



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO  
PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**



**IMPLANTAÇÃO EFETIVA DE UM SISTEMA DE CONTROLE DOS  
TEMPOS DE PARADAS OPERACIONAIS NA BRITAGEM DE UMA  
USINA POLIMETÁLICA E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE  
GESTÃO PARA ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO**

**JOAN KAYK DE OLIVEIRA FERREIRA**

Ouro Preto - MG

2020

**JOAN KAYK DE OLIVEIRA FERREIRA**

**IMPLANTAÇÃO EFETIVA DE UM SISTEMA DE CONTROLE DOS TEMPOS DE PARADAS OPERACIONAIS NA BRITAGEM DE UMA USINA POLIMETÁLICA E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas. **Área de concentração:** Usina de beneficiamento de Zinco e Chumbo

Orientador: Prof. Dr. Hernani Mota Lima  
Coorientador: Eng. de Minas Pedro Henrique Lopes Nascimento

Ouro Preto - MG

2020

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F383i Ferreira, Joan Kayk De Oliveira .  
Implantação efetiva de um sistema de controle dos tempos de  
paradas operacionais na britagem de uma usina polimetálica e aplicação  
de ferramentas de gestão para análise e otimização do processo.  
[manuscrito] / Joan Kayk De Oliveira Ferreira. - 2020.  
44 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Hernani Mota Lima.  
Coorientador: Pedro Henrique Lopes Nascimento.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Beneficiamento de minério - Britagem. 2. Controle de processo -  
Minas e mineração. 3. Minas e recursos minerais - Custo operacional. I.  
Lima, Hernani Mota. II. Nascimento, Pedro Henrique Lopes. III.  
Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 622.73

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 06 dias do mês de março de 2020, às 09h00min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas DEMIN/EM, no Campus Universitário Morro do Cruzeiro, foi realizada a defesa da Monografia de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado **“IMPLANTAÇÃO EFETIVA DE UM SISTEMA DE CONTROLE DOS TEMPOS DE PARADAS OPERACIONAIS NA BRITAGEM DE UMA USINA POLIMETÁLICA E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO”**, pelo aluno **Joan Kayk de Oliveira Ferreira**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof. Dr. Hernani Mota de Lima (orientador)**, **Eng.º de Minas Lucas Bianchetti Drumond** e **Eng.º de Minas Igor Carneiro Abreu**.

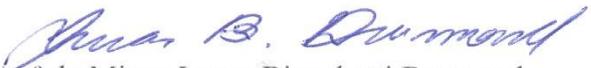
Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou pela *aprovação* do candidato, com a nota *9,0* concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após o depósito, no site do Repositório UFOP, da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pela discente.

Ouro Preto, 06 de março de 2020.

  
Prof. Dr. Hernani Mota de Lima  
Presidente da Comissão Avaliadora e Orientador

  
Eng.º de Minas Lucas Bianchetti Drumond  
Membro da Comissão Avaliadora

  
Eng.º de Minas Igor Carneiro Abreu  
Membro da Comissão Avaliadora

  
Joan Kayk de Oliveira Ferreira

  
Prof. Dr. José Fernando Miranda  
Professor responsável pela Disciplina Min 492 – Trabalho de Conclusão de Curso

Dedico este trabalho a minha família, em especial minha mãe, Josina, meu Padrasto e minhas irmãs por todo apoio e compreensão ao longo dessa jornada. Aos meus amigos pela ajuda e apoio em diversos momentos e equipe do beneficiamento da Nexa de Morro Agudo pelo suporte e ensinamentos.

*“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia. ”*

William Edwards Deming

## RESUMO

As paradas de produção impactam drasticamente na entrega dos resultados das mineradoras, e o correto mapeamento dessas paradas, sejam elas devido a manutenções eletromecânicas ou operacionais, permite a construção de indicadores assertivos e direcionamento para atuação nas causas raízes do problema. O presente trabalho teve seu escopo definido a partir do mapeamento de todas as paradas do circuito de britagem do complexo Morro Agudo da Nexa de forma macro e seleção de um problema a ser atacado com soluções que não envolvam custos. A coleta de informações foi feita utilizando o *Software Access* e as análises por meio do Excel e ferramentas de gestão, tais como gráficos de Pareto, relatórios para gestão à vista, diagrama *Ishikawa* e a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*). Os motivos selecionados foram as paradas devido as trocas de turno. Com a correta identificação das causas raízes, foram aplicadas mudanças na rotina operacional, de modo que reduziu-se no primeiro mês aproximadamente 7,0% do tempo de paradas operacionais devido à troca de turno em relação ao tempo total e redução de 75% do tempo em relação as trocas de turno.

**Palavras Chave:** Britagem; Gestão de Indicadores de Performance; Melhoria Operacional;

## **ABSTRACT**

Production shutdowns have a drastic impact on the delivery of results in mining companies, and the correct mapping of these shutdowns, whether due to electromechanical maintenance or operational causes, allows the construction of assertive indicators and direction to act on the root causes of the problem. The present work had its scope defined from the mapping of all stops of the crushing circuit of the Morro Agudo of Nexa complex to the selection of a problem to be solved with solutions that do not involve increase in costs. The information was collected using the Software Access and analyzed using Excel and management tools, such as Pareto charts, reports for cash management, Ishikawa diagram and the DMAIC methodology. The selected reasons were stops due to shift changes. With the correct identification of the root causes, changes in the operational routine were applied. In the first month after the changes, it was possible to note that 7.0% of the time of operational stoppages, due to the change of shift, was reduced in relation to the total time and 75% reduction of the time in relation to shift changes.

**Key Words:** Crushing; Management of Performance Indicators; Operational Improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Britador de mandíbulas .....	16
Figura 2 - Diagrama de Ishikawa .....	22
Figura 3 - Unidade Nexa de Morro Agudo.....	26
Figura 4 - Localização Nexa- unidade Morro Agudo.....	27
Figura 5 - Fluxograma Nexa Morro Agudo .....	28
Figura 6 - Fluxograma da Britagem .....	28
Figura 7 - Estoque de minério bruto e pilha sobre alimentador de placas .....	30
Figura 8 - Britador cônico HP 400 .....	30
Figura 9 - Peneira vibratória e pilha de homogeneização .....	31
Figura 10 - Metodologia do trabalho .....	32
Figura 11 - Formulário de registro de paradas .....	33
Figura 12- Diagrama de Ishikawa para análise de causas raízes .....	35
Figura 13 - Aplicação da metodologia DMAIC .....	36
Figura 14 - Diagrama das causas raízes das paradas para trocas de turno .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Unidades Nexa Resources .....	25
Tabela 2 - Ganhos previstos para 2020 em dólares americanos .....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de Pareto .....	24
Gráfico 2 - Pareto de paradas para manutenção .....	34
Gráfico 3 - Pareto de paradas operacionais .....	34
Gráfico 4 - Pareto de paradas operacionais da britagem de 2019 .....	37
Gráfico 5 - Pareto de paradas operacionais após mudanças .....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	14
1.2	OBJETIVOS .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	BRITAGEM.....	15
<b>2.1.1</b>	<b>Britagem Primária .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Britagem Secundária .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Britagem Terciária .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Peneiramento.....</b>	<b>17</b>
2.2	INDICADORES OPERACIONAIS (KEY PERFORMANCE INDICATORS) .....	17
<b>2.2.1</b>	<b>Disponibilidade Física (DF).....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Utilização Física (UF) .....</b>	<b>18</b>
2.3	GESTÃO À VISTA .....	19
<b>2.3.1</b>	<b>Definição e Princípios .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Dashboards .....</b>	<b>19</b>
2.4	CONTROLE HISTÓRICO DE INFORMAÇÃO.....	20
<b>2.4.1</b>	<b>A Importância da Gestão de Informações .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Banco de Dados Access.....</b>	<b>21</b>
2.5	DIAGRAMA ISHIKAWA .....	21
2.6	METODOLOGIA DMAIC.....	22
<b>2.6.1</b>	<b>Definição .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Medir .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Analisar .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Melhorar .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.5</b>	<b>Controlar .....</b>	<b>23</b>
2.7	DIAGRAMA DE PARETO.....	24
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	NEXA RESOURCES - MORRO AGUDO .....	25
3.2	LOCALIZAÇÃO .....	26
3.3	FLUXOGRAMA DA UNIDADE MORRO AGUDO .....	27
<b>3.3.1</b>	<b>Fluxograma da Britagem .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Equipamentos e Operação da Britagem .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Descrição das Atividades e Operação da Britagem .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
4.1	PASSO 1: LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES .....	33
4.2	PASSO 2: TRATAMENTO DOS DADOS E APRESENTAÇÃO PARA A LIDERANÇA.....	34
4.3	PASSO 3: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA A SER TRATADO .....	35
4.4	PASSO 4: ANÁLISE DE CAUSA .....	35
4.5	PASSO 5: APLICAÇÃO DAS AÇÕES .....	35
4.6	CIRCUITO DMAIC APLICADO .....	36
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
5.1	TEMPO DE TROCA DE TURNO .....	38
5.2	MUDANÇAS PARA FALTA DE OPERADOR DE CARREGADEIRA .....	39
5.3	COMUNICAÇÃO COM A MINA.....	39
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>42</b>
6.1	CONCLUSÃO .....	42
6.2	RECOMENDAÇÕES .....	42
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

# 1 INTRODUÇÃO

No ambiente corporativo, os motivadores das equipes de trabalho giram em torno da redução de custos e aumento de produtividade, garantindo assim, resultados positivos no saldo econômico. Na mineração não é diferente, sendo de extrema importância identificar qualquer oportunidade de melhoria e definir ações que possam gerar retorno, ou mesmo, propiciar melhores condições de trabalho.

Para que ocorra uma boa gestão pela liderança, ter um histórico de informações preciso e pertinente, auxilia na tomada de decisões assertivas. Para trabalhar esses pontos e verificar por meio de indicadores de desempenho o que funciona ou não, o mercado dispõe de diferentes ferramentas de gestão e metodologias (5W2H, PDCA, Gestão à vista, Diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto, entre outros), cabendo identificar qual(is) melhor(es) se adapta(m) ao problema tratado ou a realidade da organização.

Com as ferramentas adequadas e problemas identificados, capacitar os liderados garante estabilidade e aumento de resultados, além de motivar as equipes a buscar a excelência no dia a dia de trabalho.

Na busca por melhoria do desempenho das empresas, o comprometimento das equipes e mudanças culturais são de grande importância. Engajar as equipes operacionais é papel indispensável da liderança, uma vez que o envolvimento apropriado torna as equipes motivadas e responsáveis ao assegurar a execução e otimização dos processos.

Dentro destas considerações, identificar nas etapas iniciais de cominuição e classificação de minério, mais especificamente na britagem e peneiramento, oportunidades de otimização de tempo e melhoria de produtividade sem geração de custos é convenientemente aceito e aplicável por meio da mudança de cultura e hábitos.

A coleta e tratamento das informações foi feita utilizando os softwares Access e Excel, respectivamente. Utilizando as ferramentas e metodologias de gestão, foi construído um histórico de informação e apresentado regularmente a liderança. Utilizando a análise histórica foi possível identificar que algumas paradas de produção se davam por motivos recorrentes, sendo que parte destas correspondiam as trocas de turno da operação e com o auxílio da análise de causas raízes foi possível chegar nas causas iniciais. Com a identificação e mapeamento do problema, o passo seguinte foi propor e aplicar medidas de otimização que não envolviam custos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na empresa em questão, ocorrem várias paradas não planejadas que afetam significativamente o tempo de operação do beneficiamento mineral, logo, conhecer e reduzir esse tempo de paradas impacta diretamente no aumento de tempo de produção.

As paradas não eram historicamente mapeadas, de modo que não haviam informações antecedentes suficientes para buscar identificar a recorrência e causas raízes dos problemas, além de não ser possível mensurar com precisão o quanto essas paradas impactavam na produção, existindo assim a necessidade de criar um banco de dados confiável para guardar esse histórico.

Identificados e registrados historicamente os fatores que causam as paradas, uma atuação assertiva em acordo com a realidade da empresa e com o planejamento econômico, na solução dos problemas, se tornou necessária. Dentre os pontos que causam as paradas operacionais, resolver os problemas que não envolviam custos foi definido como prioridade. Alguns apresentam possibilidade de solução por meio da otimização na execução de atividades rotineiras da operação, ou mesmo, falta de alinhamento junto a liderança e/ou outras áreas de trabalho.

## 1.2 OBJETIVOS

De modo geral, o objetivo do trabalho é implantar de forma efetiva um sistema de controle dos tempos de paradas operacionais na britagem de uma usina polimetálica e aplicar ferramentas de gestão para análise e otimização do processo.

Para atingir o objetivo geral, uma série de etapas precisam ser alcançadas, sendo elas a implantação do sistema de lançamentos de dados sobre paradas operacionais com posterior acompanhamento da qualidade dos lançamentos. A partir das informações coletadas fazer o tratamento e análise dos dados para elaboração de relatórios gerenciais semanais a fim de expor os principais problemas por meio de gráficos de Pareto.

Com os resultados dessas análises realizadas e discussões com a liderança, buscar identificar, por meio de análise histórica e simulação, as oportunidades de melhorias do processo. Sendo especificados os distúrbios de maior impacto e com soluções que não envolvam custos, propor a aplicação de ferramentas de gestão na solução destes problemas, de modo que otimizem os processos, reduzindo o tempo ocioso e atrasos operacionais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 BRITAGEM**

Segundo Luz et. al (2018) as operações de fragmentação têm por objetivo reduzir determinado tamanho de um sólido em tamanho específico, de forma a liberar os minerais de interesse dos minerais de ganga, garantindo assim atender a qualidade nas operações de beneficiamento de minérios. Esse conjunto de técnicas se dá principalmente por ação mecânica, externa ou interna.

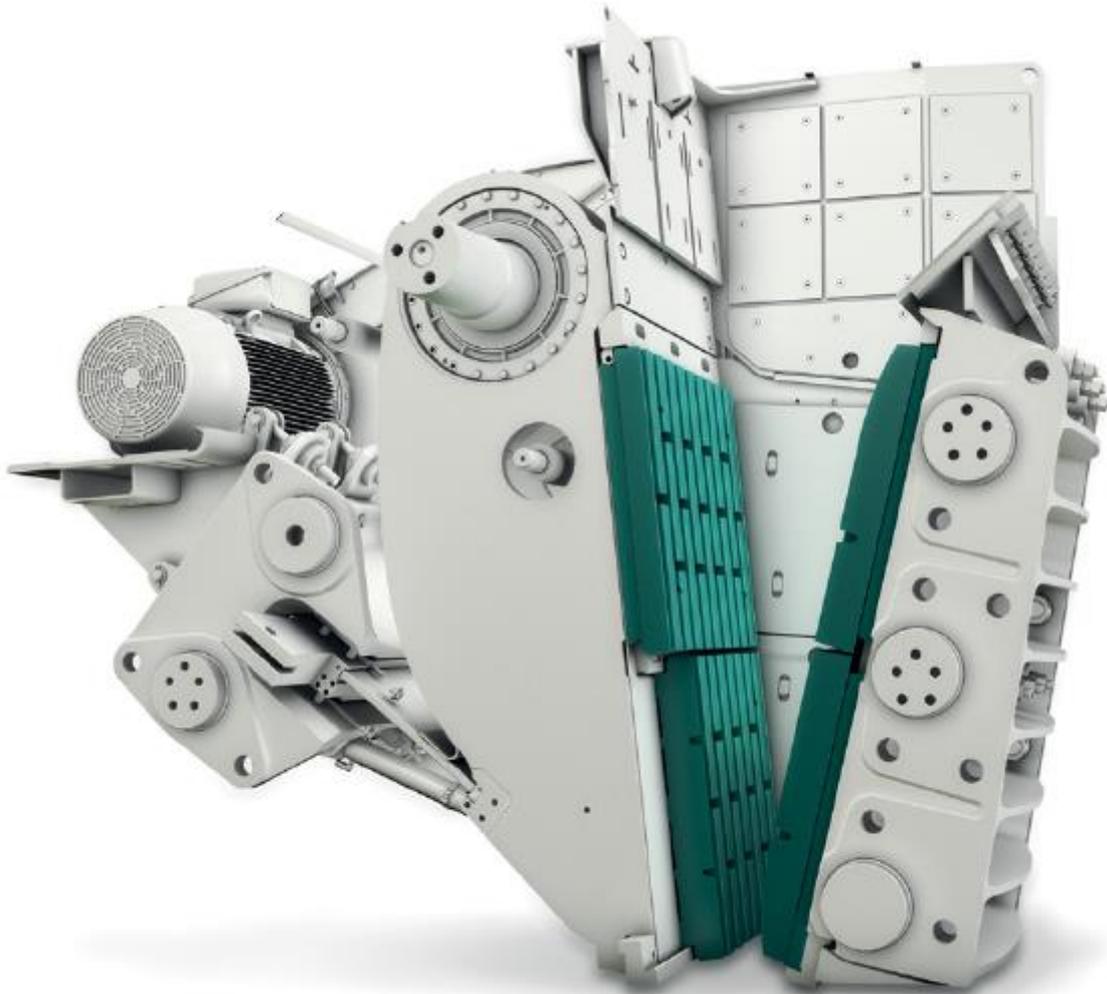
Ainda segundo Luz et. al (2018), até que o material esteja adequado ao processo industrial, ele passa por diversos estágios de fragmentação, que vão desde a mina onde são desmontados os blocos de rochas, seguido da britagem, etapa que se repete várias vezes devido a quantidade de equipamentos e modos de operação, até que o produto da britagem esteja com a granulometria ideal para o processo de moagem, etapa de fragmentação fina. Percorrido todo esse circuito temos o produto adequado a concentração ou processo industrial específico.

#### **2.1.1 Britagem Primária**

Segundo Luz et. al (2018) na etapa de britagem primária são empregados os britadores de grande porte, equipamentos que operam sempre em circuito aberto e sem o descarte ou escalpe do material fino alimentado. Nessa etapa temos como principais britadores, os de rolos dentados, britadores giratórios, britadores de impacto e os de mandíbula, que serão tratados neste trabalho.

O britador de mandíbulas é robusto e com o princípio de britagem baseado na compressão do material, por uma mandíbula fixa e uma móvel, como pode ser notado na Figura 1. Integrando a primeira etapa do circuito de britagem.

**Figura 1-** Britador de mandíbulas



**Fonte:** Metso (2017)

### **2.1.2 Britagem Secundária**

Segundo Luz et. al (2018), a britagem secundária, em âmbito geral, trata-se das etapas subsequentes a britagem primária. E tem por objetivo, na maioria dos casos, a redução granulométrica do material para a etapa de moagem. É um estágio da britagem que conta com o escalpe, operação que tem por finalidade separar a fração fina que será direcionada a moagem.

Ainda segundo Luz et. al (2018), os britadores que operam como secundários são tão robustos quanto os que operam como primários, diferindo apenas em dimensões. E os principais equipamentos utilizados são: britador giratório secundário, britador de martelo, britador de rolos, britador de mandíbulas secundário e britador cônico.

### 2.1.3 Britagem Terciária

Segundo Luz et. al (2018), a britagem terciária é, na maioria dos casos, a última etapa de britagem do material. Sendo os britadores cônicos os equipamentos mais utilizados, operando em circuito fechado, além de ser equipamentos que exigem maior controle em seu funcionamento.

Nessa etapa de rebritagem com operação em circuito fechado é comum a utilização do britador em conjunto com o peneiramento, para classificação do material, uma vez que o material fora de especificação retorna ao britador terciário.

### 2.1.4 Peneiramento

Segundo Correia e Couto (2018), o peneiramento trata-se do processo de separação de um material em duas ou mais classes, estando limitados a uma superior e uma inferior. Sendo conhecidos como *oversize*, o material retido na peneira, e *undersize*, o passante.

Correia e Couto (2018) categorizam os equipamentos utilizados para peneiramento em 3 tipos: Grelhas, crivos e telas, podendo eles ainda serem diferenciados em móveis e fixos.

As grelhas são formadas por barras paralelas espaçadas regularmente entre si;

Os crivos são formados por chapas metálicas planas ou curvas, perfuradas com furos de diversos diâmetros, formas e espaçamentos;

As telas são constituídas por fios metálicos trançados em duas direções ortogonais, deixando entre si aberturas de dimensões determinadas, podendo estar no formato quadrado ou retangular.

No sistema em questão, o peneiramento está localizado após a britagem secundária e trabalha em circuito fechado com a britagem terciária, de modo a garantir que o material esteja com as características granulométricas para alimentação da moagem.

## 2.2 INDICADORES OPERACIONAIS (KEY PERFORMANCE INDICATORS)

Os indicadores de performance, KPI's, sigla em inglês para Key Performance Indicator ou ainda, Indicadores-Chave de desempenho são medidas que mostram os resultados de processo, operação ou equipamento em relação a uma expectativa ou objetivo.

Buscando entender se os objetivos estão sendo atingidos e a necessidade de adotar medidas corretivas, Junior et al (2018) caracterizou os KPI's como uma ferramenta de medição de desempenho dos setores de forma quantitativa. E tem por objetivos medir o que está sendo

executado, de que forma está sendo executado e traduzindo em dados reais o desempenho de um determinado processo. Tais Indicadores devem ser selecionados de forma assertiva a fim de garantir que as informações sejam mensuráveis, precisas, confiáveis e utilizáveis para implementação de ações corretivas quando o desempenho não está satisfatório ou para melhorar a eficácia e eficiência da situação em análise.

Junior et al (2018) ainda pondera que a correta escolha dos Indicadores faz com que, juntos, eles se complementem e formem um relatório informativo indispensável para tornar evidentes os pontos positivos e negativos do trabalho realizado, exibindo as melhores formas de otimiza-lo e facilitando a tomada de decisões das lideranças.

Dentre os indicadores utilizados para acompanhar o funcionamento e a utilização dos equipamentos na indústria, os que relacionam a manutenção e a operação são a Disponibilidade Física e a Utilização Física, respectivamente abreviados em DF e UF.

### **2.2.1 Disponibilidade Física (DF)**

Viana (2006) define disponibilidade física (DF) como o percentual de dedicação para operação de um equipamento ou uma planta em relação as horas totais do período, ou seja, a disponibilidade é a relação entre as horas trabalhadas e às horas totais do período. Reforçando que esse índice é de fundamental importância para monitorar e garantir que os equipamentos disponibilizem o maior número de horas possíveis para operação. Além de possibilitar verificar o comportamento operacional das máquinas, identificando os equipamentos que apresentam mais problemas.

$$DF = HD/HP \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

HD é a Hora Disponível para Operação, ou seja, o equipamento não está em manutenção.

HP é o tempo máximo programado para operação, ou seja, a quantidade máxima de horas que o equipamento poderia operar.

### **2.2.2 Utilização Física (UF)**

Analogamente ao conceito de DF, temos a utilização física (UF), indicador chave que trata a análise temporal dos equipamentos que estão disponíveis para operação e não são utilizados. Ou seja, é o indicador que visa traduzir a relação do tempo em que o equipamento estava dedicado a operar no processo dentre as horas totais disponíveis para a operação.

$$UF = HT/HD \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

HT é o tempo total em horas que o equipamento operou.

## 2.3 GESTÃO À VISTA

### 2.3.1 Definição e Princípios

Para Mello (1998) a gestão à vista trata-se de uma forma de comunicação que pode ser observada por qualquer um que trabalha em uma dada área, qualquer um que esteja de passagem por esta área e para qualquer um onde a informação esteja visível. Ou seja, é aquela comunicação que está disponível em uma linguagem acessível para todos aqueles que possam vê-la, trazendo uma nova luz e uma nova vida à cultura no local de trabalho, através do compartilhamento das informações. Sendo reforçado por Packer e Suski (2010) que trata-se de uma estratégia de traduzir e transformar [a informação] em comunicação acessível (visual), compreensível, transparente e que direcione os funcionários para ação baseado na estratégia do negócio (foco).

Packer e Suski (2010) ainda colocam que a informação acessível, visível, atraente, clara e abrangendo o maior número de pessoas possível dentro da organização é também capaz de facilitar o trabalho diário e aumentar o desejo de trabalhar com maior produtividade, gastando menos e fazendo com maior qualidade. O compartilhamento de informações torna-se uma questão de cultura e reforça a autonomia dos funcionários, incentivando a participação.

### 2.3.2 Dashboards

Dashboard é um termo inglês, que significa painel de bordo, mas que pode ser traduzido como painel de indicadores. Resumidamente é uma ferramenta de exibição visual de dados que apresenta o status atual das métricas e KPI's de uma empresa, facilitando a compreensão das informações. (Project Builder, 2017).

No atual cenário de gestão, a tomada de decisão rápida é fundamental. E essa ferramenta visual simplifica o entendimento de como está o andamento dos resultados, permitindo qualquer pessoal compreender a informação.

A equipe Project Builder (2017) mapeia algumas especificações dos dashboards, sendo elas:

- Auxílio na tomada de decisão;

- Visualização rápida dos principais indicadores de uma empresa, área ou setor;
- Apresentação de informações em tela única;
- Apresentação gráfica simples, objetiva e dinâmica;
- Utiliza recursos gráficos para dar maior eficácia na transmissão da informação;
- Relaciona informações diferentes em um único cenário, facilitando a interpretação;

No atual cenário corporativo, a gestão eficiente com os recursos tecnológicos e dinâmicos é de extrema importância, seja para facilitar o acompanhamento, seja para identificar oportunidades de melhoria. (Project Builder, 2017).

## 2.4 CONTROLE HISTÓRICO DE INFORMAÇÃO

### 2.4.1 A Importância da Gestão de Informações

Segundo Barbosa (2008), devido à crescente importância para as organizações contemporâneas, a informação e o conhecimento têm merecido, cada vez mais, a atenção de gestores, profissionais e pesquisadores. O contínuo desenvolvimento das tecnologias da informação da comunicação tem potencializado a produção e a disseminação de informações em escalas inimagináveis há pouco tempo atrás.

Barbosa (2008) ainda pondera que do lado da demanda, tanto para as pessoas quanto para as organizações, a obtenção e uso da informação tornam-se, cada vez mais, processos críticos para o seu desempenho. E a medida que os ambientes profissionais e de negócios se tornam mais complexos e mutantes, a informação se transforma, indiscutivelmente, em uma arma capaz de garantir a devida antecipação e análise de tendências, bem como a capacidade de adaptação, de aprendizagem e de inovação.

Segundo Braga (2000), a gestão moderna exige que a tomada de decisão seja feita com o máximo de informação. Sendo importante saber usar a informação e aprender novos modos de ver o recurso informação para que a empresa funcione melhor, isto é, para que se torne mais eficiente. Ainda segundo Braga apud Reis (2000), para que esta gestão de informação seja eficaz, é necessário que se estabeleçam um conjunto de políticas coerentes que possibilitem o fornecimento de informação relevante, com qualidade suficiente, precisa, transmitida para o local certo, no tempo correto, com um custo apropriado e facilidades de acesso por parte dos utilizadores autorizados.

Com o controle histórico de informações no ambiente de mineração, tem-se uma poderosa ferramenta para analisar e buscar o melhor desempenho, seja de equipamentos ou da operação.

É essencial mapear e identificar os principais problemas e a frequência que eles ocorrem, possibilitando assim atacar as causas raízes do problema. (Braga apud Reis, 2000)

#### **2.4.2 Banco de Dados Access**

O Microsoft Access é um sistema de gestão de base de dados (SGBD) relacional em ambiente gráfico (Windows), que possibilita ao utilizador o armazenamento, organização e gestão dos dados de uma forma simples e direta. (Abreu et al, 2011)

E com essa ferramenta consegue-se, de forma rápida, elaborar representações que ajudarão a acompanhar o rumo da própria atividade, permitindo, assim, tomar uma decisão de, eventualmente, alterar o rumo delineado. Podem-se também elaborar relatórios que filtram a informação, apresentando apenas os dados estritamente necessários, inviabilizando assim a apresentação de informação excedente que poderia provocar uma dispersão e consequente demora na retirada de conclusões. Com uma interface simples e recursos de design interativo que não requerem conhecimento da teoria sobre bases de dados, o Microsoft Access 2010 ajuda a registrar e controlar informações de modo rápido e fácil. Adaptado de: (Abreu et al, 2011).

De acordo com Abreu (2011), o Access 2010 permite compartilhar informações com outros colaboradores, onde se podem gerir, auditar e recuperar informações. Além de a estreita integração entre o Access 2010 e o Excel proporcionarem novas maneiras de criar, manter e distribuir informações.

### **2.5 DIAGRAMA ISHIKAWA**

O diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito ou ainda diagrama espinha de peixe é uma ferramenta da qualidade que tem como finalidade explorar e indicar todas as causas possíveis de uma condição ou um problema específico (Machado, 2012).

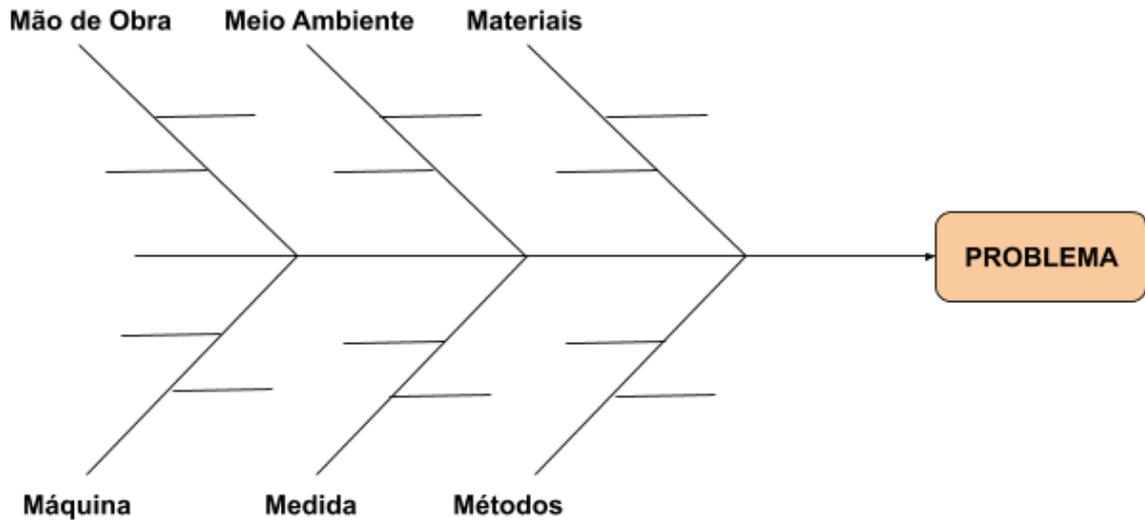
A metodologia foi desenvolvida por Kaoru Ishikawa em 1943, e segundo Machado (2012), a ferramenta busca mostrar a relação entre o efeito e todas as possíveis causas que poderiam contribuir para o determinado efeito, ou seja, as causas raízes do problema.

Comumente utilizado nas empresas para avaliar não conformidades, devido a sua praticidade. Além de ser uma ferramenta efetiva, pois eliminando as causas, elimina-se o problema.

A estrutura do diagrama para classificar as possíveis causas do problema são agrupadas em seis tipos diferentes, conforme criado por Kaoru e reforçado por Machado (2012), separando

em falhas: materiais, métodos, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas, conforme figura 2, abaixo.

**Figura 2** - Diagrama de Ishikawa



**Fonte:** Arquivo Próprio (2020)

## 2.6 METODOLOGIA DMAIC

Segundo Paladino (2008), DMAIC refere-se ao aperfeiçoamento do processo por meio da seleção correta dos processos que possam ser aperfeiçoados e das pessoas a serem treinadas para obter os resultados. DMAIC é um acrônimo para cinco fases interconectadas, que são: *Define* (Definir); *Measure* (medir); *Analyse* (analisar); *Improve* (aperfeiçoar) e *Control* (controlar). Sendo parte do processo para condução da metodologia *Seis Sigma*.

### 2.6.1 Definição

Segundo Palatino (2008), a etapa inicial consiste em definir quais são os requisitos dos clientes para poder traduzir essas demandas em um foco de solução. Com a equipe preparada, então deve-se desenhar os processos críticos, procurando identificar quais estão gerando resultados ruins e logo após, com a equipe reunida, realizar uma análise de custo-benefício para identificar claramente quais serão os ganhos que a atividade irá gerar.

Fraga (2019) coloca que essa primeira etapa é o momento em que se define o que se espera do projeto, avalia-se o histórico do problema, garantindo assim que haja clareza nos processos a serem seguidos até o fim do projeto.

### **2.6.2 Medir**

A etapa de medição consiste em conhecer e observar o cenário em que o projeto a ser executado está, pondera Fraga (2019). É necessário nessa etapa também levantar todas as causas potencias do problema e analisar a base de dados existente. Além de mapear as informações que são importantes, filtrá-las e priorizar é de suma importância, impactando diretamente nos resultados finais.

### **2.6.3 Analisar**

Nessa etapa são feitas as análises dos dados medidos para que se conheça o comportamento do processo. Fraga (2019) coloca que deve-se identificar as causas raízes que afetam o processo de forma significativa e geram discrepâncias no resultado de interesse. Podendo assim, por meio de recursos tais como gráficos, análises estáticas e ferramentas qualitativas comprovar os fatos e dados.

Essa etapa é de suma importância, pois é nesse momento que é feita a validação da causa priorizada na etapa anterior.

### **2.6.4 Melhorar**

Segundo Fraga (2019), nessa etapa é proposta a solução do problema, é feita a priorização, são feitos os testes e por fim se executa. Para cada causa comprovada na fase de análise, é identificada uma solução adequada e implementada através de um plano de ação.

### **2.6.5 Controlar**

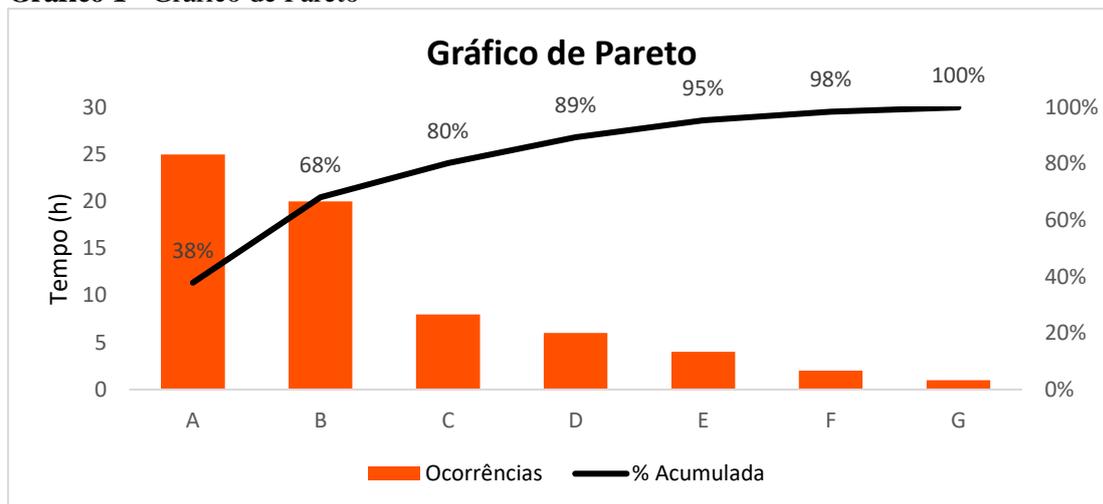
Por fim a etapa de controle, última fase do DMAIC. Nesse momento, segundo Fraga (2019), é fundamental monitorar os resultados alcançados após a implementação da melhoria e estabelecer os controles que garantam a sustentabilidade dos resultados.

Algumas medidas devem ser tomadas para que os resultados sejam eficazes, tais como treinamentos de padronização, revisão de procedimentos e definir o novo meio de medição dos resultados. Além de ser importante fazer a análise dos retornos e benefícios econômicos alcançados, de forma a deixar os resultados mais claros.

## 2.7 DIAGRAMA DE PARETO

O diagrama de Pareto é um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente com representação em eixo secundário da frequência acumulada das ocorrências, conforme Gráfico 1, abaixo.

**Gráfico 1** - Gráfico de Pareto



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

O gráfico de Pareto foi desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, e segundo Lins (1993), Vilfredo identificou as seguintes características nos problemas socioeconômicos: Poucas causas principais tinham forte influência no problema e havia um grande número de causas triviais que exerciam pouca influência. Formulando assim o princípio de Pareto, que diz que 80% dos problemas são originados por 20% das causas.

Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação dos problemas mais graves, garantindo assim, que os esforços sejam concentrados nesses problemas efetivamente, em detrimento dos que exercem pouca influência (Wikipédia, 2020).

### 3 FUNDAMENTOS

#### 3.1 NEXA RESOURCES - MORRO AGUDO

A Nexa Resources é uma empresa de capital aberto com atividades na mineração e metalurgia, atuando na América Latina e com escritórios nos Estados Unidos e Luxemburgo. As unidades são divididas em mineração, metalurgia e escritórios, conforme Tabela 1, abaixo:

**Tabela 1-** Unidades Nexa Resources

<b>Mineração</b>	<b>Metalurgia</b>	<b>Escritórios</b>
Morro Agudo (Brasil)	Juiz de Fora (Brasil)	Luxemburgo
Vazante (Brasil)	Três Marias (Brasil)	Belo Horizonte (Brasil)
El Porvenir (Peru)	Cajamarquilla (Peru)	São Paulo (Brasil)
Atacocha (Peru)		Lima (Peru)
Cerro Lindo (Peru)		Houston (Estados Unidos)
Aripuanã (Brasil)		Salzburgo (Áustria)
		Shangai (China)

**Fonte:** Adaptado de Nexa report (2018)

Os produtos comercializados pela Nexa são, principalmente, Zinco e Cobre. Segundo o relatório anual Nexa (2018) a empresa está entre os cinco maiores produtores de Zinco do mundo. A produção nacional de Zinco da Nexa corresponde a 92,82% do total de zinco produzido no Brasil, conforme o Anuário mineral brasileiro (2018).

A unidade de Morro Agudo explora e beneficia Zinco, Chumbo e Calcário, como subproduto. Esta unidade em questão, tem uma particularidade em relação a outras minerações, ela opera sem geração de rejeitos, uma vez que o subproduto é o calcário, destinado a agricultura e/ou a correção de solo.

**Figura 3** - Unidade Nexa de Morro Agudo

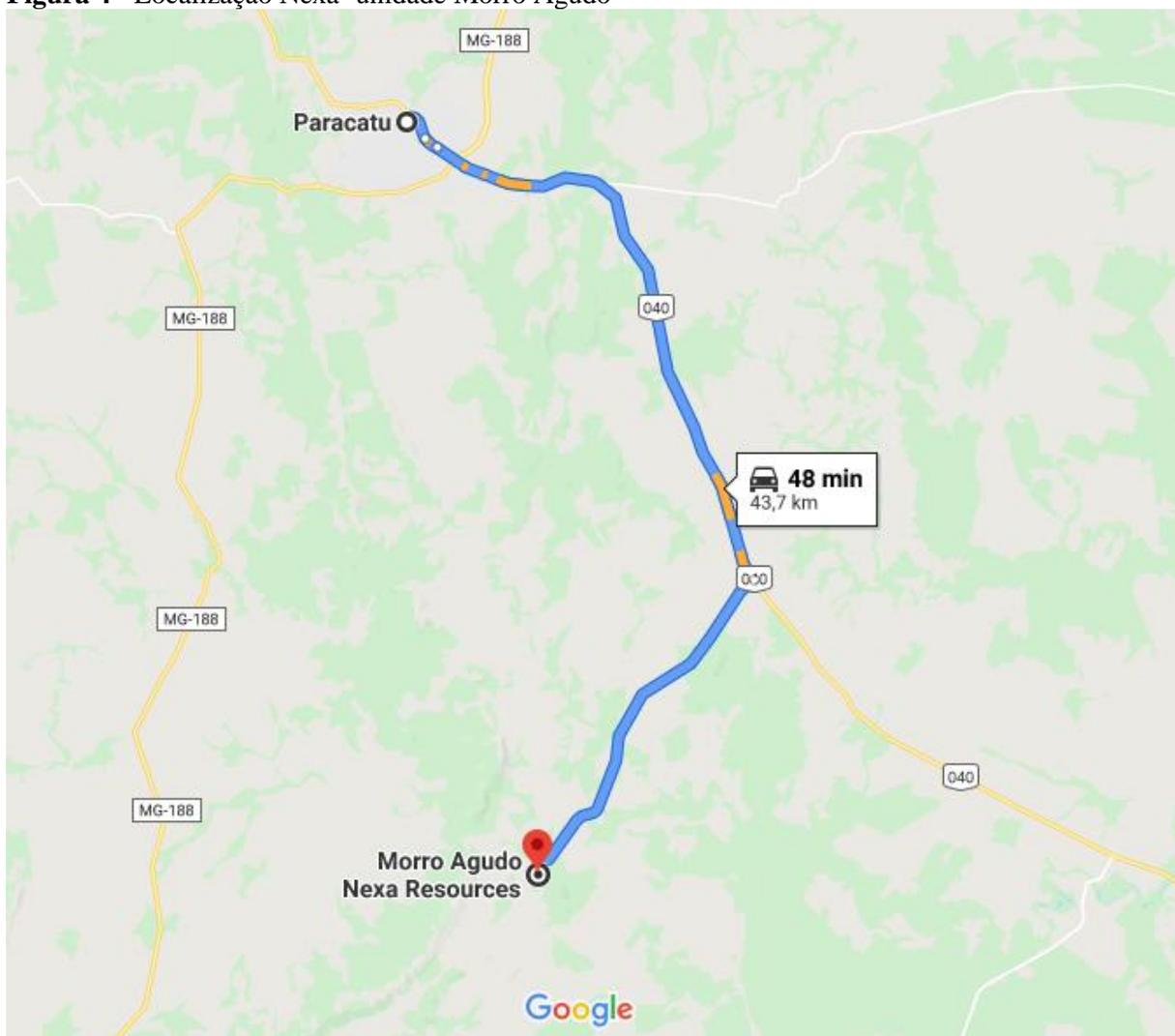


**Fonte:** Arquivo pessoal (2020)

### 3.2 LOCALIZAÇÃO

A Nexa Resources, unidade de Morro Agudo, fica localizada no noroeste de Minas Gerais no município de Paracatu. Distante 500 km da capital, Belo Horizonte.

**Figura 4** - Localização Nexa- unidade Morro Agudo



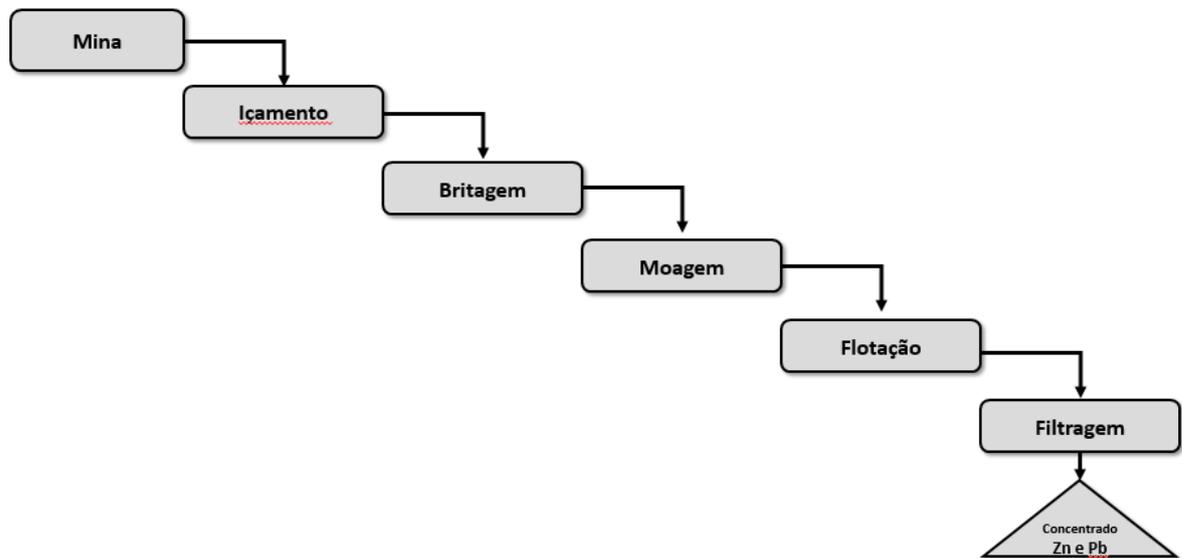
**Fonte:** Google Maps (2020)

O acesso para a unidade partindo de Paracatu, ocorre pela via BR040 por 27 km, sentido Brasília - Belo Horizonte, até o quilômetro 40. O restante do trajeto se dá por 16 km de estrada de terra.

### 3.3 FLUXOGRAMA DA UNIDADE MORRO AGUDO

A unidade polimetálica de Morro Agudo opera uma mina subterrânea, sendo o transporte do minério da mina para a britagem feito via guincho. Após a alimentação da britagem, começa o circuito de cominuição via britagem primária, secundária e terciária, finalizando com o material preparado sendo direcionado para uma pilha de homogeneização, para alimentar a moagem. A moagem é feita por moinhos de bolas, seguindo para a etapa de classificação via hidrociclone e posterior direcionamento para a flotação. Finalizando o processo na filtragem, etapa em que é feita secagem do concentrado e direcionado ao pátio de expedição. Conforme fluxograma representado na Figura 5, abaixo:

**Figura 5 - Fluxograma Nexa Morro Agudo**

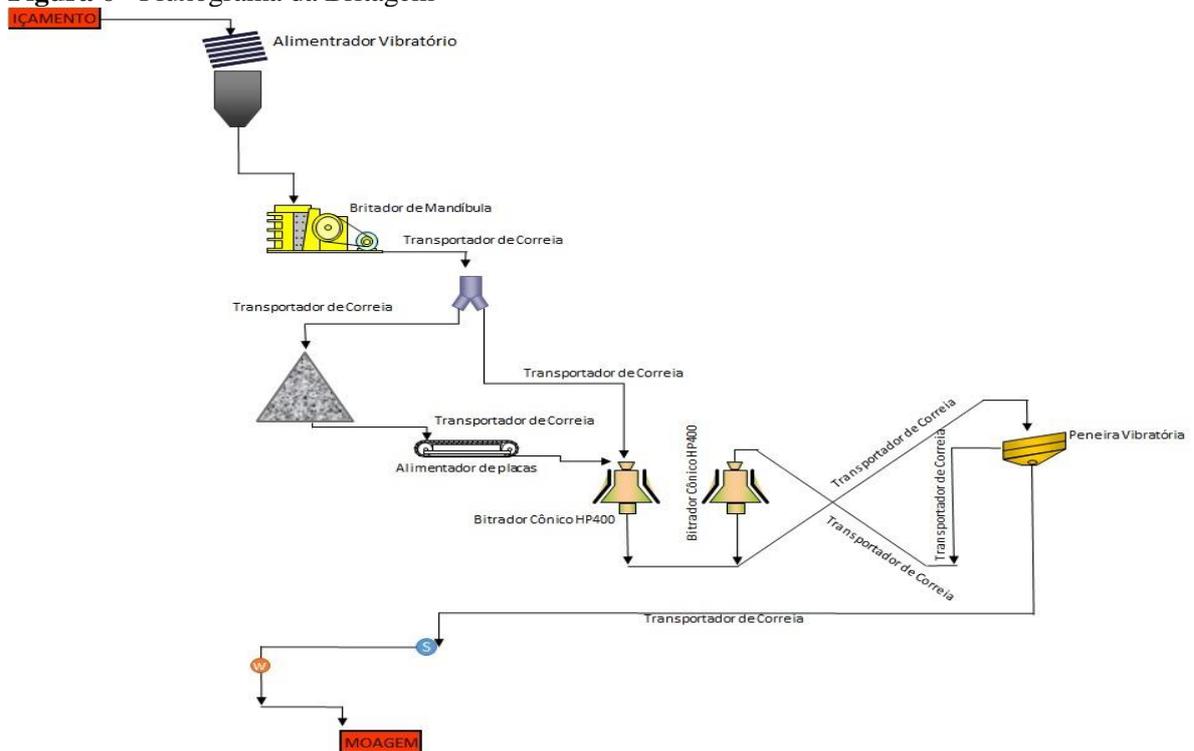


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 3.3.1 Fluxograma da Britagem

A britagem, etapa foco do estudo, é dividida em primária, secundária e terciária, conforme fluxograma representado na Figura 6, abaixo:

**Figura 6 - Fluxograma da Britagem**



Fonte: Arquivo Próprio (2020)

### **3.3.2 Equipamentos e Operação da Britagem**

Os equipamentos principais que compõem a britagem estão relacionados na Figura 6, sendo eles:

- 1 alimentador vibratório
- 1 britador de mandíbulas
- 10 transportadores de correia
- 2 britadores cônicos HP400
- 1 alimentador de placas
- 1 peneira vibratória

A operação da britagem é composta por 4 turnos, revezando a cada 12 horas com:

- 1 operador de campo
- 1 operador de carregadeira
- 2 auxiliares de limpeza terceirizados

### **3.3.3 Descrição das Atividades e Operação da Britagem**

O circuito da britagem inicia com a alimentação de minério bruto no britador de mandíbulas via guincho ou via carregadeira.

- A alimentação via guincho depende principalmente da disponibilidade física do içamento ou da disponibilidade de minério desmontado.

- A alimentação via carregadeira ocorre quando o guincho não está disponível e o minério é estocado no pátio da britagem via caminhão.

O minério cominuído pelo britador primário alimenta uma pilha de estoque sobre um alimentador de placas. Essa pilha é direcionada para o alimentador de placas por deslocamento gravitacional, sendo necessário o apoio de uma carregadeira para fazer a movimentação, quando acaba o material sobre o alimentador. Conforme Figura 7, abaixo:

**Figura 7** - Estoque de minério bruto e pilha sobre alimentador de placas



**Fonte:** Arquivo pessoal (2020)

A partir do alimentador de placas, o minério é direcionado por meio de uma correia transportadora para o britador secundário, que posteriormente é direcionado para uma peneira vibratória (Figura 9). A peneira faz a classificação do material, no qual o *undersize* alimenta a pilha de homogeneização da moagem, e o *oversize* alimenta um britador terciário (Figura 8), que trabalha em circuito fechado com a peneira.

**Figura 8** - Britador cônico HP 400



**Fonte:** Arquivo pessoal (2020)

**Figura 9** - Peneira vibratória e pilha de homogeneização



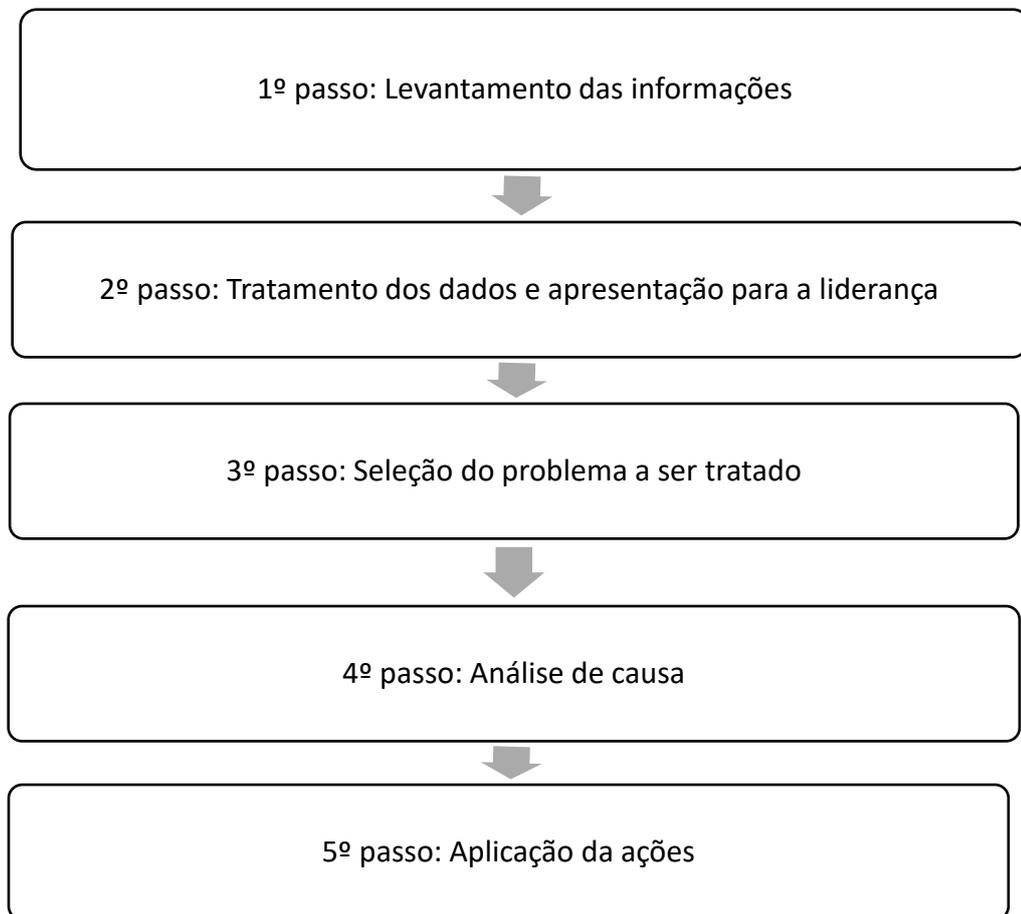
**Fonte:** Arquivo pessoal (2020)

## 4 METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado a partir de um projeto de estágio, que consiste em fazer o acompanhamento e análise dos dados de paradas operacionais e de manutenção do processo de britagem na empresa Nexa Resources - unidade Morro Agudo, levantamento bibliográfico (livros, artigos, TCC's, manuais dos fabricantes e sites) e inspeção em campo das paradas mapeadas (manutenção corretiva, programada, rotina da operação, disponibilidade de pessoal, dentre outros).

O desenvolvimento deste trabalho baseou-se nas seguintes etapas, conforme Figura 10 abaixo:

**Figura 10** - Metodologia do trabalho



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

#### 4.1 PASSO 1: LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

A primeira etapa para desenvolver esse trabalho, foi fazer o levantamento diário das informações de paradas da britagem, fossem elas devido a falhas eletromecânicas ou operacionais.

O sistema utilizado para registrar as informações foi o programa Access, que por meio de um formulário inseriam-se turno a turno todas as paradas de produção, que já eram diretamente carregadas para o Banco de Dados Access. Por meio do formulário, é obrigatório o preenchimento de informações, tais como a data, horário de início e término da parada, o equipamento, se ocorria parada da produção ou não, o responsável pela parada (manutenção mecânica, elétrica ou produção), o código de identificação do equipamento parado, uma breve descrição do problema e um detalhamento da parada. Conforme Figura 11, abaixo:

**Figura 11** - Formulário de registro de paradas

The image shows a screenshot of a web-based form titled "Ocorrências Britagem" from the Votorantim Metals system. The form is used for recording production stoppages. It features several input fields and dropdown menus. The fields include "Data", "Hora", "Hora Término:", "Total de Horas", "Equipamento", "Intervenção:", "Breve Descrição", and "Descrição". There are also dropdown menus for "Para a produção?", "Oficina:", and "Área", and a checkbox for "Acidente?". The form is styled with a light gray background and a blue header. The bottom status bar shows "Registro: 5343 de 5343" and "Sem Filtro".

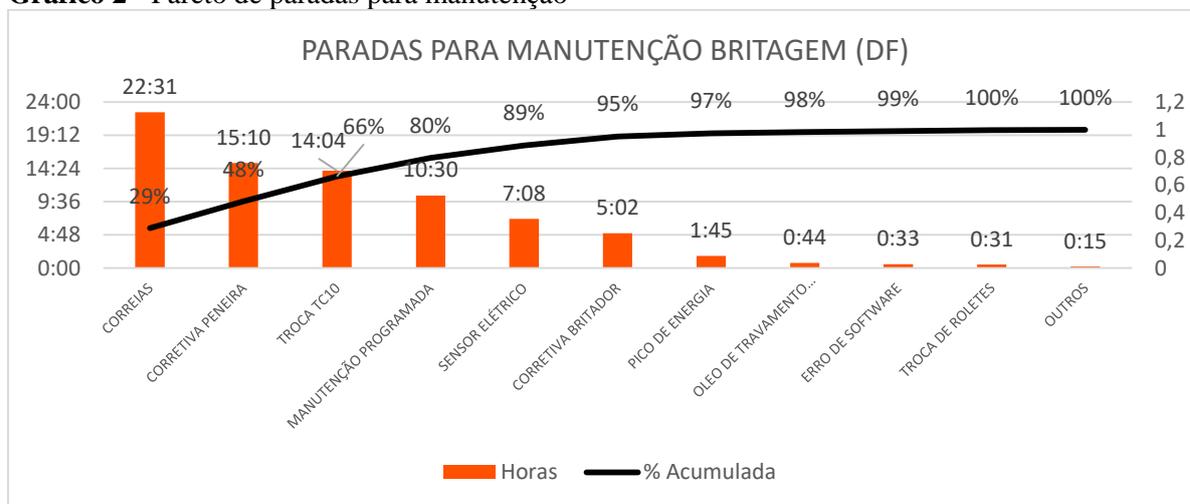
**Fonte:** Arquivo pessoal (2020)

O trabalho inicial consistiu em treinar os operadores e conferir se os lançamentos estavam sendo registrados corretamente até que os mesmos estivessem assíduos nessa tarefa. A partir do momento que a ferramenta foi efetivamente implantada na rotina da operação, era feita a validação, ou quando necessário, correção dessas informações, para posterior tratamento e elaboração de relatórios.

## 4.2 PASSO 2: TRATAMENTO DOS DADOS E APRESENTAÇÃO PARA A LIDERANÇA

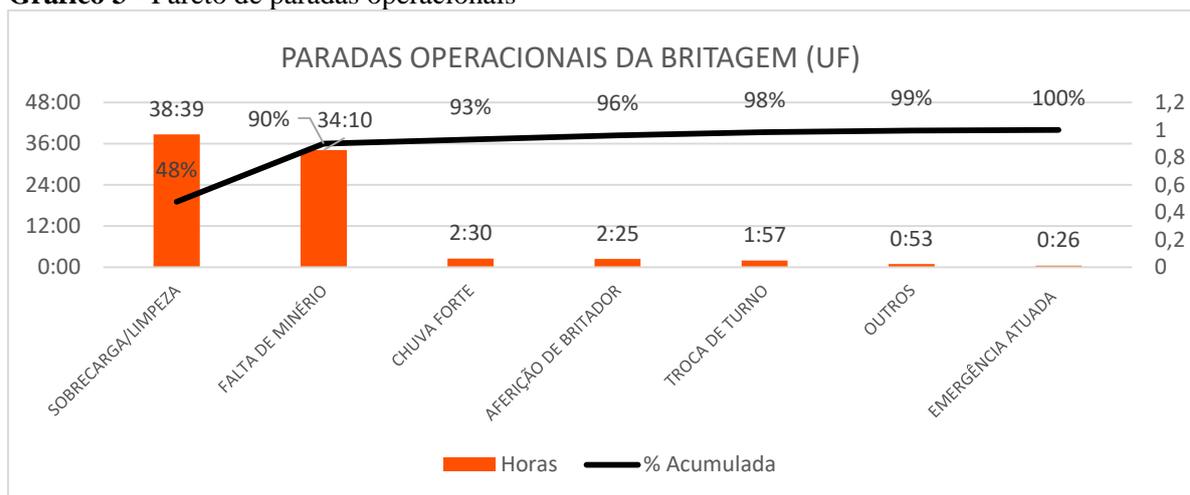
O tratamento das informações foi feito utilizando o Excel, por meio do recurso de importação de dados do Access. Após essa etapa, foram elaborados relatórios semanais e acumulados mensais para apresentação durante as reuniões de gestão com a liderança. Os relatórios usam como recursos modelos Dashboards e gráficos de Pareto com o mapeamento dos principais problemas, conforme informações do mês de dezembro de 2019 abaixo, Gráfico 2 e Gráfico 3.

**Gráfico 2** - Pareto de paradas para manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Gráfico 3** - Pareto de paradas operacionais



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A partir da identificação dos principais motivos de paradas, foi feito um levantamento em campo dessas informações, por meio da observação do problema, troca de experiências com as equipes de engenharia e operação, buscando obter dados relevantes para identificação das causas raízes dos problemas. Com o levantamento de todas essas informações, foi feito o

repassa semanal para a liderança, buscando aprofundar no problema, analisar as implicações no processo e buscar soluções.

#### 4.3 PASSO 3: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA A SER TRATADO

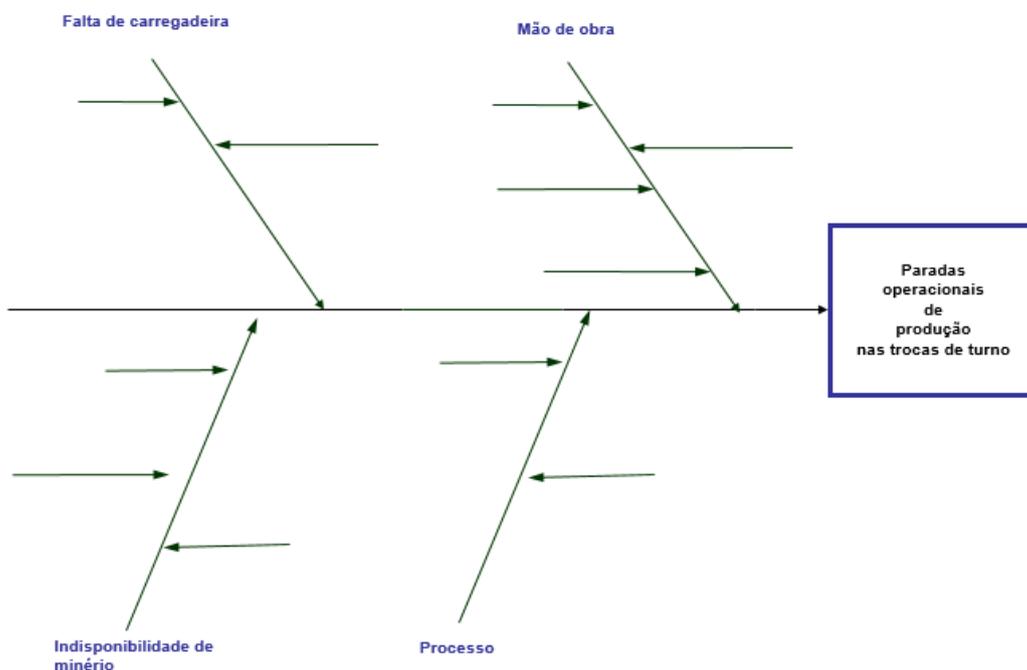
Durante a construção do histórico de informações, foram levantadas paradas tanto eletromecânicas quanto operacionais, pontos que impactam na Disponibilidade Física (DF) e Utilização Física (UF), respectivamente. E partir da análise desses dados e consulta de referencial teórico, foi selecionado o ponto a ser resolvido de imediato.

#### 4.4 PASSO 4: ANÁLISE DE CAUSA

Com o motivo de parada selecionado, o passo seguinte foi identificar as causas raízes do problema, com a posterior apresentação e implantação das mudanças.

A análise por meio do diagrama *Ishikawa* foi feita conforme figura 12 abaixo, mapeando sistemicamente as causas raízes que afetam a produção:

**Figura 12-** Diagrama de Ishikawa para análise de causas raízes



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

#### 4.5 PASSO 5: APLICAÇÃO DAS AÇÕES

A fase inicial para implantação das mudanças foi a exposição do problema para a liderança dos turnos e superiores imediatos, mostrando aos supervisores quais eram as causas

e mostrando que era possível a redução desse tempo de parada, simplesmente com a gestão das equipes e otimização do processo.

#### 4.6 CIRCUITO DMAIC APLICADO

A Figura 13 abaixo ilustra a ferramenta DMAIC aplicada ao problema selecionado, exemplificando como todos os passos anteriores se encaixam na metodologia, de forma que o resultado possa ser perene. Também foi realizado a criação do procedimento operacional para aplicação da ferramenta na realidade da usina de beneficiamento.

**Figura 13** - Aplicação da metodologia DMAIC



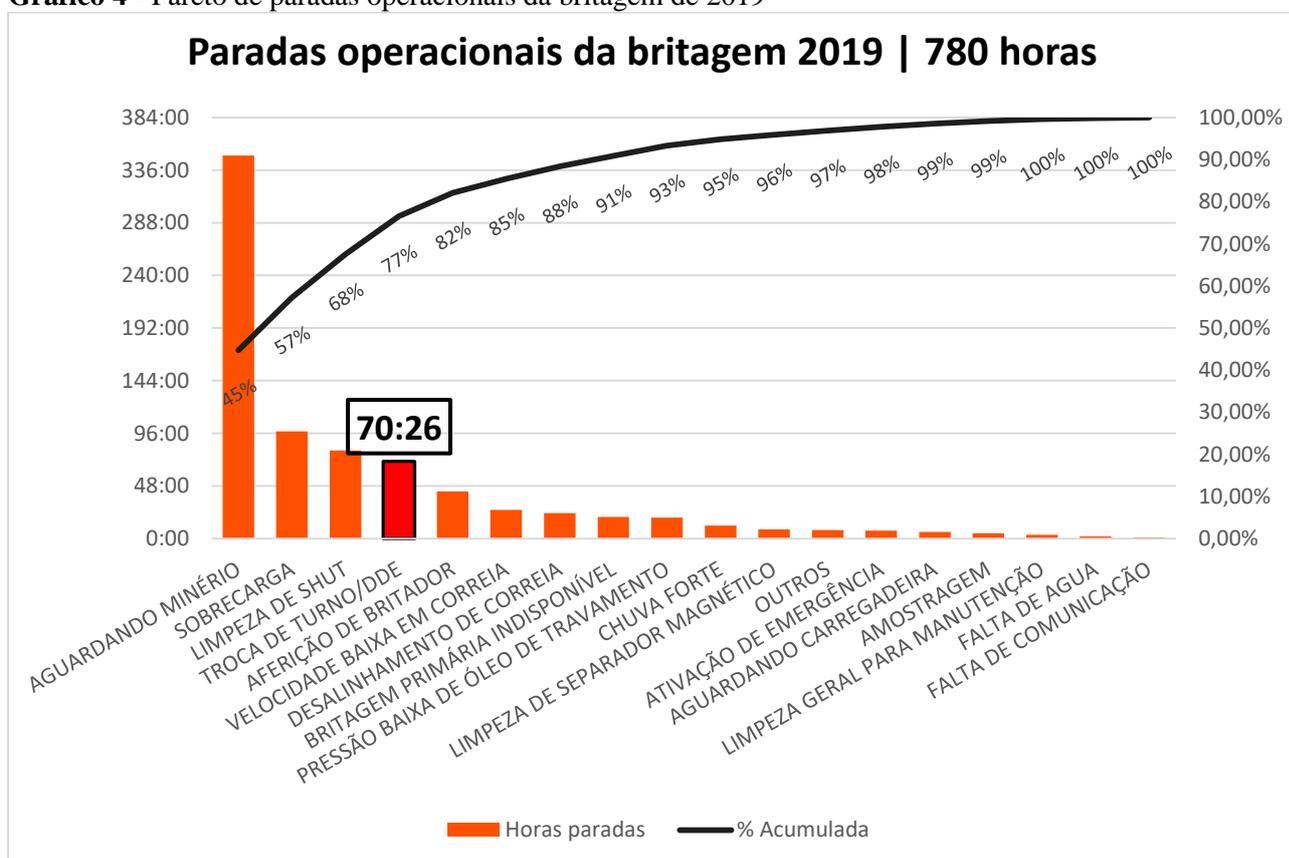
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal ponto a ser desenvolvido por esse trabalho é a mudança de cultura da operação, uma vez que os problemas relacionados a operação apresentam soluções que envolvem menores custos ou nenhum custo. Apenas com mudanças de cultura e hábitos antigos, é possível a potencialização dos resultados de produção.

A partir do tratamento dos motivos de paradas operacionais do ano de 2019, foi constatado que 70:26 horas paradas são consequência das trocas de turno, conforme Gráfico 4 abaixo, que relaciona a quantidade horas paradas por motivos de paradas, sendo representado o impacto em porcentagem por meio da análise de Pareto.

**Gráfico 4 - Pareto de paradas operacionais da britagem de 2019**

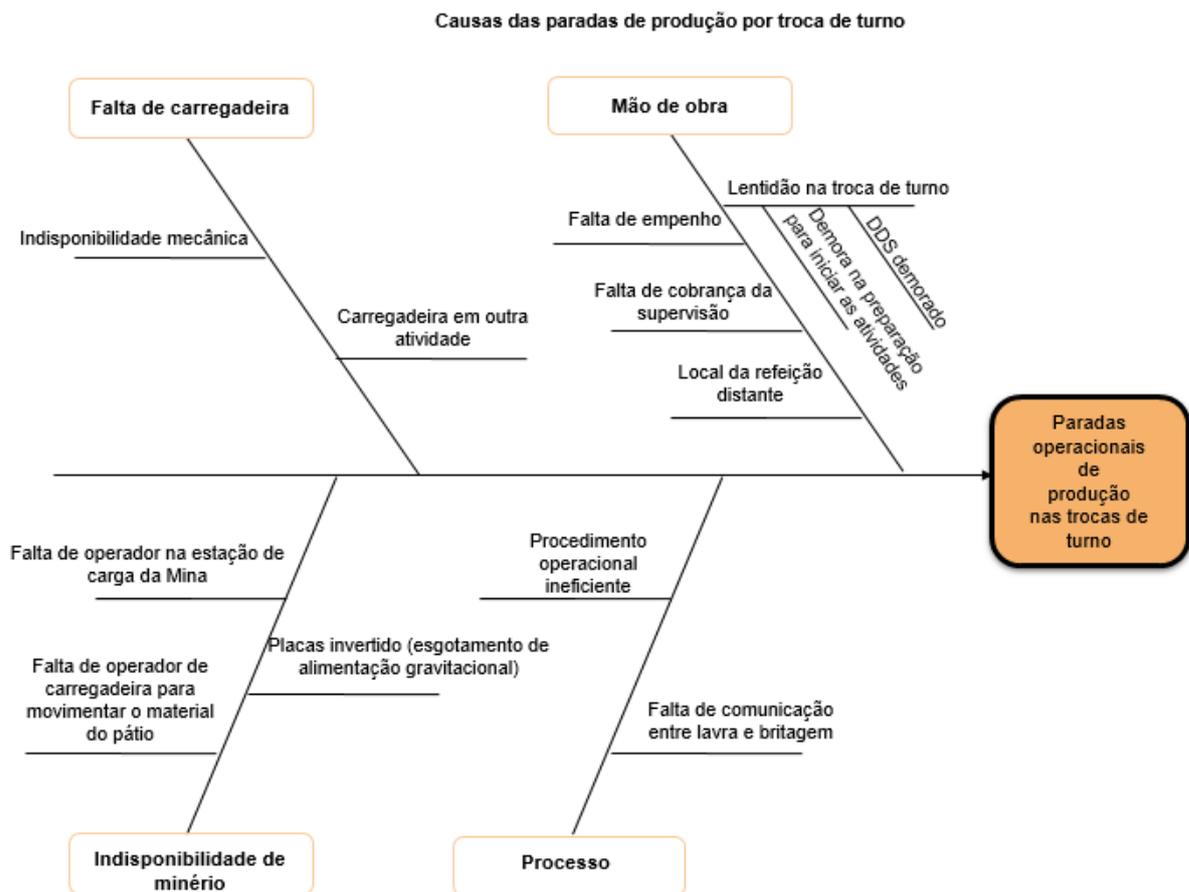


**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

Uma vez que, durante o ano de 2019, as paradas operacionais somaram 780 horas, identificamos que as paradas devido a troca de turno correspondem a aproximadamente 9 % do tempo total parado. O destaque para esse problema está diretamente ligado a cultura e hábitos da operação, de forma que a correta gestão de pessoas possibilita eliminar ou reduzir eficientemente essas paradas.

A partir do diagrama de causa e efeito, representado na Figura 14, identificou-se que as principais causas de paradas operacionais durante a troca de turno foram a falta de operador na área operacional para acompanhar o funcionamento dos equipamentos e a falta de funcionário para operar a carregadeira, evitando que falte minério no circuito da britagem.

**Figura 14** - Diagrama das causas raízes das paradas para trocas de turno



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

O passo seguinte foi a definição das ações e medidas a serem aplicadas para solucionar o problema.

### 5.1 TEMPO DE TROCA DE TURNO

A troca de turno ocorre sempre com uma sobreposição de horário entre as equipes de duração média de 15 minutos, sendo esse tempo a diferença entre o momento que a equipe que está chegando entra na portaria e a equipe que está saindo tem para sair pela portaria. O deslocamento até a área de trabalho, a partir da portaria tem duração de aproximadamente 3 minutos. Sendo esse o cenário da troca de turno.

Mas na prática, a operação estava paralisando as atividades aproximadamente 30 minutos antes do horário da troca de turno e a equipe que chegava para iniciar o turno começava a trabalhar efetivamente 50 minutos após a troca de turno. Totalizando uma média de 80 minutos sem operadores fazendo o acompanhamento na área, havendo assim a necessidade de paralisar os equipamentos que dependiam, por exemplo, de alimentação via carregadeira ou mesmo de uma limpeza hidráulica, para evitar obstruções, ou ainda, identificar as condições de funcionamento do equipamento caso apresentassem baixa eficiência ou sintoma de problema.

Para otimizar esse tempo, a primeira medida foi cobrança da supervisão, para conversar com as equipes e otimizar essas trocas de turno, garantindo que a turma que esteja finalizando o turno deixe as atividades organizadas para que os equipamentos performem por tempo suficiente até a efetiva atuação do turno seguinte.

A cobrança junto às equipes que assumiam os turnos foi para otimizar o tempo de preparação para começar as atividades, sendo eles, o lanche, o diálogo de segurança e a vestimenta dos EPI's (macacão, botina de PVC, capacete e luvas). Para eliminar o tempo de deslocamento até o refeitório para o lanche durante a troca de turno, foi definido que o lanche seria servido na cantina onde ocorre o diálogo de segurança. A medida em relação ao diálogo de segurança, foi estipular o prazo máximo de 5 minutos. E em relação ao uso de EPI e a preparação para início das atividades, definiu-se o tempo máximo de 10 minutos.

## 5.2 MUDANÇAS PARA FALTA DE OPERADOR DE CARREGADEIRA

Foi feita uma reciclagem no procedimento de operação de carregadeira, feita a exposição do problema para os condutores, dos impactos que a falta de otimização nas atividades de movimentação de minério estava causando na produção. Foi definido que os mesmos deveriam, antes de finalizar os turnos, garantir que o alimentador de placas estivesse carregado com material, de modo que houvesse tempo suficiente até a atuação do turno seguinte, ou seja, pelo menos 30 minutos de autonomia. Com relação ao turno que estava entrando, foi definido que a primeira atividade com a carregadeira deveria ser o carregamento do alimentador de placas, ou atividade que pudesse causar parada de produção.

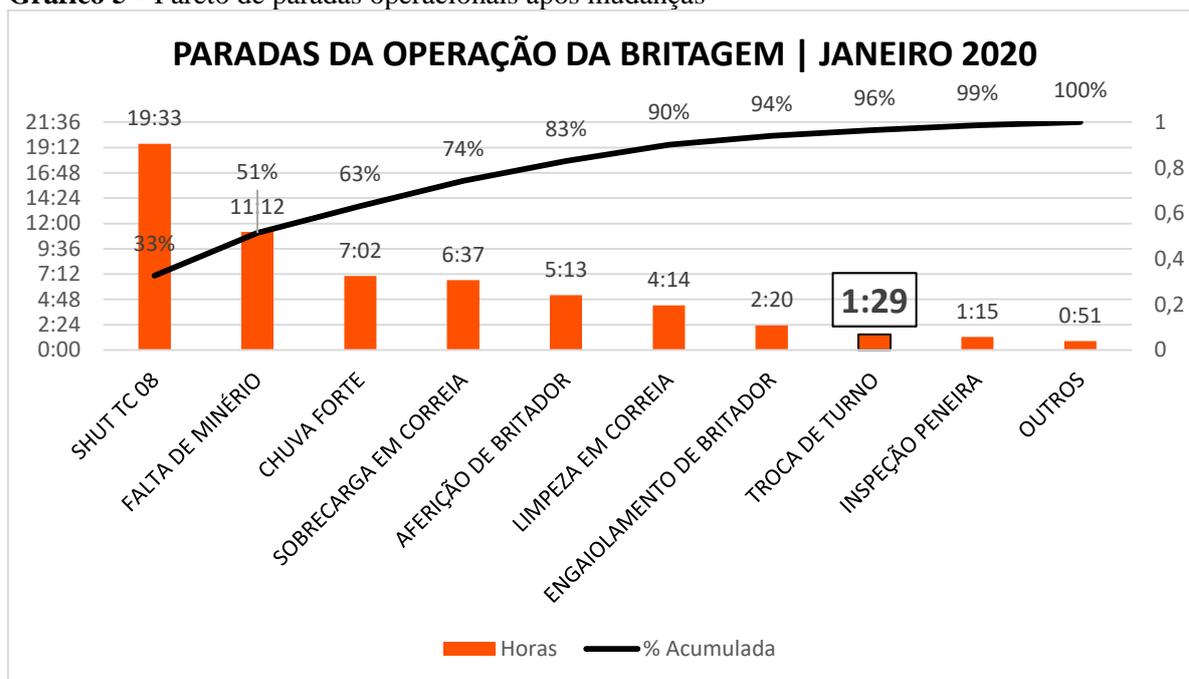
## 5.3 COMUNICAÇÃO COM A MINA

A indisponibilidade de minério por parte da mina para funcionamento do guincho, durante a troca de turno, era fator de extrema relevância e impacto nas paradas na produção. Uma vez que o alimentador de placas estivesse com pouco material, sua operação dependia da disponibilidade de minério para alimentar a britagem primária. Sendo assim, a medida

estipulada pela liderança foi manter uma comunicação efetiva entre a operação de mina, através da sala de despacho, e a sala de controle da britagem, de modo que, haja um estoque de minério para operação do guincho durante a troca de turno da britagem.

Após a aplicação das mudanças, no acompanhamento do mês de janeiro de 2020 foi possível identificar resultados positivos, conforme indica Gráfico 5, abaixo.

**Gráfico 5 - Pareto de paradas operacionais após mudanças**



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

Quando projetamos para 2020 o tempo de paradas para troca de turno realizado em janeiro, identificamos uma redução de 9 % para 2,1 % em relação as paradas totais da operação da britagem.

O tempo com paradas para troca de turno em janeiro reduziu em 75 %, quando comparado a média dos meses de 2019.

Fazendo uma projeção anual com um tempo médio de 2,1% do tempo total parado por troca de turno, temos um ganho de aproximadamente 52 horas de produção durante o ano em relação a 2019.

Considerando que a produção média da britagem é 180 t/h, tem-se um ganho de 9.474 toneladas por ano, processadas pela britagem.

Conforme os resultados do quarto quartil de 2019 do centro de informações do investidor da Nexa, foi fechado um teor médio para o Zinco de 2,65% e para o Chumbo 0,58% na mina de Morro Agudo.

Considerando ainda os valores de mercado para o Zinco e para o Chumbo de acordo a LME (LONDON METAL EXCHANGE) no dia 14 de fevereiro, tem-se US\$ 2.158,7 e US\$1.875,0, respectivamente.

**Tabela 2** - Ganhos previstos para 2020 em dólares americanos

<i>ROM (ton.)</i>		9.474		
	<b>Teor (%)</b>	<b>Metal contido (ton.)</b>	<b>Valor de mercado (US\$)</b>	<b>Valor total (US\$)</b>
<i>Zn</i>	2,65%	251,1	US\$ 2.158,7	US\$ 541.965,4
<i>Pb</i>	0,58%	55,0	US\$ 1.876,0	US\$ 103.084,7
			<b>Total</b>	US\$ 645.050,1

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020)

Dessa forma, é possível analisar financeiramente os ganhos monetários da redução do tempo de troca de turno. Com base no teor e massa total, tem-se aproximadamente 250 ton de Zinco contido e aproximadamente 55 toneladas de Pb de chumbo contido no minério britado, conforme tabela 2 acima.

Calculando o valor dos dois produtos, os ganhos previstos são de aproximadamente 645 mil dólares, considerando o preço corrente dos produtos junto a LME.

## **6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1 CONCLUSÃO**

Podemos concluir que após a construção do histórico de informações, estudo e levantamento bibliográfico, foi possível mapear a recorrência de problemas que envolviam apenas gestão da equipe e mudança de hábitos, de forma a alcançar ganhos produtivos e financeiros, sem a implicação de custos.

Ao realizar o trabalho de choque de cultura com a liderança, supervisores, coordenação e equipe de engenharia, e da equipe de operadores, foi possível notar que uma equipe bem alinhada, treinada e engajada com a empresa pôde gerar ganhos significativos para a produção a partir de mudanças de hábitos e rotinas. O bom comprometimento da operação com as suas atribuições é peça chave para o alcance de resultados.

Notou-se que o ganho produtivo do engajamento da equipe, ao expor os resultados e metas de forma clara e visível, além da otimização dos procedimentos operacionais nas operações de alimentação da britagem podem gerar ganhos de até 645 mil dólares no ano.

Com a elaboração desse trabalho foi possível também identificar e mapear outras oportunidades de melhoria, garantindo que a liderança amplie a visão em relação aos problemas recorrentes e atue de forma preventiva.

O sistema utilizado para recolher as informações sobre disponibilidade e utilização funciona de forma macro, havendo a necessidade de melhorar o sistema, de modo que o mapeamento das informações seja por equipamento.

### **6.2 RECOMENDAÇÕES**

Este estudo abordou apenas o caso pontual relacionado as trocas de turno. Mas por meio do estudo histórico das paradas de produção da britagem, além das paradas operacionais, as paradas para manutenção têm muitas oportunidades de melhoria. Algumas oportunidades e sugestões de estudos futuros são:

- Estudo de eficácia e assertividade de serviços realizados por terceiros;
- Estudo de substituição de equipamentos danificados para eliminar transbordo de material e retrabalho da operação.
- Análise das causas raízes das obstruções de shut de alimentação e sugestão de melhoria;
- Análise de sobrecarga de correias e identificação das causas raízes;

- Melhoria do mapeamento das paradas mecânicas dos equipamentos, de modo a identificar todas as causas e criar um banco de dados para futuras análises;
- Treinamento da operação e medição de ganhos;

## REFERÊNCIAS

ABREU, A.; CARVALHO, V.; AZEVEDO, A. **Microsoft Access 2010**. Famacão. 2011. Centro Atlântico. ISBN: 978 -989 -615 -108-9

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - Coord. Geral: FILHO, O. B. F.; Equipe Técnica por COSTA M. D. et al. **Anuário Mineral Brasileiro 2018: Principais Substâncias Metálicas**. Brasília: ANM, 2019.

BARBOSA, R. R. Gestão da informação e do conhecimento: origens, polêmicas e perspectivas. **Informação & Informação**, v. 13, n. 1esp, p. 1-25, 2008. Londrina. UEL. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/1843/1556>. Acesso em: 06 Jan. 2020.

BRAGA, A. A Gestão da Informação. **Millenium**. N.º 19, 2000. Instituto Politécnico de Viseu. Disponível em: <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/903>. Acesso em: 04 jan.2020

CAMARGO, W. **Controle de Qualidade Total**. Curitiba. 2011. E-tec-Brasil. IFPR.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2 ed. Rio de Janeiro. 2012. Elsevier: ABEPRO. ISBN 978-85-352-4887-6

CORREIA, J. C. G.; COUTO, H. J. B. Classificação e Peneiramento. *In*: LUZ, A. B.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de Minérios**. 6. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

FRAGA, D.; **Método DMAIC: o que é e como funciona?**. 2019. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodo-dmaic>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

JUNIOR, C. A.; KRAICZYI, P. A. S.; PRESTES, R. M. S. B.; FERREIRA, R. H. M. **Definição e implantação de indicadores-chave de desempenho (kpi - key performance indicator): estudo de caso em uma empresa do ramo fotográfico da cidade de guarapuava-pr**. TCC Administração – Centro Universitário Campo Real. 2018. *Ebook*. Disponível em: <http://repositorio.camporeal.edu.br/index.php/tccadmin/article/view/297/16>. Acesso em 15 dez. 2019

LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, v. 22, n. 2, 1993. Brasília. IBICT.

LUBISCO, N. M. L.; VIEIRA, S. C. **Manual de estilo acadêmico: trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses**. 6. ed. rev. e ampl. – Salvador : EDUFBA, 2019.

LUZ, A. B.; FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M. Britagem e Moagem. *In*: LUZ, A. B.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de Minérios**. 6. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

MACHADO, S. S. **Gestão da Qualidade**. 2012. Inhumas/Santa Maria. IFG/UFSM. E-tec-Brasil.

MELLO, C. H. P. **Auditoria Contínua**: Estudo de Implementação de uma Ferramenta de Monitoramento para Sistema de Garantia da Qualidade com Base nas Normas NBR ISO 9000. Itajubá/MG. 1998. EFEI.

METSO CORPORATION. **Crushing and Screening Solutions**. 2017 . Tampere. Finlândia. Metso.

NEXA RESOURCES. **Financial Information Results Center**. São Paulo. NEXA. 2020. Disponível em: <https://ri.nexaresources.com/listresultados.aspx?idCanal=vubnazB+PmmDU3b3xgJooA==>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

NEXA RESOURCES. **Nexa Relatório Anual 2018**. São Paulo. NEXA. 2019.

PACKER, C. L.; SUSKI, C. A. Gestão à vista na produção como ferramenta de trabalho. *In*: I CONGRESSO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE. 2010. Brusque/SC. **Anais**. UNIFEBE

PROJECT BUILDER. **Como um dashboard para gestão de projetos pode ajudar nas decisões?** 2017. Disponível em: <https://www.projectbuilder.com.br/blog/como-um-dashboard-para-gestao-de-projetos-pode-ajudar-nas-decisoes/>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

SERVIN, C. A. L.; SANTOS, L. C.; GOHR, C. F. **Aplicação Da Metodologia Dmaic Para A Redução De Perdas Por Paradas Não Programadas Em Uma Indústria Moageira De Trigo**. *In*: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Bento Gonçalves. ABEPRO. 2012.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D. PIPAN, K. K. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**. v. 43, n 1, p 476 – 483. 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/49600834\\_Quality\\_improvement\\_methodologies\\_-\\_PDCA\\_cycle\\_RADAR\\_matrix\\_DMAIC\\_and\\_DFSS](https://www.researchgate.net/publication/49600834_Quality_improvement_methodologies_-_PDCA_cycle_RADAR_matrix_DMAIC_and_DFSS). Acesso em: 10 Jan. 2020

The London Metal Exchange. **LME LEAD**. Londres. 2020. Disponível em: <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/Lead#tabIndex=0>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

The London Metal Exchange. **LME ZINC**. Londres. 2020. Disponível em: <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/Zinc#tabIndex=0>. Acesso em: 15 Jan. 2020.