, este estudo visa atingir os seguintes objetivos:

### 1.1.1 Objetivo Geral

Reduzir o tempo de paradas não programadas nos moinhos de uma empresa de mineração.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a empresa e o processo produtivo
- Determinar os componentes que causam paradas e o tempo de parada relacionado a cada componente.
- Estruturar a curva ABC dos componentes que causam as falhas nos moinhos
- Aplicar a Análise de Árvore de Falhas para os componentes de Classe A
- Estruturar o FMEA para os componentes de Classe A
- Propor melhorias para os problemas de Classe A

## 1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Fernandes et al. (2021), no contexto da produção na indústria da mineração, a qualidade do produto está diretamente ligada à composição do minério extraído, o que coloca o aumento da produção e a redução de custos como metas estratégicas fundamentais. Assim, a busca pela excelência em cada etapa do processo reflete a excelência da organização, sendo este o principal objetivo das empresas mineradoras (Gackowiec et al., 2020).

Nesse contexto, aprimorar os processos torna-se crucial para alcançar maior eficiência e eficácia em todas as atividades de um determinado processo, desde quem solicita a quem recebe o serviço (Stadler, 2008). Segundo Gardiman (2023), a gestão de processos consiste no planejamento, organização, direção e controle dos processos internos de uma instituição, sendo uma abordagem mais específica que busca compreender tais processos para melhorar seu desempenho e, por conseguinte, seus resultados.

Aprimorar os processos empresariais é muito promissor quando se tem um sistema de gestão da qualidade robusto e colaboradores habilitados a utilizar ferramentas de controle de qualidade para melhorar o desempenho e os procedimentos. O reconhecimento da eficácia dessas ferramentas de gestão é amplo em vários setores, como na mineração, embora receba pouca atenção e discussão na área acadêmica das engenharias conforme as grades curriculares das universidades (Pereira, 2023).

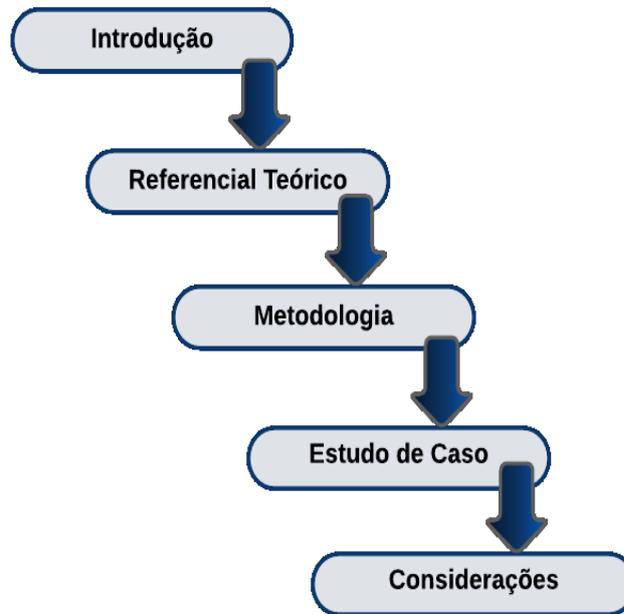
Conforme mencionado pelo autor, embora exista essa lacuna, as empresas de mineração têm se beneficiado grandemente com a adoção dessas ferramentas, o que tem levado a melhorias significativas na eficiência dos procedimentos e na qualidade dos bens e serviços naturais. Ribeiro (2023) defende que as ferramentas da qualidade consistem em técnicas e métodos usados para identificar, analisar e resolver problemas, além de aprimorar os processos e garantir a qualidade de produtos e serviços.

Frente a isso, torna-se essencial investir em conhecimento e na aplicação das ferramentas da qualidade, uma vez que, além de proporcionar resultados imediatos, também asseguram a presença duradoura da empresa em níveis competitivos superiores. Diante disto, este estudo mostrou-se relevante como proposta de identificar possíveis falhas, bem como níveis de criticidade e severidade na linha de moagem. O objetivo é minimizar interrupções não planejadas no processo.

O tema em discussão é de suma importância devido à escassez de pesquisas nesta área, a qual não é vista como um obstáculo, mas sim como um estímulo à natureza inovadora do trabalho. Assim, é esperado que os resultados alcançados possam servir de referência para futuros pesquisadores, contribuindo para o progresso do conhecimento científico e influenciando estudos subsequentes nesse campo específico.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em cinco partes, que estão descritas de forma resumida na Figura 1.

**Figura 01** - Esquema de Seções do Trabalho

Fonte: Autor (2024)

Na primeira seção, ocorre a apresentação do assunto em análise, evidenciando a maneira como as perspectivas de gestão de processos e gestão da qualidade irão colaborar na formulação de um plano de ação para um grupo de moinhos, juntamente com o objetivo principal e os objetivos específicos. A segunda seção apresenta uma revisão metodológica, descrevendo a pesquisa em termos de natureza, abordagem, objetivos e procedimentos, bem como as etapas envolvidas no processo.

A seção 3 esboça a apresentação do referencial teórico, que engloba os conceitos fundamentais de Gestão de Processos, Curva ABC, Gestão da Qualidade, FTA, FMEA e as suas relações. Na seção 4, os resultados da pesquisa são apresentados, destacando o estudo de caso que inclui a descrição da empresa, a análise detalhada do processo produtivo, a aplicação da metodologia da Curva ABC e a criação da Árvore de Falhas, juntamente com o formulário FMEA para o grupo de moinhos. Em seguida, é abordada a estruturação do plano de manutenção, bem como os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs).

Finalmente, a seção 5 destaca as conclusões do estudo, mostrando os resultados gerais obtidos em relação à análise de falhas no conjunto dos moinhos ABCD.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta um levantamento bibliográfico da literatura utilizada para realização do estudo. Serão abordados os principais conceitos relacionados a Gestão de Processos, Curva ABC, Gestão da Qualidade, Análise de Árvore de Falha (FTA), Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA).

### 2.1 GESTÃO DE PROCESSOS

Uma organização tem como princípio primordial atender às demandas de seus clientes. Para isso, é necessário executar um conjunto de ações que agregam valor aos recursos e resultam em conquistas tangíveis. Tais atividades são estruturadas em processos, que englobam diferentes fatores que influenciam seu desempenho. Ao analisá-los profundamente, é possível desenvolver soluções que otimizem seu funcionamento, estejam alinhadas com as mudanças do mercado e promovam a satisfação dos consumidores (Kohlbacher, 2010).

Dessa maneira, ao administrar os processos de forma eficaz, a organização poderá integrar todas as suas operações à estratégia global da empresa e identificar oportunidades para aprimorar os resultados (Bueno; Maculan; Aganette, 2019). Portanto, a gestão de processos é essencial para aprimorar a eficiência operacional, ou seja, é fundamental avaliar, examinar e melhorar o desempenho dos processos que contribuem positivamente para os objetivos (Spiazzi; Battistella, 2020; Klun; Trkman, 2018).

Conforme Gardiman (2023), a gestão de processos engloba, em essência, o planejamento, a organização, a direção e o controle dos processos presentes em uma instituição. Essa é uma abordagem mais direcionada da administração, que busca entender os processos para aprimorar seu desempenho e, por conseguinte, os resultados alcançados. Segundo o autor, a administração de processos deve ser contínua e abrangente, incorporando todas as atividades que compõem o cenário analisado.

Neste sentido, a gestão de processos requer mudanças na organização para alinhar as atividades da empresa com sua estratégia (Segatto; Pàdua; Martinelli, 2013). No entanto, para alcançar melhorias nos resultados, pode ser necessário uma formulação radical ou um redesenho dos processos. Essas ações visam a redução de custos, a melhoria da qualidade, a obtenção de resultados sustentáveis e a promoção da inovação (Hammer; Champy, 1993). Duas ferramentas que apoiam a Gestão de Processos são o Mapeamento de Processos e a Curva ABC.

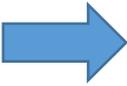
### 2.1.1 Mapeamento de Processos

Segundo Longaray et al. (2018), o mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação, que tem como objetivo orientar as organizações que buscam por melhorias ou por implementações em seus processos. De acordo com Gissoni (2016), este mapeamento é útil na identificação das melhorias necessárias em todos os processos de uma empresa, já que é uma ferramenta que possibilita visualizar graficamente todas as áreas de uma organização, sendo possível identificar de maneira eficaz o estado atual dos processos, além de permitir a criação de um mapa de estado futuro, ou seja, onde se quer chegar.

Segundo Rocha et al. (2017), o mapeamento de processos é uma ferramenta importante na gestão de processos de negócios, uma vez que contribui para ampliar a compreensão sobre as tarefas realizadas no ambiente organizacional. Essa prática auxilia na identificação de possíveis falhas e áreas passíveis de aprimoramento, além de aperfeiçoar a comunicação e a documentação das operações. Conforme mencionado por Bueno (2020), o mapeamento de processos possui um papel fundamental na detecção de gargalos, ineficiências e oportunidades de melhoria. Essa abordagem possibilita que as empresas identifiquem tarefas desnecessárias, detectem locais de desperdício e melhorem a otimização dos fluxos de trabalho, visando atingir maior eficiência e qualidade. O seu uso como ferramenta de melhoria contínua possibilita apontar todos os componentes que fazem parte de um processo, bem como corrigir os que apresentam problemas, o que facilita a detecção de atividades que não agregam valor (Cunha, 2012).

Neste sentido, a análise estruturada do mapeamento de processos permite a redução dos custos no desenvolvimento de processos ou serviços, além de melhorar todo o desempenho da organização (Villela, 2000). Para Rother e Shook (2000), esta ferramenta é capaz de apresentar diferentes enfoques e pode ser utilizada de diversas formas e técnicas, conseguindo ser empregada de forma individual ou conjunta. Harrington (1996) afirma que a técnica mais aplicada é o fluxograma, que descreve graficamente todo o processo através de símbolos, linhas e palavras. Usualmente o fluxograma determinará o início e o fim do processo e, posteriormente, ajudará no melhor entendimento do processo, facilitando a identificação dos fluxos, dos clientes e fornecedores internos e externos, dos pontos críticos, das funções e responsabilidades de cada colaborador e auxiliará na padronização (Harrington, 1996). A simbologia utilizada nos fluxogramas pode ser observada no Quadro 1.

**Quadro 1 - Simbologia Fluxograma de Processos**

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Operação: Ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componentes ou partes.
	Transporte: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro.
	Espera ou demora: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento.
	Inspeção: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.
	Armazenagem: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.

**Fonte:** Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

A adoção dessa abordagem é tida como um meio da organização eliminar os gaps e otimizar seus processos para melhorar o desempenho organizacional. Com isso, a metodologia da Curva ABC entra como uma ferramenta de auxílio para uma melhor análise dos processos.

### 2.1.2 Curva ABC

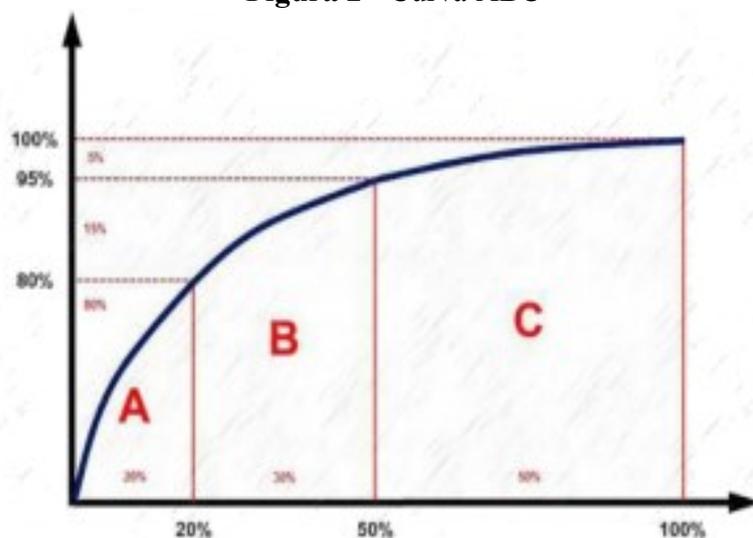
Idealizado em 1897 pelo economista, sociólogo e engenheiro Vilfredo Pareto, o método da curva ABC foi originado a partir de estudos estatísticos sobre a renda de pessoas de diversos países. Neste estudo, Pareto observou que aproximadamente 20% da população detinha a maior parcela da riqueza, que equivale a cerca de 80% dos recursos monetários. Com base nesse evento, tornou-se possível estabelecer a premissa de que a maior parcela da renda de um país, aproximadamente 80%, estava centralizada em uma minoria da população, equivalente a cerca de 20% (Viana, 2010).

Essa estrutura passou a ser utilizada em várias áreas. Segundo o Japan Institute of Plant Maintenance (Jimp, 2002), a metodologia de classificação ABC é a ferramenta mais adequada quando é necessário avaliar uma linha de produção com relação às condições críticas dos equipamentos. Este método envolve a análise de pontos chave, atribuindo-lhes classificações. Neste sentido, Tubino (2000) afirma que a análise dessa ferramenta tem como objetivo esclarecer e descrever quais elementos devem ser investigados minuciosamente, considerando

sua relevância no processo, sendo então priorizados. Em seguida, torna-se possível avaliar o estado do equipamento.

A curva ABC também é conhecida como “curva 80-20”, devido à maneira como os dados são agrupados para apresentação, como explicado na Figura 2.

**Figura 2 - Curva ABC**



Fonte: Letti & Gomes (2014)

De acordo com Viana (2010), após identificar a relevância dos itens, é possível estabelecer as categorias da curva ABC, em:

Classe A – representa 20% dos itens, os quais são os mais significativos e devem ser abordados com maior atenção, pois correspondem a 80% dos custos;

Classe B - corresponde a 30% dos itens e apresenta relevância intermediária;

Classe C – composta pelos 50% restantes, que são os itens de menor relevância.

Deve-se evidenciar que não existe uma forma totalmente aceita de dizer qual o percentual total de itens que pertencem às classes A, B ou C (Martins; Alt, 2009). Viana (2010), destaca que a classe A é composta por menos itens, porém de maior valor de consumo. Isso requer uma gestão cuidadosa por parte da administração, em contraste com os itens da classe C, que, devido ao baixo valor de investimento, necessitam de menos atenção, apesar de estarem em um volume muito maior do que os da classe A.

Para Hermida (2023), a aplicação da curva ABC requer a realização de quatro passos fundamentais. No primeiro passo, é preciso compilar todos os itens em uma tabela, organizando-os em ordem decrescente. Em seguida, será calculada a porcentagem que cada

item representa do total, possibilitando a classificação e a identificação dos itens com maior impacto nos custos, os quais devem ser tratados com prioridade e maior nível de atenção.

Segundo Braga, Pimenta e Vieira (2008), a curva será traçada pela classificação dos itens de acordo com sua relevância relativa em conformidade com o princípio fundamental da curva ABC estabelecido pela lei de Pareto. Conforme afirmado por Dias (2010), vale ressaltar que a definição das classes deve ser feita com bom senso, devido à possibilidade de variação das porcentagens conforme as circunstâncias e exigências de tratamentos distintos.

## 2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

Segundo Fernandes (2005), no ano de 1990 deu-se início o surgimento de normas e requisitos a serem seguidos por parte das organizações para melhoria da qualidade. A partir deste momento, as grandes empresas passaram a aplicar a Gestão da Qualidade de maneira mais formalizada.

Ao longo da história, diversos teóricos contribuíram para o desenvolvimento do conceito da gestão da qualidade. Inicialmente, as inspeções se concentravam nas fases finais da produção, às vezes incluindo também algumas etapas intermediárias. No entanto, essa abordagem gradualmente se tornou menos eficaz, uma vez que as não conformidades e falhas eram identificadas apenas na etapa final do processo, impossibilitando a previsão ou prevenção de impactos, restringindo apenas a atuação corretiva (Carvalho, 2023).

Neste sentido, criou-se o conceito de Gestão da Qualidade, que, segundo Marino (2006) é uma forma de organização das empresas na busca por produtos e serviços com qualidade, a partir da conformação das especificações, produtos com aparência atrativa, baixa taxa de defeitos e redução no tempo de manufatura. A utilização da gestão da qualidade por parte das empresas trará como consequência a melhoria contínua de seus processos, além de gerar a satisfação dos seus clientes (Paladini, 2011, p. 56). Para Araújo (2022), o êxito da gestão da qualidade está atrelado a documentação das definições e o estabelecimento das diretrizes, a partir das quais será possível realizar a definição dos processos que deverão ser utilizados para satisfazer os requisitos especificados.

Assim, Artilha-Mesquita et al. (2021) afirmam que a Gestão da Qualidade é de responsabilidade de todos os setores da empresa, iniciando-se na aquisição da matéria-prima até sua distribuição e chegada ao cliente final. Segundo Morais (2023), para garantir a eficácia e eficiência da gestão da qualidade é essencial o uso de ferramentas de gestão da qualidade. Sousa & Loos (2020) citam as seguintes ferramentas como mais utilizadas para se obter

melhoria nos processos e redução dos custos de uma empresa: ciclo PDCA, fluxograma, análise de Pareto, diagrama de Ishikawa e 5W2H.

Diante das diversas opções disponíveis, merecem destaque os métodos Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) e Análise de Árvore de Falhas (FTA), que serão utilizados neste estudo para identificar possíveis falhas que possam prejudicar a constante melhoria da qualidade dos processos ou serviços oferecidos pela empresa.

### **2.2.1 Análise de Árvores de Falhas (FTA)**

De acordo com Helman e Andrey (1995), a FTA é um método sistemático e padronizado, que oferece bases objetivas para uma variedade de funções, podendo ser utilizado em diferentes contextos, seja para avaliar projetos, equipamentos, processos ou atividades de gestão.

Criar uma árvore de falhas envolve a seleção dos eventos principais que podem causar falhas no sistema em análise (Pallerosl, et al., 2011). A análise FTA pode ser realizada de forma qualitativa ou quantitativa. Assim, na abordagem qualitativa, o foco principal é identificar as razões fundamentais por trás de um evento ou sequência de eventos que resultaram em sua ocorrência (Fogliatto e Ribeiro, 2009). Na análise quantitativa, o objetivo é calcular a chance de o evento ocorrer (Lafraia, 2011). Tanto na análise qualitativa quanto na abordagem quantitativa, a FTA permite enxergar a relação entre vários eventos ligados a uma falha específica ou evento principal, exibindo-os em um esquema de árvore, conforme mencionado por Lima et al. (2006). Segundo Helman e Andrey (1995), os objetivos da utilização da Árvore de Análise de Falhas são:

- Criar um procedimento padronizado para analisar falhas ou problemas, com o objetivo de investigar sua ocorrência em um equipamento ou processo;

- Avaliação da confiabilidade de um produto ou processo;

- Entendimento dos modos de falha de um sistema por meio de um processo dedutivo;

- Dar prioridade as correções que serão implementadas;

- Análise e projeto de sistemas de segurança, assim como o desenvolvimento de procedimentos de manutenção;

- Identificação clara e precisa dos componentes mais críticos ou das condições críticas de operação;

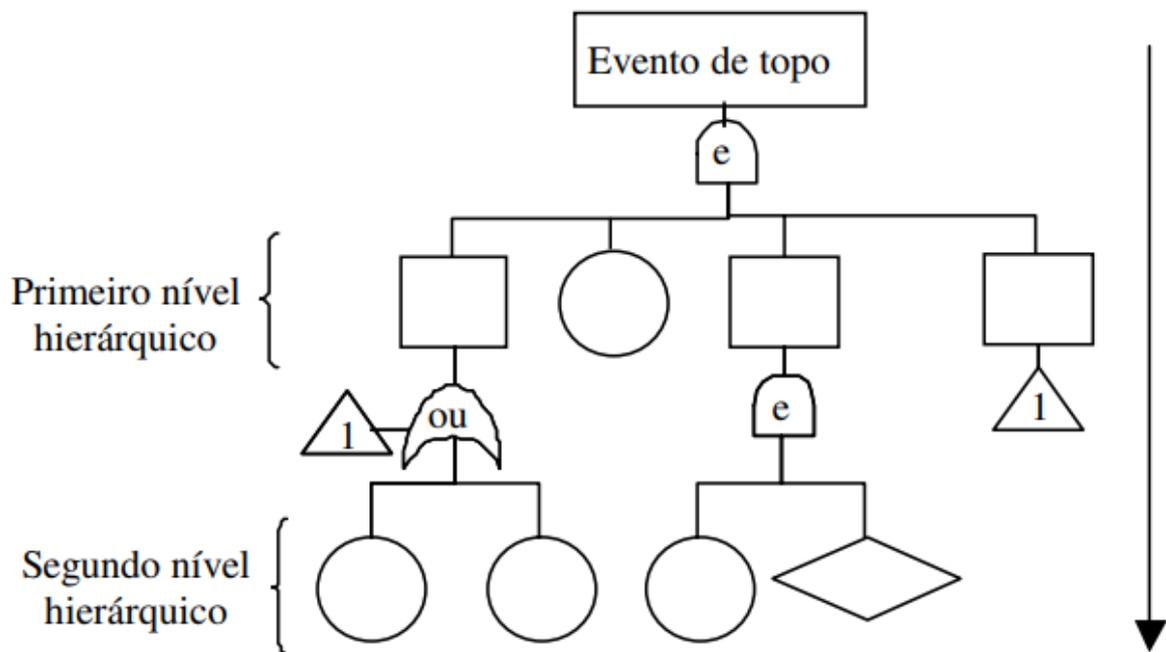
- Investigar dados para aprimoramento no treinamento do uso de equipamentos;

- Reunir informações para planejamento de testes e fiscalização;

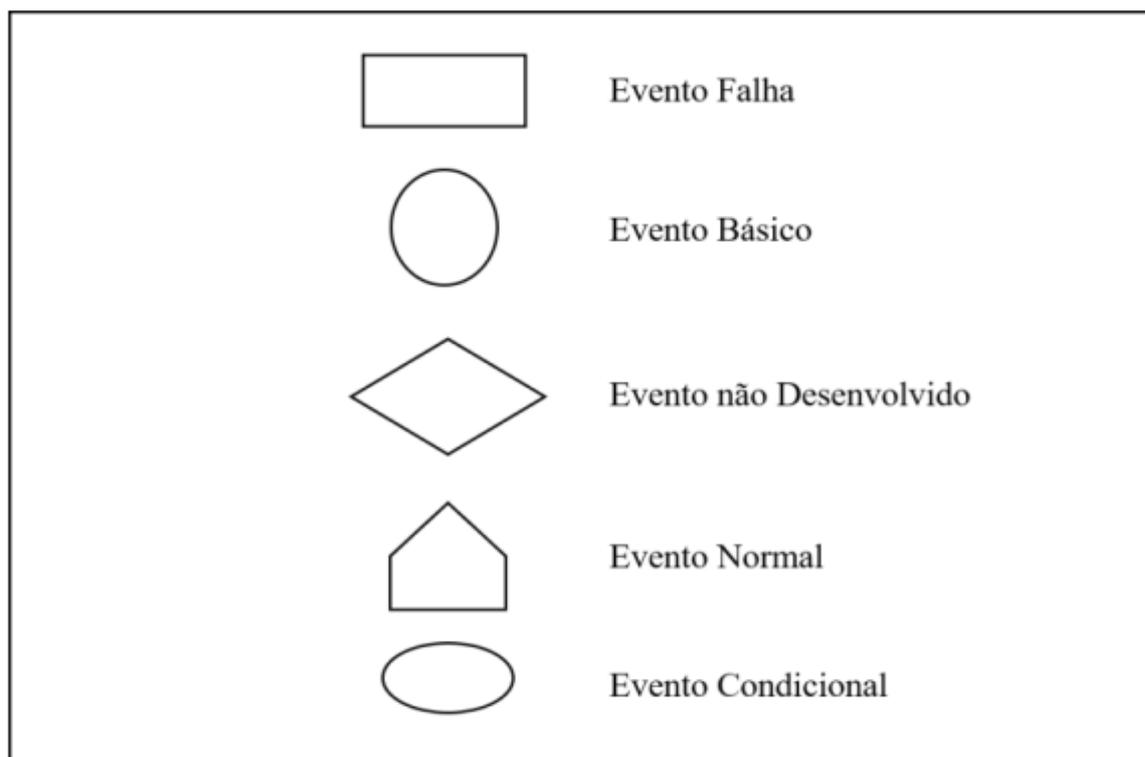
- Tornar os equipamentos mais simples e eficientes.

A Árvore de Falhas tem sua forma gráfica representada por meio de símbolos, sendo mais utilizados o retângulo e o círculo. Também são empregados os operadores lógicos “ou” e “e”, os quais conectam eventos (Oliveira et al., 2009). A construção da FTA segue uma abordagem de cima para baixo, conforme ilustrado na Figura 3. Os símbolos empregados para representação são explicados no Quadro 2.

**Figura 3** - Estrutura de uma árvore de falha



Fonte: Sakurada 2001.

**Quadro 2** - Simbologias do FTA.

Fonte: Lafraia (2011).

Para Scapin (1999), o uso da FTA e FMEA é interligado, visto que a FTA fornece dados que auxiliam na elaboração do FMEA. A prática do FMEA permite uma melhor análise da árvore de falhas, o que significa que, nesse cenário, o FTA pode ser empregado como um recurso para aprimorar o FMEA, proporcionando à empresa um nível mais elevado de confiança em relação à importância dos modos de falha.

### 2.2.2 Análise de Modos de Falha e Efeito (FMEA)

A Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivo encontrar possíveis falhas, estabelecer prioridades com base em índices de gravidade, e identificar os principais modos de falha e efeitos, permitindo a definição de ações preventivas para lidar com as causas fundamentais. Em resumo, consiste em identificar a função de cada componente, seus modos de falha, consequências e causas, resultando na categorização dos níveis de criticidade (Fogliatto; Ribeiro, 2009).

Segundo Ho et al. (2018), o processo FMEA envolve três etapas fundamentais: a identificação dos possíveis modos de falha, a análise dos efeitos dessas falhas e a implementação de ações corretivas. Na fase de identificação, é feita uma listagem dos modos de falha potenciais, levando em consideração suas origens e sintomas. Em seguida, realiza-se a

análise dos efeitos, avaliando as implicações dessas falhas em termos de segurança, qualidade, produtividade, impacto ambiental, entre outros aspectos. Por fim, são estabelecidas as medidas corretivas a serem tomadas, que podem englobar desde revisões de projeto até melhorias nos procedimentos de manutenção, capacitação da equipe, e outras ações de cunho preventivo. A Tabela 1 demonstra um formulário para aplicação da técnica FMEA.

**Tabela 1** - Formulário de FMEA.

<b>FMEA – Análise de Modos de Falhas e Efeitos</b>											
Sistemas: _____			Participantes: _____			Produto/Processo: <u>  1  </u>					
Subsistema: _____				Data: <u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>		Folha: <u>  </u> / <u>  </u>		Dados de Registro: <u>  2  </u>			
Item	Componente/ Processo	Funções	Modo de Falha	Efeito(s) da Falha	Severidade	Causas	Ocorrência	Meios de Detecção	Detecção	RPN	Ações Corretivas/ Preventivas
Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6	Campo 7	Campo 11	Campo 8	Campo 10	Campo 9	Campo 12	Campo 13	Campo 14

**Fonte:** Lafraia (2011).

Para melhor estudar e priorizar o FMEA, percebeu-se a importância de explorar o conceito de Índice de Prioridade de Risco (NPR), que, de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), consiste no cálculo para determinar a urgência e a sequência das ações de correção e aprimoramento do projeto. Essa etapa é essencial para sugerir medidas corretivas e preventivas, além de priorizar os modos de falha que exigem atenção imediata. O NPR é obtido multiplicando-se os valores de ocorrência, severidade e detecção, conforme detalhado a seguir.

#### 2.2.2.1 Ocorrência (O)

Nesta fase, são identificadas as incidências dos possíveis modos de falha ou causas, para serem avaliados. Ao buscar minimizar a quantidade de ocorrências, pode-se investigar as causas fundamentais. Os índices de capacidade do processo são indicadores de desempenho da

qualidade, que permitem estimar a porcentagem de produtos fora das especificações ou a possível ocorrência de falhas. Dessa forma, é possível estabelecer o nível de qualidade necessário e calcular o número de incidências que podem ocorrer (Palady, 2004). O Quadro 3 expõe os critérios para cada grau de ocorrência.

**Quadro 3** - Escala de Avaliação de Ocorrência.

Tabela de Probabilidade de Ocorrência		
Probabilidade de Falha	Ranking	Taxa de Falhas
Remota: A falha é improvável	1	< 1 em 10 <sup>6</sup>
Baixa: Relativamente poucas falhas	2	1 em 20.000
	3	1 em 4.000
	4	1 em 1.000
Moderada: Falhas ocasionais	5	1 em 400
	6	1 em 80
	7	1 em 40
Alta: Falhas repetitivas	8	1 em 20
	9	1 em 8
Muito Alta: Falhas quase que inevitáveis	10	1 em 2

**Fonte:** Lafraia (2011).

#### 2.2.2.2 Severidade (S)

Neste item é feito um levantamento qualitativo da severidade dos efeitos, considerando o impacto que a falha pode ter para aqueles que a utilizam. Normalmente, essa avaliação é realizada por meio de uma escala de 1 a 10, na qual 1 representa efeito pouco severo e 10 representa efeito muito severo (Fogliatto; Ribeiro, 2009). Em tal situação, a segurança do usuário pode ser comprometida ou os custos da falha podem acarretar sérios problemas financeiros para a empresa, sendo assim crucial o contato com os afetados pelos efeitos e a gravidade percebida por eles (Palady, 2004). A severidade da ocorrência pode ser classificada conforme o quadro abaixo:

**Quadro 4** - Escala de Avaliação de Severidade

<i>Severidade das Consequências</i>	<i>Ranking</i>
<i>Marginal:</i> A falha não teria efeito real no sistema. O cliente provavelmente nem notaria a falha	1
<i>Baixa:</i> A falha causa apenas pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará provavelmente leves variações no desempenho do sistema	2 3
<i>Moderada:</i> A falha ocasiona razoável insatisfação no cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema	4 5 6
<i>Alta:</i> Alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperável. A falha não envolve riscos à segurança operacional ou o descumprimento de requisitos legais	7 8
<i>Muito Alta:</i> A falha envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento de requisitos legais	9 10

**Fonte:** Lafraia (2011).

### 2.2.2.3 Detecção (D)

Conforme mencionado por Fogliatto e Ribeiro (2009), a detecção consiste em uma estimativa da capacidade dos controles atuais de identificarem falhas antes que elas se propaguem para as etapas subsequentes do processo. Eles propõem uma escala de 1 a 10, na qual o valor 1 indica uma detecção fácil e o valor 10 indica uma situação delicada, de detecção difícil. É fundamental destacar que, para a equipe avaliar adequadamente o tipo de falha com base nessa escala, é necessário que a falha de fato ocorra, possibilitando assim a identificação da eficácia dos controles implementados no processo. Inspeções aleatórias e amostragem são métodos válidos que, em geral, apresentam bons resultados na detecção de falhas.

O índice de detecção deve ser atribuído a partir da análise do “modo de falha-efeito” juntamente com os atuais controles implementados (Lafraia, 2011). Conforme a eficiência da detecção aumenta, a probabilidade de identificar o problema diminui.

**Quadro 5** - Escala de Avaliação de Detecção.

<b>Tabela Probabilidade de Detecção</b>	
<i>Probabilidade de Detecção</i>	<i>Ranking</i>
<b>Muito alta:</b> A falha será certamente detectada durante o processo de projeto/fabricação/montagem/operação	1
<b>Alta:</b> Boa chance de determinar a falha	2
	3
	4
<b>Moderada:</b> 50% de determinar a falha	5
	6
<b>Baixa:</b> Não é provável que a falha seja detectável	7
	8
<b>Muito Baixa:</b> A falha é muito improvavelmente detectável	9
<b>Absolutamente indetectável:</b> A falha não será detectável com certeza	10

**Fonte:** Lafraia (2011).

### 2.2.3 Número de prioridade de Risco (NPR)

O Número de Prioridade de Risco ou Índice de Risco (NPR), é calculado para priorizar medidas de correção e melhorias (Fogliatto; Ribeiro, 2009). Esse cálculo considera a severidade, a ocorrência e a detecção. O produto dos índices resultará no NPR, conforme a equação a seguir:

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

O índice de risco é uma forma mais precisa de classificar as falhas. Mesmo que uma falha ocorra com frequência, se for de pouca importância e facilmente identificável, isso não causará grandes problemas (baixo risco), como afirmado por Lafraia (2011). Com base no nível de criticidade da falha, representado pelo NPR, são sugeridas algumas ações para reduzir as falhas e aumentar a confiabilidade do equipamento. As ações propostas podem variar desde medidas simples, como usar componentes originais, até redesenhar o componente (Tovar, 2017).

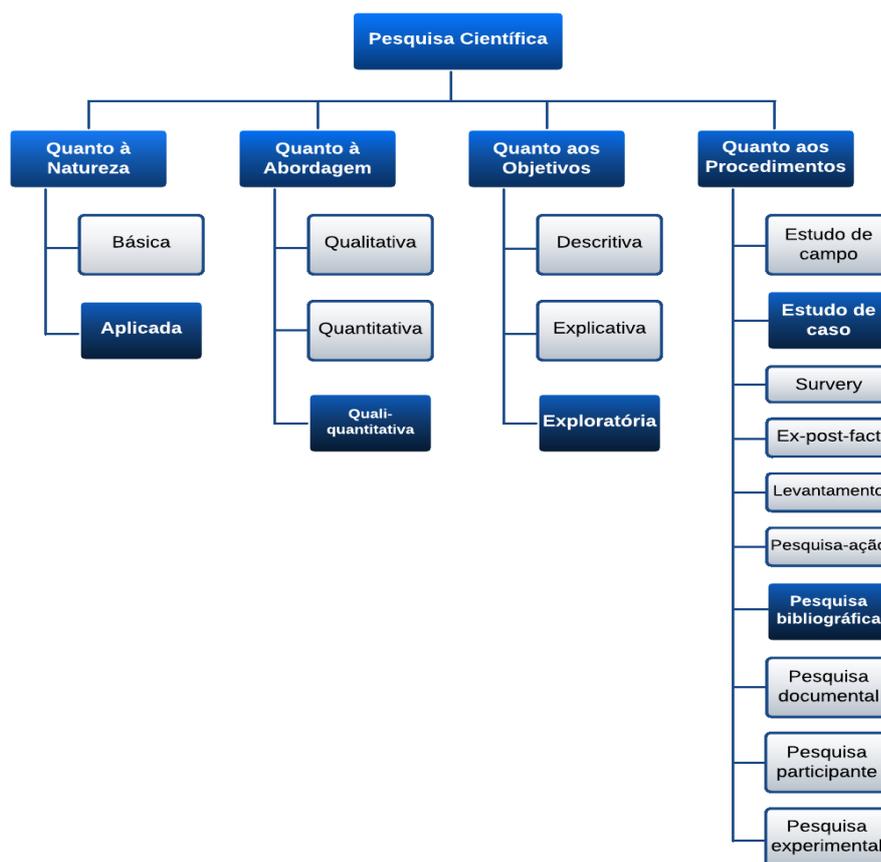
### 3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia e as diretrizes adotadas para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso. Assim, inicialmente é apresentada a caracterização do estudo quanto a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Em seguida, serão expostas as etapas para a realização do presente estudo.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a metodologia é constituída por conjuntos de atribuições sistemáticas e lógicas que possibilitam aos pesquisadores alcançar seus objetivos, conduzindo o caminho da pesquisa, constatando erros e contribuindo nas decisões do pesquisador. Pesquisas científicas podem ser caracterizadas da seguinte forma: quanto sua natureza, a forma de abordagem do problema, aos seus objetivos e, por fim, os procedimentos técnicos. A Figura 4 expõe as formas caracterização da pesquisa e a classificação deste estudo.

**Figura 4 - Caracterização da Pesquisa**



Em relação à natureza, a pesquisa pode ser classificada em dois tipos: aplicada ou básica. Neste estudo, a pesquisa se enquadra como aplicada, que é definida por Fleury e Werlang (2017) como uma pesquisa que se concentra no desenvolvimento de diagnósticos, identificando problemas e encontrando soluções. Desse modo, serão criadas árvores de falhas e o formulário FMEA para identificar falhas potenciais nos componentes dos moinhos que formam o conjunto ABCD e propostas de soluções para tais falhas, a fim de realizar um plano de ação adequado para resolução dos problemas.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, quantitativa e quali-quantitativa. De acordo com Deslaureis (1991) a pesquisa qualitativa tem como propósito gerar informações aprofundadas e ilustrativas, utilizando das mesmas para gerar novas informações. Fonseca (2002) define a pesquisa quantitativa como aquela que se volta para a objetividade, que usa a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno. O autor enfatiza que a união da pesquisa qualitativa e quantitativa permite obter mais informações do que conseguiria se usadas separadamente. Este estudo é classificado como quali-quantitativo, pois usa linguagem matemática para tomada de decisão, através da Curva ABC e FMEA, além de usar aspectos reais, centrados na compreensão e explicação de fatos.

Referente aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva, explicativa e exploratória. De acordo com Fontelles et al. (2009), a pesquisa exploratória tem como objetivo principal ampliar a compreensão sobre o assunto, realizando análises mais aprofundadas ou formulando hipóteses. Mediante a descrição, este estudo se caracteriza como exploratório, uma vez que consistiu na coleta de informações sobre os moinhos e, em seguida, resolução dos problemas analisados.

Por conseguinte, quando se trata dos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser caracterizada como: estudo de campo, estudo de caso, survey, ex-post-facto, levantamento, pesquisa-ação, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa participante e pesquisa experimental; esta pesquisa constitui-se como estudo de caso. Ventura (2007) caracteriza o estudo de caso como uma investigação prática, que inclui uma metodologia ampla, examinando a lógica por trás do planejamento, da coleta e análise de dados. Dessa maneira, no estudo em questão realizou-se a coleta e análise de dados com os líderes do setor de moagem que trabalham diariamente com os moinhos que serão analisados no estudo e, em seguida, proposto um plano de ação adequado para a minimização de falhas na empresa analisada.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

O presente estudo foi subdividido em seis etapas. A Figura 5 expõe as etapas do desenvolvimento da pesquisa.

**Figura 5** - Etapas da Pesquisa.



**Fonte:** Autoria Própria (2024)

A primeira etapa consiste na escolha do tema, analisou-se qual seria o tema mais apropriado a ser tratado com base nos desafios enfrentados pela empresa. Foi então definido como temática: uso de ferramentas de qualidade para a melhoria do processo produtivo em uma mineração.

A segunda etapa constitui-se de um levantamento bibliográfico, onde foi preciso obter conhecimento teórico acerca do tema escolhido, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da pesquisa a ser desenvolvida. Foram utilizadas várias referências como base para o estudo, incluindo livros, artigos e periódicos.

Posteriormente, na terceira etapa, ocorreu a coleta de dados. Para isso, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com o supervisor e os líderes de produção do setor objeto de estudo. Por meio dessas entrevistas, foi possível compreender e acessar as diversas informações

relevantes sobre os moinhos e as ocorrências de paradas por falhas em seus componentes. A partir da coleta dessas informações foi iniciado um acompanhamento diário do relatório de produção, que possui esclarecimento de todos os moinhos que apresentaram algum tipo de parada, seja para corrigir defeitos ou devido a outros problemas, assim como o tempo de inatividade para resolver a situação.

Em seguida, os dados coletados foram formatados e dispostos conforme demonstrado no Apêndice A, para então serem processados com o suporte da aplicação da análise ABC. Logo após, foram aplicadas ferramentas da gestão da qualidade, como a Árvore de Falhas (FTA), identificando as causas raízes para cada tipo de falha presente nos componentes, e com os resultados obtidos, foi elaborado um formulário FMEA, a fim de propor um plano de ação adequado, considerando a identificação das falhas, das causas e seus efeitos, sobrepondo-as através do Índice de Número de Prioridade de Risco (NPR).

Após os conhecimentos obtidos e aplicações das ferramentas, foi estruturado o Plano de Manutenção baseado na metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) para os seguintes componentes: anel, redutor, exaustor e rosca, e o Procedimento Operacional Padrão (POP), este último foi realizado apenas para o redutor e o elevador.

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo exhibe um estudo de caso relacionado à análise de uma linha de produção em uma empresa do ramo de mineração, localizada na cidade de Boa Vista, Paraíba. O estudo busca identificar quais componentes devem ter uma maior atenção para realização de intervenções, identificando os modos de falha e o tempo de paradas não programadas devido à falha. Assim, utilizou-se a metodologia ABC para identificar os componentes com maior tempo de inatividade devido a falha, e, em seguida, priorizá-los para realização da FTA, a fim de identificar as causas fundamentais a serem consideradas na aplicação da FMEA e, por fim, estruturar o plano de melhoria do processo.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

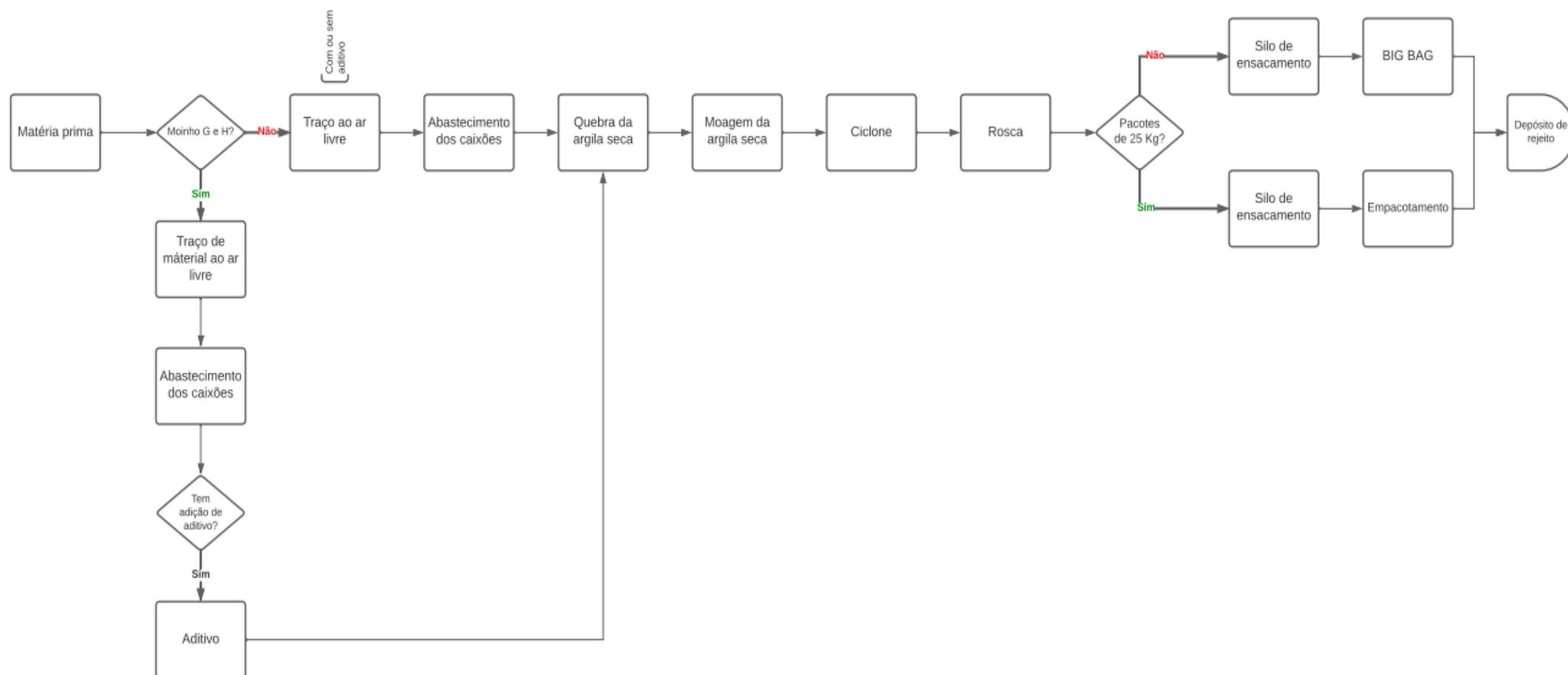
A Empresa X é uma indústria de mineração, que fornece produtos tanto para o mercado interno quanto externo, disponibilizando artigos para países da América Latina, Europa e da Ásia. Hoje a empresa é uma das líderes da América Latina na produção de argilas montmorilonita, como também uma das líderes mundiais em tecnologia de granulação.

A indústria atua nas áreas de negócio da fundição, pelletização e aglomeração, filtrantes e clarificantes, construção civil, perfuração, tintas, nutrição animal, papel, cerâmica e revestimentos geossintéticos. A Empresa X conta também com uma grande estrutura formada por escritórios, centros de pesquisa, depósitos e fábricas para dar suporte técnico e logístico para o negócio e para os clientes.

Sua fundação ocorreu no ano de 1965, com o início de suas atividades na cidade de Campina Grande, Paraíba, com uma produção inicial de 3.363 toneladas por mês de bentonita sódica. No ano de 1998 ocorreu a inauguração de uma fábrica mais ampla na cidade de Boa Vista, Paraíba, com um elevado aumento na produção, chegando à marca de 160.000 toneladas de bentonita por ano. Já no ano de 2005 ocorreu a construção da fábrica na cidade de Pedra Lavrada, Paraíba, com enfoque no beneficiamento do minério de mica. Optou-se pela realização do estudo na fábrica de Boa Vista, Paraíba, por ser atualmente a maior unidade industrial.

### 4.2 PROCESSO PRODUTIVO

De uma forma geral, o processo de moagem ocorre de acordo com o Fluxograma exposto na Figura 6.

**Figura 6** - Fluxograma do processo produtivo da moagem

Fonte: Autor (2024)

Neste sentido, o processo produtivo se inicia com a chegada da matéria-prima, composta por argila Figura 7, que é transportada da mina, localizada a 12km de distância da unidade industrial de Boa Vista, Paraíba, para a fábrica.

**Figura 7** - Matéria prima *in natura*



**Fonte:** Autor (2024)

Ao chegar na empresa, a argila é alocada nos depósitos de matéria-prima *in natura* e, a partir do surgimento da demanda, encaminhada para a pré-ativação. Em alguns casos, a matéria prima é moída *in natura*, ou seja, o material sai dos depósitos direto para o processo da moagem.

Na etapa da pré-ativação as escavadeiras abastecem os caixões alimentadores, onde ocorre a mistura de mais de um tipo de argila, a depender do traço e do cliente, como ilustrado na Figura 8, para, então, se iniciar o processo de ativação da matéria-prima com a barrilha.

**Figura 8 - Abastecimento dos caixões**



**Fonte:** Autor (2024)

Com os caixões alimentados, a argila segue pelos transportadores de correia até o desintegrador, para redução da granulometria, como exibido na Figura 9.

**Figura 9** - Matéria-prima sendo encaminhada para redução de sua granulometria



Fonte: Autor (2024)

Em seguida a matéria-prima segue para o laminador 1 e depois para o primeiro misturador, onde recebe adição de H<sub>2</sub>O, a depender da umidade inicial da argila, sendo indicado uma umidade de 27%. O próximo equipamento é a extrusora, ilustrada na Figura 10, onde será misturado todo o material, até ficar bem homogêneo, e receberá a adição de carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), para ativação da argila.

**Figura 10** – Extrusora utilizada para realização de mistura do material com o carbono de sódio



**Fonte:** Autor (2024)

Após esse processo, se a umidade estiver elevada, a matéria-prima será encaminhada para os lajões, demonstrado na Figura 11, onde passará pelo processo de secagem até chegar à umidade indicada, que pode variar entre 13% e 15%, para então seguir ao processo de moagem.

**Figura 11** - Lajões para secagem dos produtos



**Fonte:** Autor (2024)

Ao adquirir a umidade adequada, a matéria-prima será encaminhada aos bosques de armazenamento, expostos na Figura x, para ser utilizada para a alimentação dos moinhos.

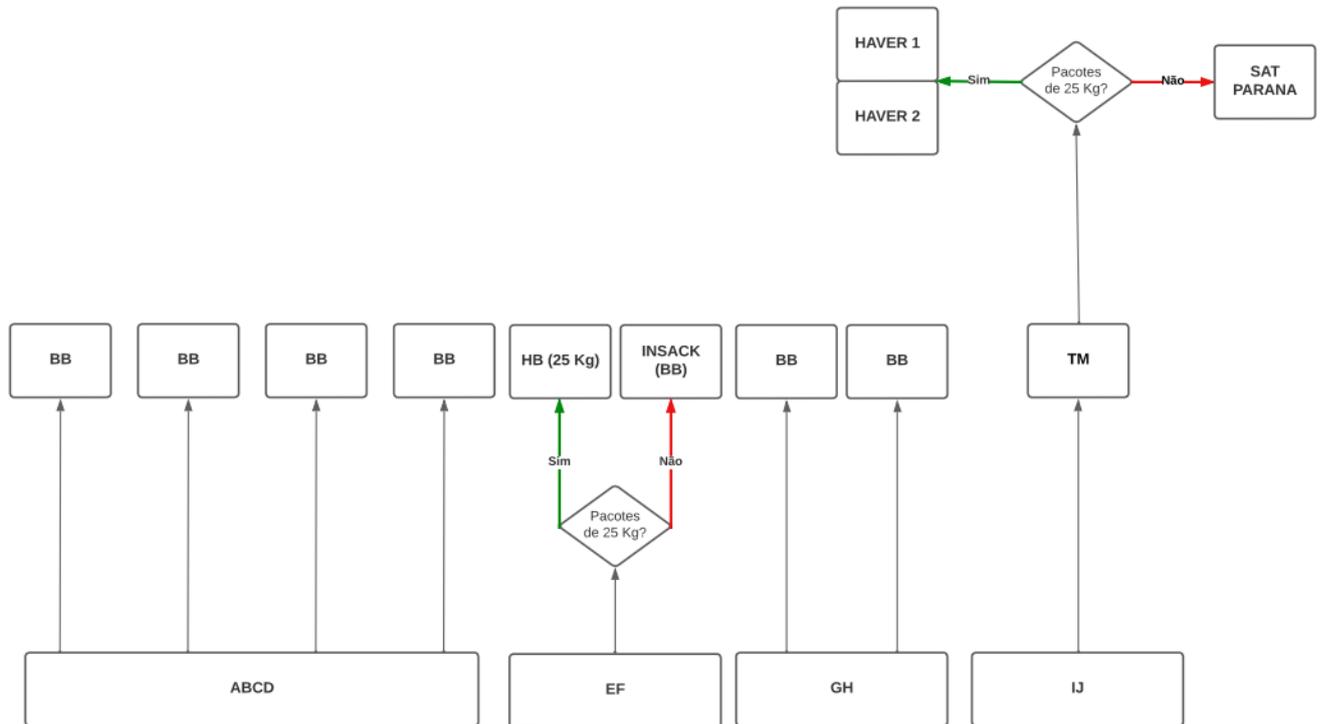
**Figura 12** - Bosques de armazenamento



Fonte: Autor (2024)

A empresa possui 10 (Dez) moinhos de rolamento modelos 5057, identificados por conjunto (ABCD, EF, GH e IJ) e três do modelo 3036. O processamento é executado em dez moinhos, na torre de mistura, na Haver 1 e na Haver 2, na ensacadeira SAT Paraná, ensacadeira HB, INSAK, na ensacadeira ABCD e na ensacadeira GH. A Figura Fluxograma x ilustra a sequência de máquinas utilizadas no processo.

**Figura 13** - Fluxograma das máquinas do setor da moagem



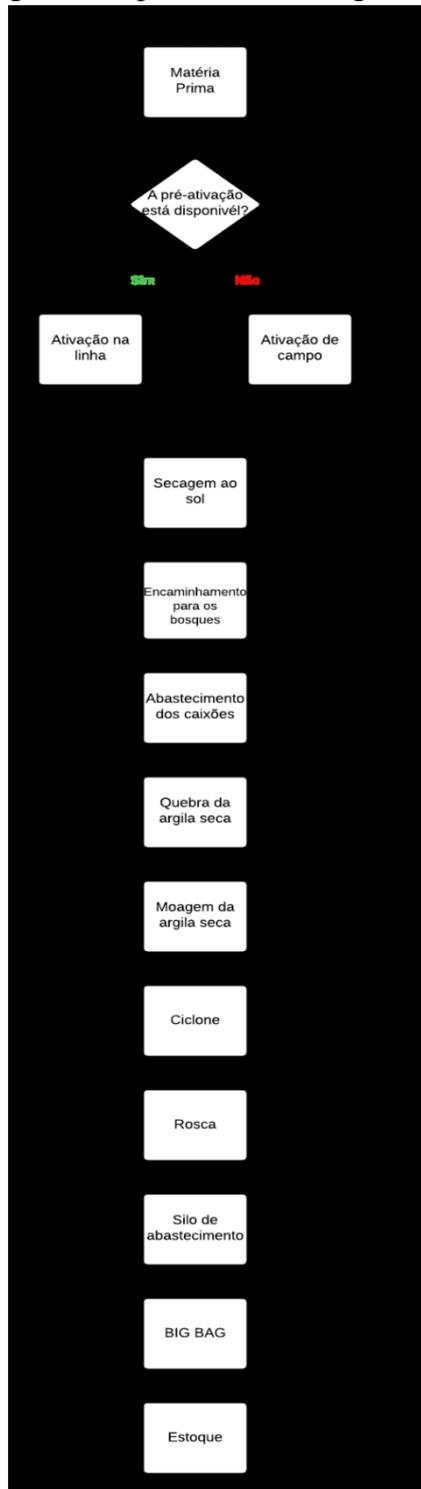
Fonte: Autor (2024)

Nos moinhos 3036 a matéria-prima é recebida e moída até virar pó. Após esse processo irá alimentar a ensacadeira SAT 25 kg ou Big Bag de 1000kg por meio de roscas transportadoras. Já nos moinhos 5057, a matéria-prima será moída até atingir a granulometria necessária. Nos conjuntos ABCD e GH, o ensacamento será por meio de roscas transportadoras para Big Bags de 1000kg e 1200kg. No conjunto EF, a depender da demanda, o material é transportado de forma pneumática, abastecendo o cilo da HB, ensacamento de 25 kg ou para a INSAK, onde irá ensacar big bags de 1000 kg. Já nos moinhos IJ o material é transportado de forma pneumática para a Torre de Mistura, onde serão adicionados polímeros. Na Torre de Mistura o ensacamento será realizado pela Haver 1 e Haver 2 para pacotes de 25kg e pela SAT para ensacamentos de big bags de 1000 kg e 1200 kg.

Os quatro moinhos que formam o conjunto ABCD são responsáveis pela maior produção da empresa. Por esta razão, o estudo será centrado no conjunto em questão. A próxima seção detalha o processo de moagem nos moinhos analisados.

#### 4.2.2 Processo Produtivo da Moagem no Conjunto ABCD

Figura 14 - Fluxograma do processo da moagem no conjunto ABCD



Fonte: Autor (2024)

Como o foco do estudo é no processo de moagem do conjunto ABCD, foi elaborado um fluxograma Figura 14, que apresenta todas as etapas do processo de moagem no conjunto ABCD.

O processo é iniciado com a chegada da argila da mina, que é armazenada nos depósitos de matéria-prima in natura. De acordo com a demanda, essa matéria-prima é encaminhada para a pré-ativação, onde será ativada com barrilha ou ácido sulfúrico, a depender do produto. Em seguida, a matéria-prima passa por avaliação para identificar se a umidade está de acordo com o estabelecido para cada produto e enviada para os bosques. Em casos de elevação na umidade, será direcionada para os lajões para secagem ao sol, até chegar a umidade ideal e ser encaminhada para os bosques.

A partir da demanda, os caixões são abastecidos com o material que está armazenado nos bosques e encaminhados para os moinhos para iniciar o processo de moagem, no qual irá ocorrer a quebra da argila seca e, posteriormente, a moagem da argila seca.

O material moído é direcionado ao separador de partículas, no qual serão selecionadas apenas partículas que estejam na granulometria desejada. Em seguida, o material é direcionado para o ciclone, onde as partículas finas serão redirecionadas ao sistema de moagem pela coleta de pó. Já as partículas mais densas são transportadas por meio de roscas transportadoras para os silos de abastecimento e ensacadas em Big Bags de 1000 Kg e 1200 Kg.

#### 4.3 APLICAÇÃO DA CURVA ABC

A curva ABC foi elaborada a partir da análise de falhas nos componentes dos moinhos ABCD, que compõem a linha de produção da moagem, a fim de identificar quais possuem maior impacto no tempo de parada não programada destes equipamentos. A partir dos resultados da Curva ABC, foram determinados os modos de falhas dos componentes de Classe A que apresentam maior criticidade, e priorizados para execução do plano para ações de melhoria.

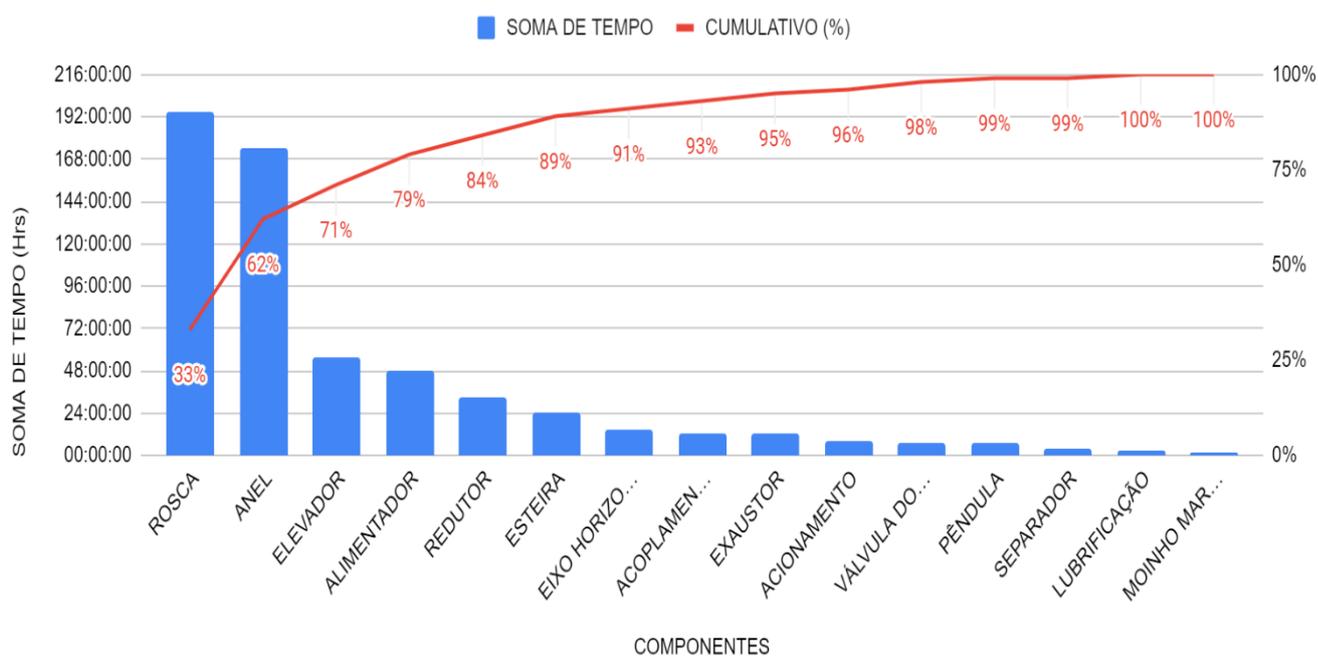
Neste sentido, após a coleta de informações referente às paradas por falhas, que foram adicionadas diariamente no relatório de produção, identificaram-se os principais modos de falhas e o tempo que cada moinho ficou inoperante para correção de cada uma dessas falhas ao longo de um período de 3 meses, conforme descrito na Metodologia.

A Tabela 2 expõe os componentes que falharam durante as operações no moinho A, a soma de tempo de parada para manutenção após a falha e sua classificação na construção da curva ABC, enquanto a Figura 15 demonstra sua representação gráfica.

**Tabela 2** - Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho A

MOINHO A				
COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	CUMULATIVO	CUMULATIVO (%)	CLASSE
ROSCA	195:12:31	195:12:31	33%	A
ANEL	174:11:58	369:24:29	62%	
ELEVADOR	56:00:07	425:24:36	71%	
ALIMENTADOR	47:58:30	473:23:06	79%	
REDUTOR	33:18:30	506:41:36	84%	B
ESTEIRA	24:23:00	531:04:36	89%	
EIXO HORIZONTAL	14:08:39	545:13:15	91%	
ACOPLAMENTO PRINCIPAL	12:35:20	557:48:35	93%	
EXAUSTOR	12:27:54	570:16:29	95%	C
ACIONAMENTO	07:34:52	577:51:21	96%	
VÁLVULA DO CICLONE	07:15:36	585:06:57	98%	
PÊNDULA	07:07:04	592:14:01	99%	
SEPARADOR	03:15:57	595:29:58	99%	
LUBRIFICAÇÃO	02:37:30	598:07:28	100%	
MOINHO MARTELO	01:51:13	599:58:41	100%	

Fonte: Autor (2024)

**Figura 15** - Representação gráfica da curva ABC para o moinho A

Fonte: Autor (2024)

Utilizando as informações apresentadas no gráfico, observou-se que a Classe A é composta por 4 componentes: a rosca, o anel, o elevador e o alimentador. A soma do tempo para correção dos modos de falha desses componentes equivale a 79% do tempo total de parada por falha no moinho em questão.

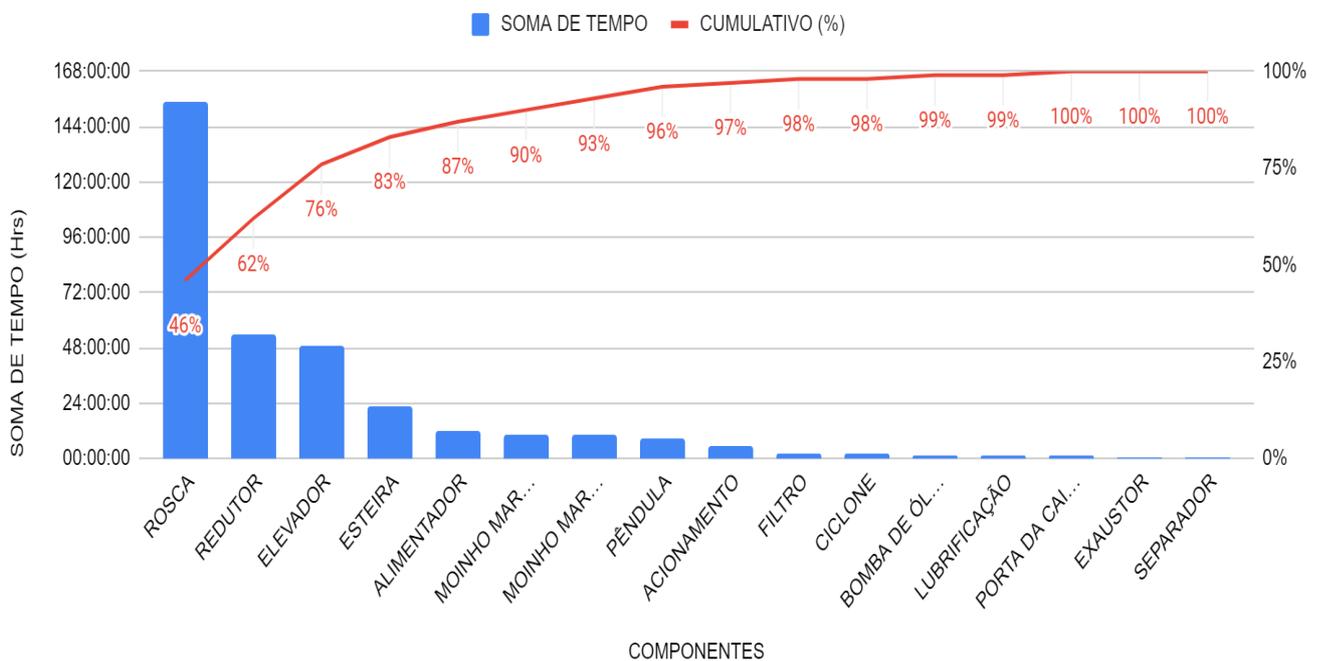
Na Tabela 3 serão apresentados os componentes que falharam durante as operações no moinho B, como também a soma de tempo de parada e sua classificação na Curva ABC. E na Figura 16 apresenta-se sua representação gráfica.

**Tabela 3** - Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho B

MOINHO B				
COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	CUMULATIVO	CUMULATIVO (%)	CLASSE
ROSCA	154:43:55	154:43:55	46%	A
REDUTOR	53:41:35	208:25:30	62%	
ELEVADOR	49:16:28	257:41:58	76%	
ESTEIRA	22:48:11	280:30:09	83%	B
ALIMENTADOR	12:00:09	292:30:18	87%	
MOINHO MARTELO	10:39:56	303:10:14	90%	
MOINHO MARTELO	10:39:56	313:50:10	93%	
PÊNDELA	08:26:57	322:17:07	96%	
ACIONAMENTO	05:47:38	328:04:45	97%	C
FILTRO	02:15:16	330:20:01	98%	
CICLONE	02:02:32	332:22:33	98%	
BOMBA DE ÓLEO	01:36:03	333:58:36	99%	
LUBRIFICAÇÃO	01:25:15	335:23:51	99%	
PORTA DA CAIXA DE AR	00:57:17	336:21:08	100%	
EXAUSTOR	00:55:42	337:16:50	100%	
SEPARADOR	00:11:23	337:28:13	100%	

Fonte: Autor (2024)

**Figura 16** - Representação gráfica da curva ABC para o moinho B



Fonte: Autor (2024)

Após a análise da representação gráfica e de sua classificação ABC, foi possível observar quais os componentes que fazem parte da classe A, e conseqüentemente apresentam um maior impacto no tempo de parada do moinho B: rosca, redutor e elevador, com 76% do tempo total de parada para correção das falhas.

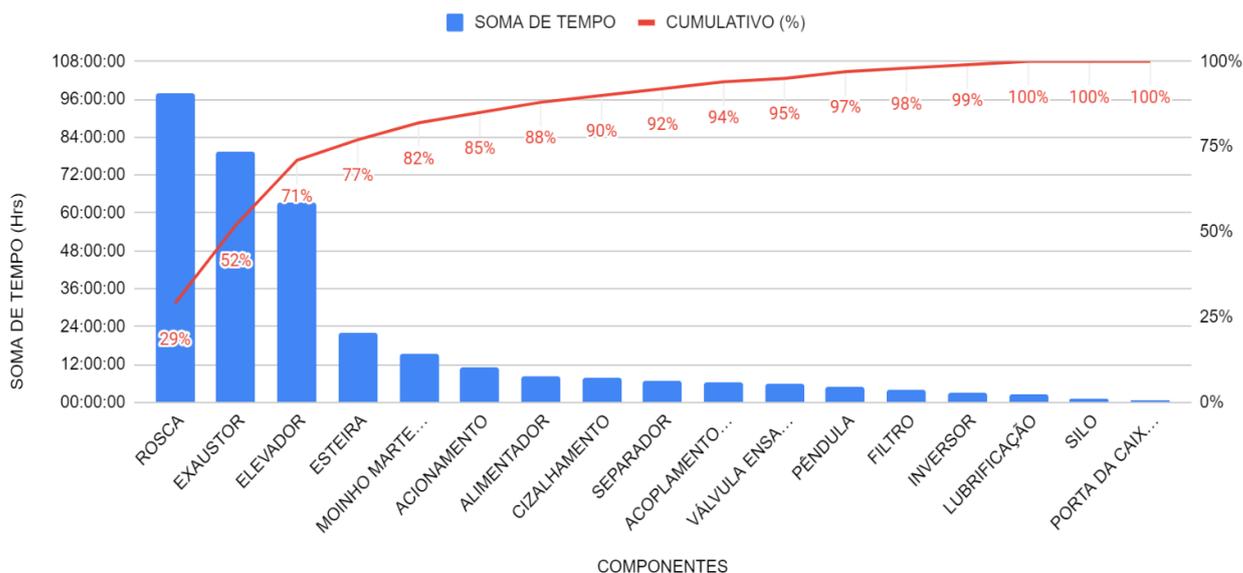
A Tabela 4 traz os elementos que sofreram falhas durante as atividades no moinho C, juntamente com o total de tempo de inatividade e sua categorização na Curva ABC. Já na Figura 17, encontra-se a sua ilustração gráfica.

**Tabela 4** - Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho C

MOINHO C				
COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	CUMULATIVO	CUMULATIVO (%)	CLASSE
ROSCA	98:08:18	98:08:18	29%	A
EXAUSTOR	79:10:28	177:18:46	52%	
ELEVADOR	63:07:08	240:25:54	71%	
ESTEIRA	22:11:32	262:37:26	77%	
MOINHO MARTELO	15:18:06	277:55:32	82%	B
ACIONAMENTO	10:55:28	288:51:00	85%	
ALIMENTADOR	08:09:18	297:00:18	88%	
CIZALHAMENTO	07:43:17	304:43:35	90%	
SEPARADOR	06:54:06	311:37:41	92%	
ACOPLAMENTO PRINCIPAL	06:17:51	317:55:32	94%	C
VÁLVULA ENSACAMENTO	05:37:44	323:33:16	95%	
PÊNDELA	04:47:59	328:21:15	97%	
FILTRO	03:50:08	332:11:23	98%	
INVERSOR	03:01:15	335:12:38	99%	
LUBRIFICAÇÃO	02:17:38	337:30:16	100%	
SILO	01:10:21	338:40:37	100%	
PORTA DA CAIXA DE AR	00:25:03	339:05:40	100%	

Fonte: Autor (2024)

**Figura 17 - Representação gráfica da curva ABC para o moinho C**



Fonte: Autor (2024)

Depois de analisar o gráfico e classificar os itens conforme a metodologia ABC, identificamos os componentes que pertencem à classe A e que são considerados mais críticos no moinho C. São eles: rosca, exaustor, elevador e esteira. Estes são responsáveis respectivamente por 77% do tempo total de parada para manutenção corretiva.

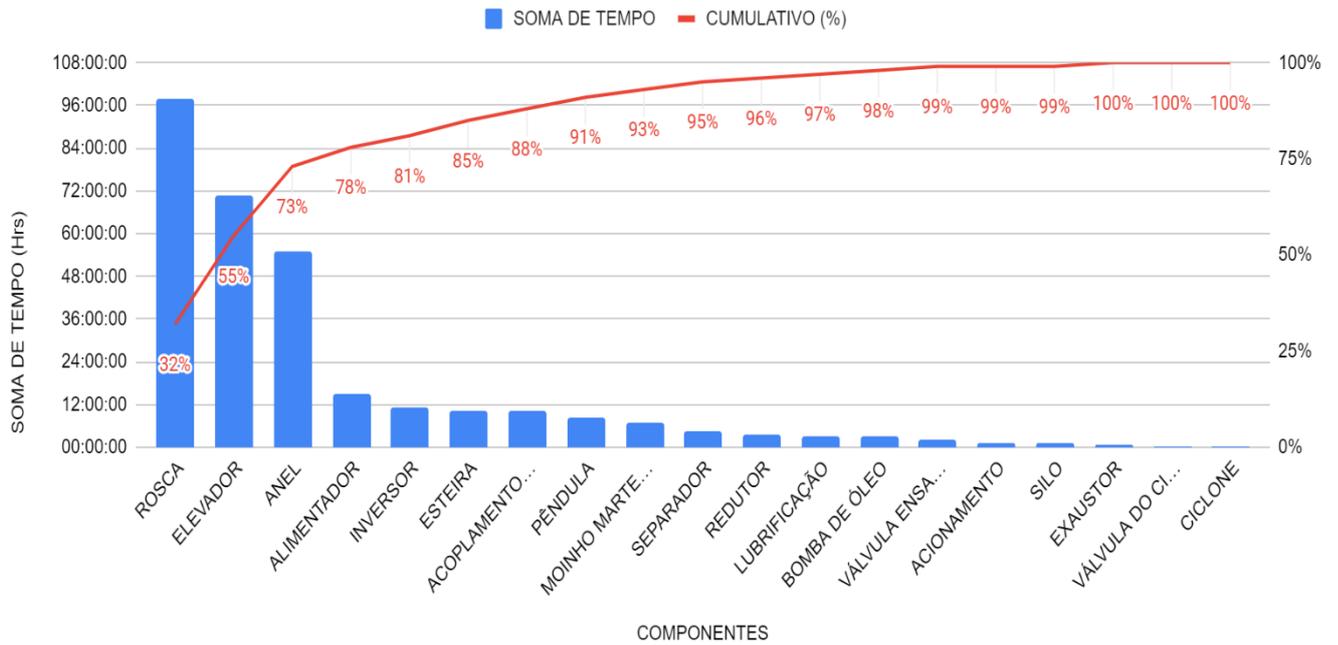
A Tabela 5 apresenta os componentes que falharam durante as operações no moinho D, junto com o tempo total de paralisação e sua classificação na Curva ABC. A Figura 18, por sua vez, exibe sua representação visual.

**Tabela 5 - Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para o moinho D**

MOINHO D				
COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	CUMULATIVO	CUMULATIVO (%)	CLASSE
ROSCA	97:45:17	97:45:17	32%	A
ELEVADOR	70:35:47	168:21:04	55%	
ANEL	55:07:06	223:28:10	73%	
ALIMENTADOR	14:52:05	238:20:15	78%	
INVERSOR	11:00:03	249:20:18	81%	B
ESTEIRA	10:28:59	259:49:17	85%	
ACOPLAMENTO PRINCIPAL	10:23:09	270:12:26	88%	
PÊNDELA	08:27:37	278:40:03	91%	
MOINHO MARTELO	07:05:40	285:45:43	93%	
SEPARADOR	04:42:56	290:28:39	95%	
REDUTOR	03:49:47	294:18:26	96%	C
LUBRIFICAÇÃO	03:13:40	297:32:06	97%	
BOMBA DE ÓLEO	03:02:11	300:34:17	98%	
VÁLVULA ENSACAMENTO	02:19:08	302:53:25	99%	
ACIONAMENTO	01:27:32	304:20:57	99%	
SILO	01:10:36	305:31:33	99%	
EXAUSTOR	00:41:16	306:12:49	100%	
VÁLVULA DO CICLONE	00:29:24	306:42:13	100%	
CICLONE	00:24:41	307:06:54	100%	

Fonte: Autor (2024)

**Figura 18** - Representação gráfica da curva ABC para o moinho D



Fonte: Autor (2024)

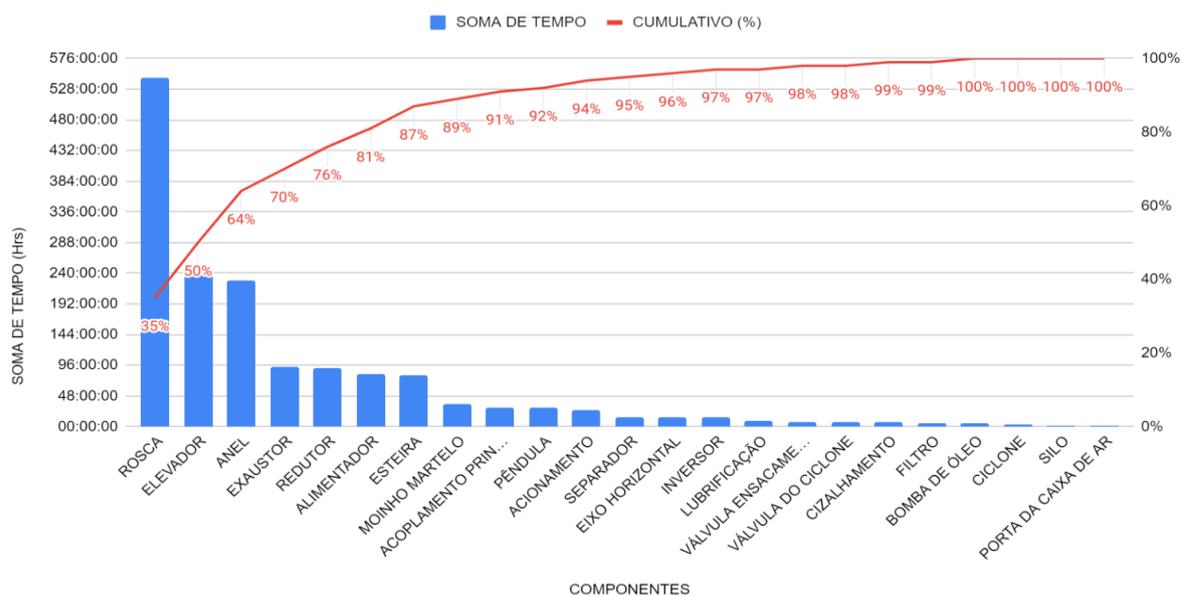
Com a análise gráfica e a categorização dos itens foi possível identificar quais os componentes apresentaram falhas no moinho D, sendo eles: rosca, elevador, anel e alimentador, responsáveis por 78% do tempo total de parada para correção das falhas.

Depois de reunir todas as informações de forma individual, foi elaborada a Tabela 6, que expõe os componentes que apresentaram falhas durante as operações nos moinhos ABCD, junto ao tempo total de parada não programada e sua categorização na Curva ABC, enquanto a Figura 19 ilustra sua representação gráfica.

**Tabela 6** - Classificação dos modos de falha em relação a curva ABC para os moinhos ABCD

CONJUNTO DOS MOINHOS ABCD				
COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	CUMULATIVO	CUMULATIVO (%)	CLASSE
ROSCA	545:50:01	545:50:01	35%	A
ELEVADOR	238:59:30	784:49:31	50%	
ANEL	229:19:04	1014:08:35	64%	
EXAUSTOR	93:15:20	1107:23:55	70%	
REDUTOR	90:50:02	1198:13:57	76%	
ALIMENTADOR	83:00:02	1281:13:59	81%	
ESTEIRA	79:51:42	1361:05:41	87%	B
MOINHO MARTELO	34:54:55	1396:00:36	89%	
ACOPLAMENTO PRINCIPAL	29:16:20	1425:16:56	91%	
PÊNDELA	28:49:37	1454:06:33	92%	
ACIONAMENTO	25:45:30	1479:52:03	94%	
SEPARADOR	15:04:22	1494:56:25	95%	
EIXO HORIZONTAL	14:08:39	1509:05:04	96%	C
INVERSOR	14:01:18	1523:06:22	97%	
LUBRIFICAÇÃO	09:34:03	1532:40:25	97%	
VÁLVULA ENSACAMENTO	07:56:52	1540:37:17	98%	
VÁLVULA DO CICLONE	07:45:00	1548:22:17	98%	
CIZALHAMENTO	07:43:17	1556:05:34	99%	
FILTRO	06:05:24	1562:10:58	99%	
BOMBA DE ÓLEO	04:38:14	1566:49:12	100%	
CICLONE	02:27:13	1569:16:25	100%	
SILO	02:20:57	1571:37:22	100%	
PORTA DA CAIXA DE AR	01:22:20	1572:59:42	100%	

Fonte: Autor (2024)

**Figura 19** - Representação gráfica da curva ABC para os moinhos ABCD

Fonte: Autor (2024)

Após o levantamento de dados e agrupamento ABC, foi possível identificar e mensurar qual a representatividade de cada classe de acordo com o tempo de parada. A análise da curva ABC revela que os componentes que se encontram na Classe A são: rosca, anel, elevador, exaustor e redutor, somando cerca de 76% do tempo total de paradas. Tanto a rosca quanto o elevador são componentes que apresentam falhas em todos os quatro moinhos, tendo a rosca como o componente que expressa o maior percentual de paradas, representando sozinha um percentual de 35% do tempo total de parada.

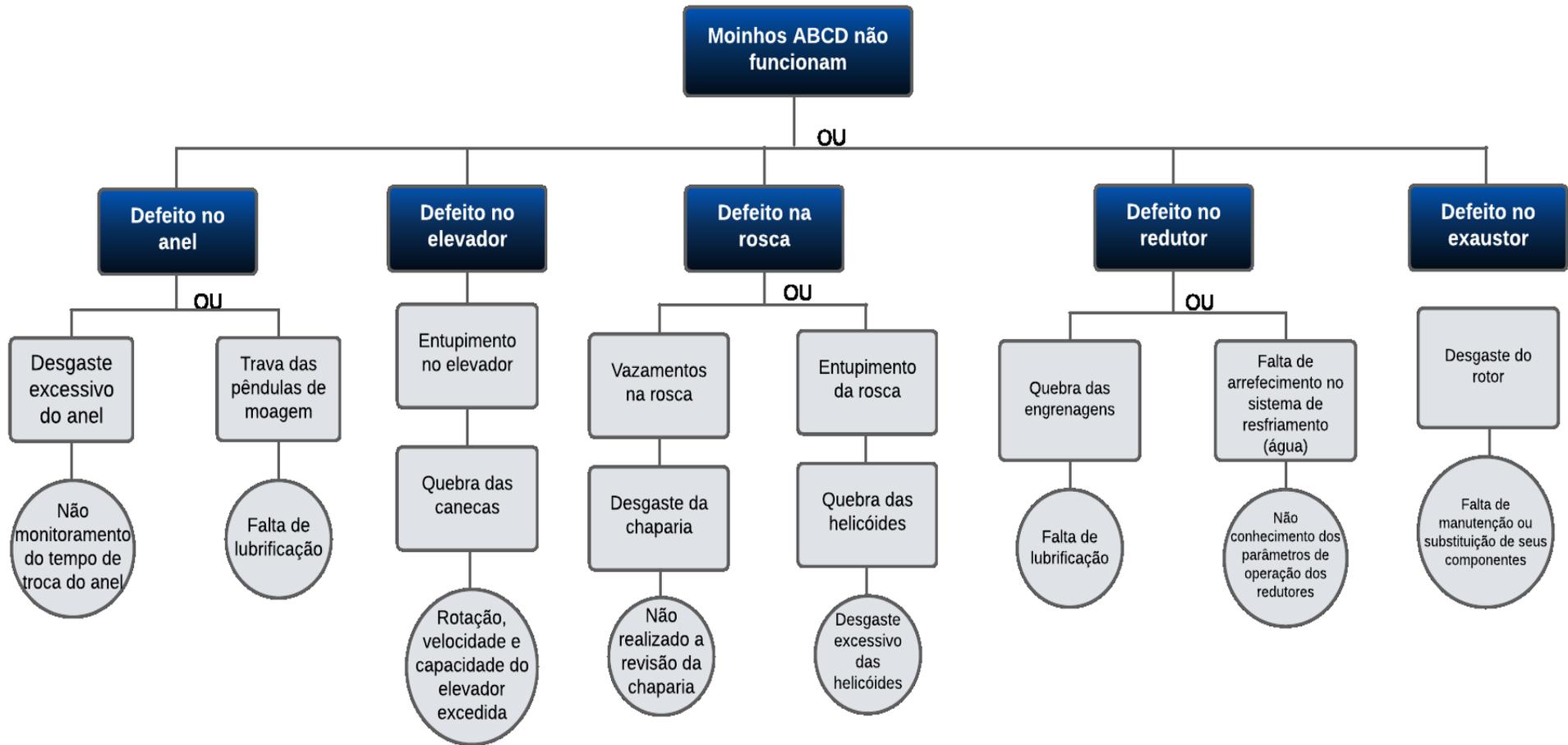
Desta forma, esses serão os componentes que devem ser priorizados para a proposta de um plano de ação, tendo como objetivo a mitigação dos modos de falha e, conseqüentemente, a redução no número de interrupções no processo para correção dos problemas.

Visando um melhor esclarecimento das ocorrências de paradas para manutenção nos 5 componentes apontados pela Curva ABC, foi realizada uma análise mais detalhada através da elaboração de árvores de falhas para cada um desses componentes, a fim de identificar quais as causas raízes desses problemas.

#### 4.4 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (FTA)

Após a utilização da técnica da curva ABC, foram detectadas as falhas que resultam nos maiores tempos de paradas não programadas no conjunto dos moinhos ABCD. Posteriormente, aplicou-se o método de análise de árvore de falhas (FTA) para identificar as causas raízes que levam às falhas e afetam o funcionamento dos moinhos. A Figura 20 apresenta, por meio do esquema lógico FTA, o detalhamento dessas possíveis falhas.

**Figura 20** - Análise de Árvore de Falhas dos moinhos ABCD



Fonte: Autoria Própria (2024)

Como observa-se no FTA, as principais falhas que podem comprometer o desempenho dos moinhos ABCD são:

Danos estruturais do anel: para esta falha as investigações apontaram que a ausência de lubrificação e a falta de monitoramento do tempo de troca do anel são as principais causas desse problema.

Entupimento do elevador: para esta falha, a rotação do elevador alterada foi a causa raiz identificada.

Travamento da rosca: a não realização da revisão da chaparia e o desgaste excessivo das helicóides foram destacadas como causas raízes para esta falha.

Defeito no redutor: esta falha é caracterizada pela alteração na rotação do moinho. Identificou-se para esta falha que a causa raiz pode ser tanto pela falta de lubrificação quanto pelo não conhecimento dos parâmetros de operação dos redutores.

Travamento do exaustor: para este modo de falha identificou-se que a falta de manutenção ou substituição das palhetas do rotor é a causa raiz.

Ao observar o diagrama de árvore de falhas apresentado, torna-se evidente que uma falha pode ter múltiplas causas subjacentes, em decorrência de procedimentos anteriores. Assim, ao identificar essas causas e implementar medidas para evitá-las, o sistema passará a operar com um nível mais elevado de confiabilidade, já que a manutenção será realizada com mais agilidade, baseada no cálculo do NPR. Esse cálculo mede o nível de criticidade e potencial de danos caso a falha ocorra, focalizando diretamente na raiz do problema, como exposto na próxima seção.

#### 4.5 ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS (FMEA)

Após a identificação das causas raízes, aplicou-se a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) para quantificar a criticidade de cada modo de falha, dando prioridade às falhas que apresentavam o maior índice de risco. O questionário preenchido do FMEA, com os componentes analisados no FTA, foi estruturado na Tabela 7.

Tabela 7 - Análise do Modo e Efeito das Falhas dos Moinhos ABCD

Cabeçalho	ANÁLISE DO MODO E EFEITO DAS FALHAS FMEA de Produto (x) de Processo ( )											
	Máquina/operação: Moinho						Data Início: 04/03/2024			Revisão/Data: 08/04/2024		
	Organizado por: Priscila Thais de Sousa Brito Responsável pelo projeto: Maria Creuza Borges de Araújo											
Desenvolvimento	Item	Componentes	Função	Modo da Falha	Efeito da Falha	Severidade	Causas	Ocorrência	Meios de Detecção	Detecção	RPN	Ações corretivas/preventivas
	1	Anel	Utilizado como apoio para os rolos de moagem pressionarem o material contra si, até formar uma camada de material processado	Danos estruturais	Quebra do anel	7	Não monitoramento do tempo de troca do anel	4	Muito Alta	2	56	Realizar inspeção para fazer a substituição do anel no tempo ideal
						6	Falta de lubrificação	7	Muito Alta	1	42	Realizar a lubrificação das pêndulas
2	Elevador	Responsável por realizar o transporte vertical de material para a continuidade do processo de produção	Entupimento	Parada do elevador	6	Rotação do elevador alterada	7	Muito Alta	1	42	Seguir o procedimento operacional padrão de uso	

(Continuação)  
 Fonte: Autor (2024)

Desenvolvimento	3	Rosca	Responsável pelo transporte de materiais de acordo com a capacidade do moinho	Travamento	Parada da rosca	7	Não realizada a revisão da chaparia	7	Muito Alta	2	98	Realizar a manutenção preventiva
						7	Desgaste excessivo das <u>helicóides</u>	7	Alta	3	147	Realizar a manutenção preventiva
	4	Redutor	Reduzir a velocidade rotacional do motor para a velocidade desejada no eixo de saída	Velocidade de rotação do moinho alterada	Parada do moinho	6	Falta de lubrificação	7	Muito Alta	1	42	Realizar a lubrificação das engrenagens
						6	Não conhecimento dos parâmetros de operação dos redutores	6	Muito Alta	2	72	Aplicação de um procedimento operacional padrão para o uso dos equipamentos
	5	Exaustor	Responsável por gerar uma corrente de ar quente que irá arrastar o material para o separador	Travamento	Parada do exaustor	7	Falta de manutenção ou substituição das palhetas do rotor	6	Muito Alta	1	42	Realizar a manutenção preventiva

Conforme apresentado na Tabela 7, através da análise FMEA, identificou-se um modo de falha para cada subsistema dos moinhos e suas causas básicas. Nessa perspectiva, os modos de falha com maiores NPR foram:

Desgaste excessivo das helicóides, com NPR igual a 147;

Não realização da revisão da chaparia, com NPR igual a 98;

Não conhecimento dos parâmetros de operação dos redutores, com NPR igual a 72;

Não monitoramento do tempo de troca do anel, com NPR igual a 56

Logo, foi possível propor um plano de ação para implementação de melhorias, com o intuito de evitar a ocorrência dos modos de falhas citados no FMEA.

#### 4.6 PLANO DE MANUTENÇÃO

Para garantir um melhor desempenho e reduzir o número de falhas nos moinhos em estudo, foi elaborado um plano de manutenção alinhado com as conclusões dos estudos FTA e FMEA. Assim, optou-se por priorizar a manutenção preventiva e preditiva na estruturação do plano de manutenção, uma vez que tais práticas permitem aumentar e assegurar os índices de disponibilidade e confiabilidade do equipamento, além de reduzir a chance de falha ou deterioração, considerando que o maquinário é submetido a uma extensa jornada de trabalho.

Conforme apresentado na Tabela 8, o plano de manutenção inclui na sua organização a identificação dos elementos dos moinhos, as medidas a serem tomadas para prevenir possíveis falhas e interrupções no processo de produção. As ações necessárias para implementar tais medidas e a periodicidade com que essas ações devem ser realizadas. O objetivo principal do plano elaborado é garantir a preservação e o aumento da vida útil do equipamento, de forma a manter a continuidade do processo de moagem e evitar paradas não programadas.

Para que o plano de manutenção seja eficazmente implementado, é fundamental que os encarregados de realizar tal atividade compreendam as fases de verificação e inspeção no equipamento.



(Continuação)  
 Fonte: Autor (2024)

	Redutor	Realizar Lubrificação	1- Desligar o moinho; 2- Com o redutor ainda quente realizar a lubrificação a óleo forçada, acionando o eixo de entrada do redutor.  OBS: A quantidade é determinada de acordo com o manual de uso da máquina.				X			
	Exaustor	Realizar Inspeção	1- Verificar seus componentes; 2- Realizar limpeza; 3- Se desgastados, realizar a substituição dos componentes; 4- Se não, fazer o balanceamento.				X			

#### 4.7 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

Para auxiliar na execução da manutenção do arrefecimento no sistema de resfriamento do redutor e no procedimento para realizar a partida do elevador com a rotação, velocidade e capacidade indicada estruturou-se um Procedimento Operacional Padrão detalhado contendo as etapas a serem seguidas para cada atividade, conforme ilustrado no Quadro 6. O Procedimento Operacional Padrão diz respeito ao planejamento de tarefas repetitivas a serem realizadas, com o intuito de garantir a padronização e prevenir o desperdício de tempo decorrente de atividades desnecessárias, além de contribuir para a maior eficiência e segurança no trabalho. Deve-se assegurar que o POP seja redigido de maneira simples e direta, de modo que o responsável por sua execução compreenda plenamente o propósito daquele procedimento, sem cometer erros.

**Quadro 6** - Procedimento Operacional Padrão

<b>Procedimento Operacional Padrão - POP</b>		2 Página
Código <b>AT-0-POP-001</b>	Data de Emissão <b>Abril/2024</b>	Data de Vigência -
Responsáveis: <b>Técnicos de manutenção e mecânicos</b>		
Assunto: <b>REALIZAÇÃO DO ARREFECIMENTO NO SISTEMA DE RESFRIAMENTO DO REDUTOR</b>		

### 1. OBJETIVO

Documentar a sequência de atividades necessárias para realizar o arrefecimento do sistema de resfriamento do redutor.

### 2. APLICAÇÃO

O responsável fica encarregado de executar as ações descritas no presente documento.

### 3. RESPONSÁVEIS

3.1 Técnicos de Manutenção

3.2 Mecânicos

### 4. PROCEDIMENTOS

1° Passo: Desligar o motor.

2° Passo: Abrir a tampa de expansão do radiador e soltar a mangueira inferior, para que o líquido possa escoar.

3° Passo: Se o nível do líquido estiver próximo ou abaixo do mínimo, deve-se completar.

4° Passo: Realizar a mistura concentrada de aditivo com água, respeitando o manual do proprietário, ou seja, 40% de aditivo e 60% de água desmineralizada.

5° Passo: Com a mistura pronta, deve-se colocar o líquido no reservatório até o registro máximo.

6° Passo: Ligar o motor até que a ventoinha seja acionada.

7° Passo: Conferir se existe vazamento.

Elaboração

---

Nome do elaborador

Cargo

Data: : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Verificação e Aprovação

---

Nome de um representante do setor envolvido

Cargo

Data: : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Fonte: Autor (2024)

	<b>Procedimento Operacional Padrão - POP</b>		2 Página
Código <b>AT-0-POP-001</b>	Data de Emissão <b>Abri/2024</b>	Data de Vigência <b>-</b>	Versão n° <b>001</b>
Responsáveis: <b>Técnicos de manutenção e mecânicos</b>			
Assunto: <b>REALIZAR A PARTIDA DO ELEVADOR COM A ROTAÇÃO, VELOCIDADE E CAPACIDADE INDICADA</b>			

## 1. OBJETIVO

Registrar o processo de etapas exigidas para realizar a partida do elevador com a rotação, velocidade e capacidade indicada.

## 2. APLICAÇÃO

A pessoa responsável fica encarregada de realizar as ações descritas neste documento.

## 3. RESPONSÁVEIS

3.1. Técnicos de Manutenção

3.2. Mecânicos

## 4. PROCEDIMENTOS

1° Passo: Realizar a inspeção para observar se à ruídos estranhos, verificar o aquecimento e se os rolamentos estão alinhados;

2° Passo: Após o elevador estar funcionando bem, pare e bloqueie toda a fonte de energia e verifique a bica de entrada e funil de descarga para garantir que eles estejam vazios e desobstruídos;

3° Passo: Ligue novamente o elevador;

4° Passo: Gradualmente alimente com o material a ser transportado;

5° Passo: Aumente gradualmente a taxa de alimentação até que a capacidade seja atingida.

**OBS:** Não sobrecarregue o elevador, não exceda a velocidade, capacidade, densidade do material ou a taxa de fluxo do elevador para o qual sua unidade tenha sido projetada.

(Essas informações estão no manual de uso da máquina).

Elaboração

---

Nome do elaborador

Cargo

Data: : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Verificação e Aprovação

---

Nome de um representante do setor envolvido

Cargo

Data: : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Os POPs elaborados são claros, diretos e abrangentes, sendo compreensíveis por todos os membros do setor e do time de manutenção, inclusive pelos novos contratados, pois detalham de maneira eficaz o processo fundamental para a realização desse trabalho mecânico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma boa administração de processos tem impacto direto na qualidade e na produtividade das organizações, sendo fundamental para aprimorar seus resultados operacionais, devido a aspectos como o aprimoramento do desempenho, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, bem como a redução dos custos de operação. Assim, o estudo em questão concentrou-se em analisar a linha de produção de moagem em uma indústria mineradora localizada no interior da Paraíba, a fim de realizar uma análise abrangente utilizando a metodologia da Curva ABC e as ferramentas FTA e FMEA, com o propósito de identificar falhas no conjunto de moinhos ABCD.

As evidências demonstradas confirmam que usar a curva ABC em conjunto com as ferramentas da qualidade FTA e FMEA é altamente relevante. Isso permitiu classificar a criticidade dos componentes e identificar os modos de falhas, seus efeitos e suas causas fundamentais, que impactam na confiabilidade dos equipamentos e em sua durabilidade.

Primeiramente, foi adotada a abordagem da Curva ABC para identificar e classificar os componentes dos moinhos com maiores condições críticas. Em seguida, optou-se pela utilização da Árvore de Falhas, uma ferramenta que fornece resultados mais claros, permitindo a identificação das causas raízes para cada componente. Com base nas causas identificadas, o formulário FMEA foi empregado para calcular os riscos mais críticos apresentados pela máquina, possibilitando assim uma atenção adequada. Além disso, foram propostas ações de melhoria.

A execução de um Plano de Manutenção eficiente nas empresas é crucial para garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos ao longo das etapas de produção, seja para a oferta de produtos ou serviços, visando manter a continuidade das operações, a otimização do tempo e a redução de custos. Nesse sentido, a elaboração do plano abrange elementos como a rosca, anel, redutor e exaustor, os quais foram identificados como essenciais para prevenir possíveis falhas durante a operação. Além disso, foram desenvolvidos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para o resfriamento do sistema do redutor e para a partida do elevador, levando em consideração as especificações de rotação, velocidade e capacidade necessárias.

Caso o plano proposto seja seguido conforme sugerido, as melhorias conseguem ser facilmente percebidas. Isso contribuirá para a redução dos custos, evitando a deterioração prematura do equipamento e prolongando sua vida útil. É importante destacar que qualquer falha em um dos componentes dos moinhos resulta na paralisação completa do equipamento.

Portanto, nenhum componente atua de maneira isolada. Sua confiabilidade, qualidade e eficiência refletem no desempenho geral do equipamento, sendo essencial a identificação e correção das falhas. A abordagem da análise foi prática e as ações sugeridas são de fácil implementação e execução.

Como trabalhos futuros sugere-se:

- Elaboração dos POPs para todas as ações listadas no quadro da Análise de Modos de Falha e Efeitos;
- Implementação das melhorias propostas.

## REFERÊNCIAS

ARTILHA-MESQUITA, Carla Adriana Ferrari et al. Avaliação da Gestão da Qualidade e suas ferramentas: aplicabilidade em indústria de alimentos de origem animal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e20210111248-e20210111248, 2021.

BRAGA, L. M.; PIMENTA, C. M.; VIEIRA, J. G. V., Gestão de armazenagem em um supermercado de pequeno porte. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, Viçosa, n. 08, p. 57-77, 2008.

BUENO, Renato Varella; MACULAN, Benildes Coura M. S.; AGANETTE, Elisângela Cristina. Mapeamento de processos e gestão por processos: revisão sistemática de literatura. **Múltiplos olhares em ciência da informação**, v. 9, n. 2, p. 1-12, 2019.

CARVALHO, Andrea Milliam Gomes. **Gestão da qualidade: revisão sistemática sobre a gestão da qualidade na terceirização de serviços em empresas privadas**. 2023.

CUNHA, A. U. N. **Mapeamento de Processos Organizacionais da Unb: caso Centro de Documentação da Unb –CEDOC**. Brasília: UNB, 2012

DE CASTRO MARINO, Lúcia Helena Fazzane. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores chave para produtividade e competitividade empresarial. **XIII SIMPEP**, 2006.

DE OLIVEIRA MORAIS, Marcos; MORAIS, Gabriel Alves. A Gestão da Qualidade Auxiliando na Redução de Refugo em uma Fundição de Alumínio sob Pressão. **Journal of Technology & Information (JTnI)**, v. 3, n. 1, 2023.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FERNANDES, J. M. R. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA**. 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

FERNANDES, R. D. S.; SOUSA, L. R. C. D.; SANTOS, T. L. D. Analysis, investigation and evaluation of quality management in the mining process: a case study on divergencies in iron ore stock deviations. **Revista Produção Online**, 21, n. 3, p. 770-793, 10/16 2021.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sérgio. **Pesquisa aplicada: reflexões sobre conceitos e abordagens metodológicas**. 2017. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/view/72796>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002

FONTELLES, Mauro José, et al. Metodologia da Pesquisa Científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Núcleo de Bioestatística Aplicado à Pesquisa da Universidade da Amazônia – Unama**. Amazonas, 2009. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo\\_C8\\_NONAME.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C8_NONAME.pdf). Acesso em: 25 jan. 2023.

GACKOWIEC, P.; PODOBIŃSKA-STANIEC, M.; BRZYCHCZY, E.; KÜHLBACH, C. et al. Review of key performance indicators for process monitoring in the mining industry. **Energies**, 13, n. 19, p. 5169, 2020.

GARDIMAN, Luiz Antonio Mendes. **Gestão e mapeamento de processos nas instituições públicas: um estudo de caso no departamento do tesouro da instituição de administração municipal de Ipatinga**. 2023.

GISSONI, L. R. M. **Implantação de mapeamento de processos de trabalho no setor de transporte de uma instituição federal de ensino**. 2016. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Universidade Federal de Alfenas, campus Varginha, MG, 2016. Disponível em: <https://bdtd.unifalmg.edu.br:8443/handle/tede/894>. Acesso em: 10 fev. 2024.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Re-engineering the corporation: a manifesto for business revolution**. New York: Harper Business, 1993.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1996

HELMAN, H.; ANDREY, P. R. P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: UFMG, **Escola de Engenharia: Fundação Christiano Ottoni**, 1995. v. 11

HERMIDA, Daniel Rodamilans Garcia. **Aplicação da curva ABC para redução dos custos de armazenagem e aprimoramento da gestão de estoque de uma empresa de manutenção do norte do Paraná**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HO, W. et al. Failure mode and effect analysis: a literature review and classification. **Expert Systems with Applications**, v. 95, p. 1-15, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - **IBRAM**. **Economia Mineral** 2020. Disponível em: <http://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2020/01/numeros-jan2020.pdf>. Acesso em: 28 de abril de 2024.

J. I. P. M – Japanese Institute of Plant Maintenance. **TPM frequently asked questions**. 2002. Disponível em: [https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620\\_2.pdf](https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620_2.pdf). Acesso em 22 mar 2024.

JOO, B., KIM, S., KIM, S., et al., “FMEA for the reability of hydroformed flanged part for automotive application”, **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 27, n. 1, pp. 63-67, 2013.

KLUN, Monika; TRKMAN, Peter. Business process management—at the crossroads. **Business Process Management Journal**, v. 24, n. 3, p. 786-813, 2018.

KOHLBACHER, Markus. The effects of process orientation: a literature review. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 1, p. 135-152, 2010.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas 2003.

LETTI, G. C; GOMES L. C. Curva ABC: Melhorando o gerenciamento de estoques de produtos acabados para pequenas empresas distribuidoras de alimentos. **Update**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 66-86, jul. /dez. 2014.

LEU, S.-S., CHANG, C.-M., “Bayesian-network-based safety risk assessment for construction projects”, **Accidents Analysis and Prevention**, v. 54, pp. 122-133, 2013.

LIMA, P. F. A., FRANZ, L. A. S, AMARAL, F. G. Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo. **XIII SIMPEP**, Bauru, SP, 2006.

LONGARAY, A. A.; PEREIRA JR., E. F. Z.; MUNHOZ, P. R.; TONDOLO, V. G. Proposals for redesigning processes and the role of organizational teams: an analysis of scientific production in the light of bibliometrics. **Sistemas & Gestão**, v. 13, n. 2, p. 246-25, 2018.

LOURENÇO, Karina Gomes; CASTILHO, Valéria. Classificação ABC dos materiais: uma ferramenta gerencial de custos em enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 59, p. 52-55, 2006.

MACIEL, Aurélio Maciano dos Santos. **Aplicação das ferramentas FTA e FMEA como suporte para a gestão da manutenção em impressoras de textura: um estudo de caso**. 2019.

MARTINS, Petrônio; ALT, Paulo. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MELLO, C. (2009). SILVA da CES; TURRIONI, JB; SOUZA de LGM ISO 9001: 2008 – **Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviço**. São Paulo: Atlas.

OLIVEIRA, Ualison Rebulá de; PAIVA, Emerson José de; ALMEIDA, Dagoberto Alves de. **Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas**. São Paulo, 28 jun. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop\\_200701003.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop_200701003.pdf). Acesso em: 25 MAR. 2024.

PAIM, R.; CARDOSO, V.; CAULLIRAUX, H.; CLEMENTE, R. **Gestão de processos: pensar, agir e aprender**. Porto Alegre, Bookman: 2009.

PALADINI, E. P. **Avaliação estratégica da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PALADY, Paul. FMEA: **Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Prevendo e Prevenindo Problemas antes que ocorram**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004

PALLEROSI, C. A., MAZZOLINI, B. P. M., MAZZOLINI, L. R. **Confiabilidade Humana: conceitos, análises, avaliação e desafios.** All Print, São Paulo, 2011.

PEINADO, J; GRAEML, A. R. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços.** Unicenp, 2007.

PEREIRA, Thaís de Souza. **O uso de ferramentas da qualidade na melhoria dos processos em mineradoras.** 2023.

RIBEIRO, Kauã Vasconcelos et al. Aplicação das ferramentas da qualidade em uma microempresa de reparação e manutenção de computadores e de equipamentos periféricos. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 10, p. 17598-17609, 2023.

ROCHA, H.; BARRETO, J.; AFFONSO, L. **Mapeamento e modelagem de processos.** Porto Alegre: SAGAH, 2017.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Learning to See: the lean enterprise institute.** USA: MA, 2000.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - UFSC, Florianópolis, 2001.

SCAPIN, C. A. **Análise sistêmica de falhas.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial. 1999.

SEGATTO, M; PÁDUA, S. I. D.; MARTINELLI, D. P. Business process management: a systemic approach? **Business Process Management Journal**, v. 19, n. 4, p. 698-714, 2013.

SOUSA, R. S. de, & LOOS, M. J. (2020). Aplicação do Ciclo PDCA e ferramentas da qualidade na redução de custos e perdas em uma distribuidora de hortifruti. **Journal of Perspectives in Management**, 4, 68–83

SPIAZZI, Sendi Chiapinotto; BATTISTELLA, Luciana Flores. Gestão de processos de comunicação em instituições federais de ensino superior: um estudo de campo na Universidade Federal de Santa Maria. **Revista de Ciências da Administração**, v. 21, n. 54, p. 145-160, 2020.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VALERIUS, M. B. 2014. 105 f. **Cadastro e Análise do Potencial de Risco das Barragens de Rejeitos de Mineração do Estado de Goiás.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

VIANA, João José. **Administração de materiais: um enfoque prático.** São Paulo: Atlas, 2010.

VILLELA, Cristiane da Silva Santos et al. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional.** 2000.

## APÊNDICE A – RELATÓRIO DE PARADAS

SETEMBRO			OUTUBRO		
MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO DE PARADA	MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO DE PARADA
<b>A</b>	ROSCA	32:31:46	<b>A</b>	ROSCA	104:33:19
	REDUTOR	27:03:10		REDUTOR	06:15:20
	ALIMENTADOR	19:03:38		ALIMENTADOR	21:28:47
	EIXO HORIZONTAL	14:08:39		EIXO HORIZONTAL	00:00:00
	EXAUSTOR	12:05:53		EXAUSTOR	00:22:01
	ACIONAMENTO	07:34:52		ACIONAMENTO	00:00:00
	ESTEIRA	06:19:37		ESTEIRA	09:02:37
	LUBRIFICAÇÃO	02:37:30		LUBRIFICAÇÃO	00:00:00
	SEPARADOR	00:58:41		SEPARADOR	00:00:00
	PÊNDELA	00:49:24		PÊNDELA	04:25:22
	ELEVADOR	00:38:22		ELEVADOR	54:11:24
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00		ACOPLAMENTO PRINCIPAL	12:35:20
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00		VÁLVULA DO CICLONE	07:15:36
	MOINHO MARTELO	00:00:00		MOINHO MARTELO	01:51:13
	CIZALHAMENTO	00:00:00		CIZALHAMENTO	00:00:00
	FILTRO	00:00:00		FILTRO	00:00:00
	SILO	00:00:00		SILO	00:00:00
	INVERSOR	00:00:00		INVERSOR	00:00:00
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00		BOMBA DE ÓLEO	00:00:00
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00		VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00
ANEL	00:00:00	ANEL	00:00:00		
CICLONE	00:00:00	CICLONE	00:00:00		
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00		

MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO
<b>B</b>	ROSCA	32:06:25	<b>B</b>	ROSCA	63:31:50
	REDUTOR	01:35:06		REDUTOR	52:06:29
	ALIMENTADOR	02:49:57		ALIMENTADOR	09:00:44
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00		EIXO HORIZONTAL	00:00:00
	EXAUSTOR	00:00:00		EXAUSTOR	00:55:42
	ACIONAMENTO	05:47:38		ACIONAMENTO	00:00:00
	ESTEIRA	05:56:39		ESTEIRA	10:29:42
	LUBRIFICAÇÃO	01:25:15		LUBRIFICAÇÃO	00:00:00
	SEPARADOR	00:00:00		SEPARADOR	00:00:00
	PÊNDELA	00:00:00		PÊNDELA	04:27:59
	ELEVADOR	02:16:45		ELEVADOR	39:58:31
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00		ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00		VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00
	MOINHO MARTELO	00:00:00		MOINHO MARTELO	02:43:39
	CIZALHAMENTO	00:00:00		CIZALHAMENTO	00:00:00
	FILTRO	00:00:00		FILTRO	01:43:54
	SILO	00:00:00		SILO	00:00:00
	INVERSOR	00:00:00		INVERSOR	00:00:00
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00		BOMBA DE ÓLEO	00:00:00
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00		VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00
ANEL	00:00:00	ANEL	00:00:00		
CICLONE	00:00:00	CICLONE	02:02:32		
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	PORTA DA CAIXA DE AR	00:57:17		

MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO
<b>C</b>	ROSCA	04:32:12	<b>C</b>	ROSCA	85:51:22
	REDUTOR	00:00:00		REDUTOR	00:00:00
	ALIMENTADOR	02:19:56		ALIMENTADOR	05:49:22
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00		EIXO HORIZONTAL	00:00:00
	EXAUSTOR	00:16:50		EXAUSTOR	78:53:38
	ACIONAMENTO	07:30:31		ACIONAMENTO	02:39:15
	ESTEIRA	05:26:43		ESTEIRA	08:40:10
	LUBRIFICAÇÃO	02:17:38		LUBRIFICAÇÃO	00:00:00
	SEPARADOR	00:52:41		SEPARADOR	06:01:25
	PÊNDELA	04:47:59		PÊNDELA	00:00:00
	ELEVADOR	00:00:00		ELEVADOR	56:36:58
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	01:39:04		ACOPLAMENTO PRINCIPAL	04:38:47
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00		VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00
	MOINHO MARTELO	00:00:00		MOINHO MARTELO	05:27:41
	CIZALHAMENTO	07:43:17		CIZALHAMENTO	00:00:00
	FILTRO	01:47:02		FILTRO	01:37:59
	SILO	01:10:21		SILO	00:00:00
	INVERSOR	00:00:00		INVERSOR	01:30:49
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00		BOMBA DE ÓLEO	00:00:00
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00		VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00
	ANEL	00:00:00		ANEL	00:00:00
CICLONE	00:00:00	CICLONE	00:00:00		
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00		

MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO
<b>D</b>	ROSCA	04:22:39	<b>D</b>	ROSCA	84:06:48
	REDUTOR	03:49:57		REDUTOR	00:00:00
	ALIMENTADOR	01:58:45		ALIMENTADOR	08:57:43
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00		EIXO HORIZONTAL	00:00:00
	EXAUSTOR	00:00:00		EXAUSTOR	00:41:16
	ACIONAMENTO	00:00:00		ACIONAMENTO	00:00:00
	ESTEIRA	06:29:09		ESTEIRA	00:00:00
	LUBRIFICAÇÃO	03:13:40		LUBRIFICAÇÃO	00:00:00
	SEPARADOR	04:42:56		SEPARADOR	00:00:00
	PÊNDELA	06:38:55		PÊNDELA	01:48:42
	ELEVADOR	00:00:00		ELEVADOR	65:05:51
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00		ACOPLAMENTO PRINCIPAL	10:23:09
	VÁLVULA DO CICLONE	00:29:24		VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00
	MOINHO MARTELO	00:00:00		MOINHO MARTELO	03:09:34
	CIZALHAMENTO	00:00:00		CIZALHAMENTO	00:00:00
	FILTRO	00:00:00		FILTRO	00:00:00
	SILO	01:10:36		SILO	00:00:00
	INVERSOR	08:43:20		INVERSOR	01:35:24
	BOMBA DE ÓLEO	03:02:11		BOMBA DE ÓLEO	00:00:00
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00		VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00
	ANEL	00:00:00		ANEL	31:14:35
CICLONE	00:00:00	CICLONE	00:24:41		
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00		

<b>NOVEMBRO</b>			
<b>MOINHO</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>SOMA DE TEMPO DE PARADA</b>	<b>TEMPO TOTAL DE PARADA</b>
<b>A</b>	ROSCA	58:07:26	<b>195:12:31</b>
	REDUTOR	00:00:00	<b>33:18:30</b>
	ALIMENTADOR	07:26:05	<b>47:58:30</b>
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00	<b>14:08:39</b>
	EXAUSTOR	00:00:00	<b>12:27:54</b>
	ACIONAMENTO	00:00:00	<b>7:34:52</b>
	ESTEIRA	09:00:46	<b>24:23:00</b>
	LUBRIFICAÇÃO	00:00:00	<b>2:37:30</b>
	SEPARADOR	02:17:16	<b>3:15:57</b>
	PÊNDULA	01:52:18	<b>7:07:04</b>
	ELEVADOR	01:10:21	<b>56:00:07</b>
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00	<b>12:35:20</b>
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00	<b>7:15:36</b>
	MOINHO MARTELO	00:00:00	<b>1:51:13</b>
	CIZALHAMENTO	00:00:00	<b>0:00:00</b>
	FILTRO	00:00:00	<b>0:00:00</b>
	SILO	00:00:00	<b>0:00:00</b>
	INVERSOR	00:00:00	<b>0:00:00</b>
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00	<b>0:00:00</b>
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00	<b>0:00:00</b>
ANEL	174:11:58	<b>174:11:58</b>	
CICLONE	00:00:00	<b>0:00:00</b>	
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	<b>0:00:00</b>	
<b>MOINHO</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>SOMA DE TEMPO</b>	<b>TEMPO TOTAL</b>

<b>B</b>	ROSCA	59:05:40	154:43:55
	REDUTOR	00:00:00	53:41:35
	ALIMENTADOR	00:09:28	12:00:09
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00	0:00:00
	EXAUSTOR	00:00:00	0:55:42
	ACIONAMENTO	00:00:00	5:47:38
	ESTEIRA	06:21:50	22:48:11
	LUBRIFICAÇÃO	00:00:00	1:25:15
	SEPARADOR	00:11:23	0:11:23
	PÊNDELA	03:58:58	8:26:57
	ELEVADOR	07:01:12	49:16:28
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00	0:00:00
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00	0:00:00
	MOINHO MARTELO	07:56:17	10:39:56
	CIZALHAMENTO	00:00:00	0:00:00
	FILTRO	00:31:22	2:15:16
	SILO	00:00:00	0:00:00
	INVERSOR	00:00:00	0:00:00
	BOMBA DE ÓLEO	01:36:03	1:36:03
	VÁLVULA ENSACAMENTO	00:00:00	0:00:00
	ANEL	00:00:00	0:00:00
	CICLONE	00:00:00	2:02:32
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	0:57:17	

MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	TEMPO TOTAL
<b>C</b>	ROSCA	07:44:44	98:08:18
	REDUTOR	00:00:00	0:00:00
	ALIMENTADOR	00:00:00	8:09:18
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00	0:00:00
	EXAUSTOR	00:00:00	79:10:28
	ACIONAMENTO	00:45:42	10:55:28
	ESTEIRA	08:04:39	22:11:32
	LUBRIFICAÇÃO	00:00:00	2:17:38
	SEPARADOR	00:00:00	6:54:06
	PÊNDULA	00:00:00	4:47:59
	ELEVADOR	06:30:10	63:07:08
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00	6:17:51
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00	0:00:00
	MOINHO MARTELO	09:50:25	15:18:06
	CIZALHAMENTO	00:00:00	7:43:17
	FILTRO	00:25:07	3:50:08
	SILO	00:00:00	1:10:21
	INVERSOR	01:30:26	3:01:15
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00	0:00:00
	VÁLVULA ENSACAMENTO	05:37:44	5:37:44
ANEL	00:00:00	0:00:00	
CICLONE	00:00:00	0:00:00	
PORTA DA CAIXA DE AR	00:25:03	0:25:03	
MOINHO	COMPONENTES	SOMA DE TEMPO	TEMPO TOTAL
<b>D</b>	ROSCA	09:15:50	97:45:17
	REDUTOR	00:00:00	3:49:57

	ALIMENTADOR	03:55:37	14:52:05
	EIXO HORIZONTAL	00:00:00	0:00:00
	EXAUSTOR	00:00:00	0:41:16
	ACIONAMENTO	01:27:32	1:27:32
	ESTEIRA	03:59:50	10:28:59
	LUBRIFICAÇÃO	00:00:00	3:13:40
	SEPARADOR	00:00:00	4:42:56
	PÊNDULA	00:00:00	8:27:37
	ELEVADOR	05:29:56	70:35:47
	ACOPLAMENTO PRINCIPAL	00:00:00	10:23:09
	VÁLVULA DO CICLONE	00:00:00	0:29:24
	MOINHO MARTELO	03:56:06	7:05:40
	CIZALHAMENTO	00:00:00	0:00:00
	FILTRO	00:00:00	0:00:00
	SILO	00:00:00	1:10:36
	INVERSOR	00:41:19	11:00:03
	BOMBA DE ÓLEO	00:00:00	3:02:11
	VÁLVULA ENSACAMENTO	02:19:08	2:19:08
	ANEL	23:52:31	55:07:06
	CICLONE	00:00:00	0:24:41
PORTA DA CAIXA DE AR	00:00:00	0:00:00	