



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Campus de Poços de Caldas
Curso de Especialização em Engenharia de Mineral (CEEM)

Valdiclei Nunes dos Santos

OTIMIZAÇÃO DAS PARADAS PARA DESMONTE EM UMA MINA A CÉU ABERTO

CEEM

Poços de Caldas

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



Valdiclei Nunes dos Santos

OTIMIZAÇÃO DAS PARADAS PARA DESMONTE EM UMA MINA A CÉU ABERTO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à
Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) como parte
dos requisitos para a integralização do curso de
Especialização em Engenharia de Mineral (CEEM).

Ária de concentração: Lavra de minas

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Rusilo

Poços de Caldas

2023



Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Santos, Valdiclei Nunes dos.

Otimização das paradas para desmonte em uma mina a céu aberto :
Lavra de mina / Valdiclei Nunes dos Santos. - Poços de Caldas, MG, 2023.
34 f. : il. -

Orientador(a): Luiz Carlos Rusilo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de
Minas) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2023.
Bibliografia.

1. Lavra de mina a céu aberto. 2. Planejamento de desmonte. 3.
Otimização de paradas de equipamentos de mina. I. Rusilo, Luiz Carlos,
orient. II. Título.



Valdiclei Nunes dos Santos

Otimização das Paradas para Desmonte em uma Mina a Céu Aberto

A banca examinadora abaixo-assinada aprova o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) como parte dos requisitos para a integralização do curso de Especialização em Engenharia Mineral (CEEM).

Área de concentração: Lavra

Aprovada em: 25 de setembro de 2023

Orientador: Luiz Carlos Rusilo

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura:

Examinador 1: Osvail André Quaglio

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura:

Examinador 2: Matheus Fernando Ancelmi

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



RESUMO

O setor mineral apresenta um importante papel na economia nacional, além de ter representatividade no mercado externo. Então as empresas mineiras buscam aplicar técnicas para otimizar e mitigar os custos, reduzindo as horas improdutivas dos equipamentos. A mineração é entendida como uma atividade industrial cujo principal objetivo é a extração de substâncias minerais localizadas em depósitos naturais e o transporte até o ponto de seu tratamento. Para possibilitar a extração da matéria prima “minério” e do estéril, esses materiais precisam ser detonados utilizando desmorte por explosivo. O objetivo deste estudo é aplicar técnicas para otimização de paradas para desmorte em uma mina a céu aberto.

Palavras-chave: Lavra de mina a céu aberto, Planejamento de desmorte, Otimização de paradas de equipamentos de mina.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



ABSTRACT

The mineral sector plays an important role in the national economy, in addition to being representative in the foreign market. So mining companies seek to apply techniques to optimize and mitigate costs, reducing unproductive hours of equipment. Mining is understood as an industrial activity whose main objective is the extraction of mineral substances located in natural deposits and transport to the point of treatment. To enable the extraction of raw material “ore” and overburden, these materials need to be detonated using explosive blasting. The objective of this study is to apply techniques to optimize stoppages for blasting in an open pit mine.

Keywords: Open pit mining, Blast planning, Optimization of mine equipment stops.



LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Operações unitárias 14
- Figura 2: Lavra por bancadas mina de Brucutu 14
- Figura 3: Exemplo da utilização de software para planejamento de lavra 15
- Figura 4: Fluxograma dos estágios de planejamento da mina em relação aos modelos econômicos de mineração 16
- Figura 5: Perfuratriz Rotativa 17
- Figura 6: Desmonte do minério por uso de explosivos 18
- Figura 7: Operação de Carregamento na Mineração 19
- Figura 8: Processo de carregamento do minério e ou estéril 20
- Figura 9: Fluxograma típico de processamento de minério de ferro 21
- Figura 10: Programação de desmonte 25
- Figura 11: Mapa das áreas 26
- Figura 12: Tempo médio de parada 26
- Figura 13: Área perfurada para uso de explosivos 27
- Figura 14: Execução de desmonte 27



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos custos de lavra	22
Gráfico 2: Custo desmonte químico x desmonte mecânico	28
Gráfico 3: Desmonte mecânico	29
Gráfico 4: Impacto do desmonte nos equipamentos	30
Gráfico 5: Impacto do desmonte ano de 2022	31
Gráfico 6: Carta de controle	32



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações técnicas CAT 793 24



Curso de Especialização
em Engenharia Mineral



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAT Caterpillar

ROM Run of Mine

UNIFAL-MG Universidade Federal de Alfenas



Curso de Especialização
em Engenharia Mineral



Sumário

1 INTRUDUÇÃO	10
1.2 Justificativa	11
1.3 Objeto Geral	11
1.4 Objetos específicos	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS	12
2.1.1 Lavra a céu aberto	13
2.1.2 Planejamento.....	15
2.1.3 Perfuração e Desmonte de Rocha	18
2.1.4 Carregamento.....	19
2.1.5 Transporte	20
2.1.6 Processamento	21
2.1.7 Custo de lavra	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4 ESTUDO DE CASO	25
4.1 LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	25
4.2 Resultado	26
5 CONCLUSÃO	35



1 INTRODUÇÃO

Devido à grande competitividade nos tempos atuais, as empresas buscam aprimorar-se nas execuções das operações unitárias de lavra, sempre buscando qualidade, segurança e custo competitivo, tornando cada vez mais importantes a maximização do lucro, focando no aumento da produtividade e mitigando as perdas inerentes ao processo.

A indústria mineira vem buscando incessantemente a redução de custos, principalmente em suas operações. Desde a perfuração e desmonte de rochas até o carregamento e transporte, existem diversas variáveis que influenciam na eficácia da operação bem como no seu custo. Sendo assim, essas etapas têm ganhado cada vez mais atenção da engenharia e, assim, resultando em estudos que minimizam os seus gastos sem comprometer a qualidade do produto e a produtividade da mina.

As percepções do Mine to Mill propõe que as operações da mina devem trabalhar de forma sistêmica reduzindo custos e não de forma individual. Sendo assim, deve-se otimizar a perfuração e desmonte de maneira que proporcione uma pilha adequada para os equipamentos de carregamento e transporte trabalharem de forma eficiente bem como uma granulometria e forma que atendam as especificações da usina de tratamento, maximizando a produção.

As operações mineiras são realizadas focando-se na matéria-prima que agregam valor para o negócio e gera valor econômico, entenda-se por esse valor aquele material quando extraído que representa a atividade fim de uma empresa de mineração, que geralmente é o minério, em situações em que este material não esteja exposto na superfície, a remoção do material de cobertura, material sem valor econômico, especificado como estéril, porém, se faz necessário a retirada deste material.

As etapas do processo de lavra de minas são compostas por perfuração, desmonte, carregamento e transporte. A perfuração de rocha é a primeira etapa das operações unitárias de lavra, onde requer a utilização de uma perfuratriz para executar vários furos no maciço rochoso para inserção dos explosivos. A segunda etapa é o desmonte de rochas e tem por finalidade fragmentar o material na frente de lavra. O carregamento é a terceira etapa no qual é responsável por realizar o carregamento do material detonada. A quarta etapa é o transporte deste material até a planta de beneficiamento ou depósitos de estéreis.



1.2 Justificativa

O desmonte de rocha representa uma área de destaque na mineração, pois tem influência direta no tempo de carregamento e na produtividade. As paradas para realizar os desmontes de rocha é inerente ao processo e fundamental para maximizar a produção, pois possibilita uma melhor performance. Desta forma, a otimização das paradas para detonação com foco na mitigação dos custos operacionais, associado ao aumento de utilização dos equipamentos e a consequente produção, justifica e salienta a importância do estudo.

1.3 Objeto Geral

Objetivo principal desta proposta de trabalho consiste em reduzir o tempo de parada dos equipamentos para realização de desmonte de rocha.

1.4 Objetos específicos

- ✓ Padronizar as etapas de planejamento e execução do desmonte;
- ✓ Avaliar através de um estudo de caso os resultados;
- ✓ Realizar brainstorming do processo;
- ✓ Avaliar qualitativa e quantitativamente a prática atual no planejamento e execução do desmonte.



2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS

De acordo com Freitas Júnior (2018) a mineração está inserida no desenvolvimento da sociedade desde o início da evolução humana. Para extração desses recursos minerais são criadas várias empresas mineiras com vida útil secular, os recursos têm uma relevância significativa para o desenvolvimento da sociedade, principalmente na região de operação deste empreendimento.

De acordo com Damasceno (2008) as operações mineiras a céu aberto são compostas por um conjunto de atividades que podem ser divididas em fases:

- ✓ Prospecção: etapa que desenvolve a busca por minérios;
- ✓ Pesquisa: etapa que realiza os estudos necessários para definição da jazida, modelamento e avaliação, conseqüentemente demonstrado a viabilidade do empreendimento;
- ✓ Desenvolvimento: atividades a serem realizadas com objetivo de deixar disponível para a lavra da jazida pesquisada;
- ✓ Exploração: etapa que realizada a extração do minério em seu local de origem e o transporta ao ponto de uso ou beneficiamento. Alguns autores costumam introduzir mais uma fase nos empreendimentos de mineração. Essa fase corresponde à recuperação dos terrenos degradados pelas atividades mineiras e desativação (ou descomissionamento) da mina. A etapa de exploração ou lavra, contexto em que a perfuratriz, foco deste trabalho, está inserida, é a etapa em que o empreendimento se encontra em sua fase produtiva. Essa etapa pode ser dividida em diversas atividades que vão do planejamento da lavra até a entrega dos minérios à etapa de processamento.



2.1.1 Lavra a céu aberto

Conforme Amankwah (2011), a lavra a céu aberto pode ser entendida como uma operação de mineração, em que é feita a escavação de minério e estéril sempre realizada na superfície de uma determinada topografia. Entenda por minério matéria prima que tem valor econômica, já o estéril material sem valor econômico agregado, porém, a sua retirada é essencial para liberação de minério da frente de lavra.

Segundo Girodo (2005) a lavra a céu aberto nada mais é do que uma escavação ampla da superfície do terreno com o propósito de extrair minerais metálicos e não metálicos, em qualquer tipo de rocha. As lavras a céu aberto podem ser desde pequenas raspagens manuais na superfície do terreno até gigantescas escavações que alcançam centenas de metros em profundidade, podendo ocupar dezenas ou eventualmente até centenas de quilômetros quadrados em superfície.

Segundo Blom et al (2018), destaca o fato de que a lavra é mais adequada para corpos geológicos localizados perto da superfície, e a define como um conjunto de cavas, nas quais as camadas horizontais de material, chamadas de bancadas, são extraídas das cotas mais superiores para as inferiores, conforme ilustra Figura 1.

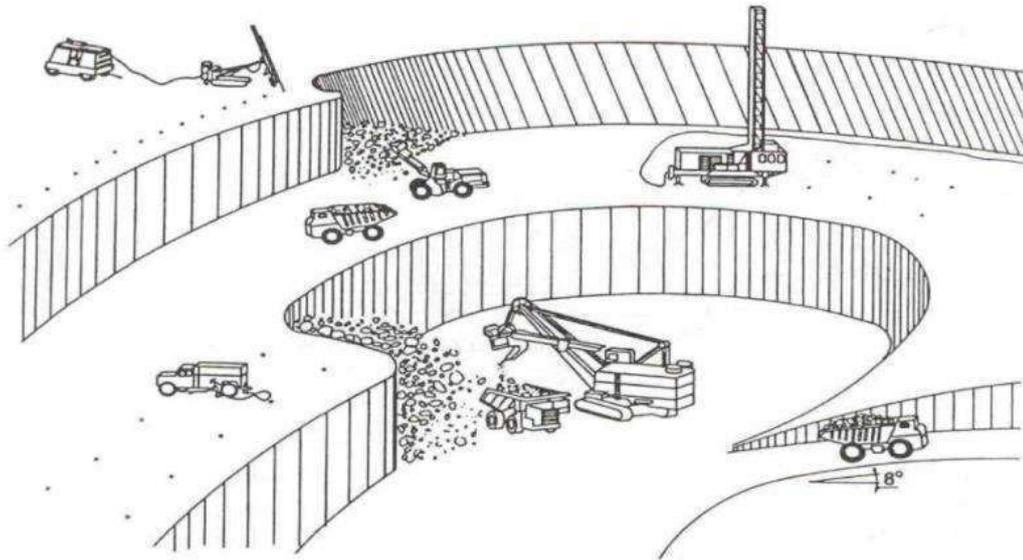


Figura 1: Operações unitárias

Fonte: Souza Jr (2018)

De acordo com Silva (2008) na mineração a céu aberto, o método mais utilizado é a lavra por bancadas (Figura 2). Este tipo de lavra pode ser definido como um processo de mineração onde depósitos de subsuperfícies a superfície é escavada em forma de bancos. Geralmente este método é utilizado em depósitos minerais regulares, possuindo larga escala em termos de taxa de produção, sendo responsável por mais de 60% de toda a produção lavrada por métodos de superfície. Por ser este método tão importante, se fez necessário o detalhamento deste em um tópico específico que será mostrado adiante.



Figura 2: Lavra por bancadas mina de Brucutu

Fonte: Time Magazine (2013)

2.1.2 Planejamento

Para Silva (2021), o planejamento de lavra é uma disciplina fundamental para se atingir resultados satisfatórios nas operações de mineração, e é de extrema importância que sejam tomadas boas decisões que resultem nas melhores práticas de extração, visando sempre o melhor aproveitamento da jazida de forma segura, sustentável e perene.

Segundo Girodo (2005) o planejamento da lavra a céu aberto deve proceder concomitantemente com o seu estudo de viabilidade técnica-econômica. Quando se estabelece a escala de produção para o projeto mineiro definitivo, os estudos de lavra devem ser feitos de forma bastante detalhada para evitar possíveis erros futuros. Para obtenção de resultados melhores durante a execução de qualquer atividade, obrigatoriamente, precisa-se de um bom planejamento, isso não é diferente na exploração mineral.

Atualmente, para uma melhor otimização das operações de planejamento de mina é comum a utilização de softwares dedicados para esta atividade, conforme ilustra Figura 3.

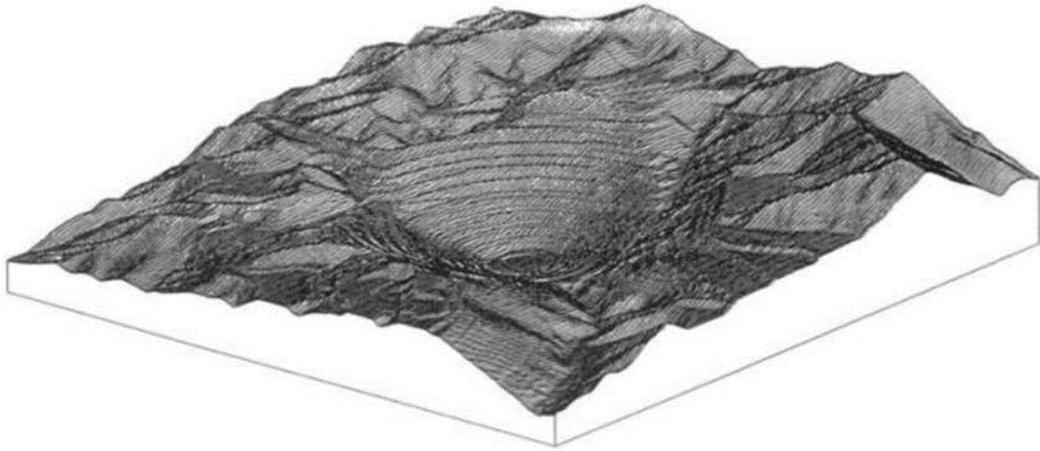


Figura 3: Exemplo da utilização de software para planejamento de lavra

Fonte: (HISTRULID; KUČHTA; MARTIN, [s.d.])

Para Silva (2021), o planejamento de lavra deve estar presente em todas as fases do empreendimento mineral, para que seja possível alcançar o aumento da aderência das operações aos objetivos definidos pelo planejamento. Desse modo, o planejamento é classificado de acordo com o horizonte de tempo das ações a serem executadas nas atividades de mineração, ou seja, em longo, médio e curto prazo. À medida que o nível de informações aumenta, as incertezas associadas à abertura do empreendimento mineral diminuem, possibilitando que o planejamento de lavra progrida para etapas cada vez mais detalhadas. A Figura 4 ilustra o fluxograma dos estágios de planejamento de mina.

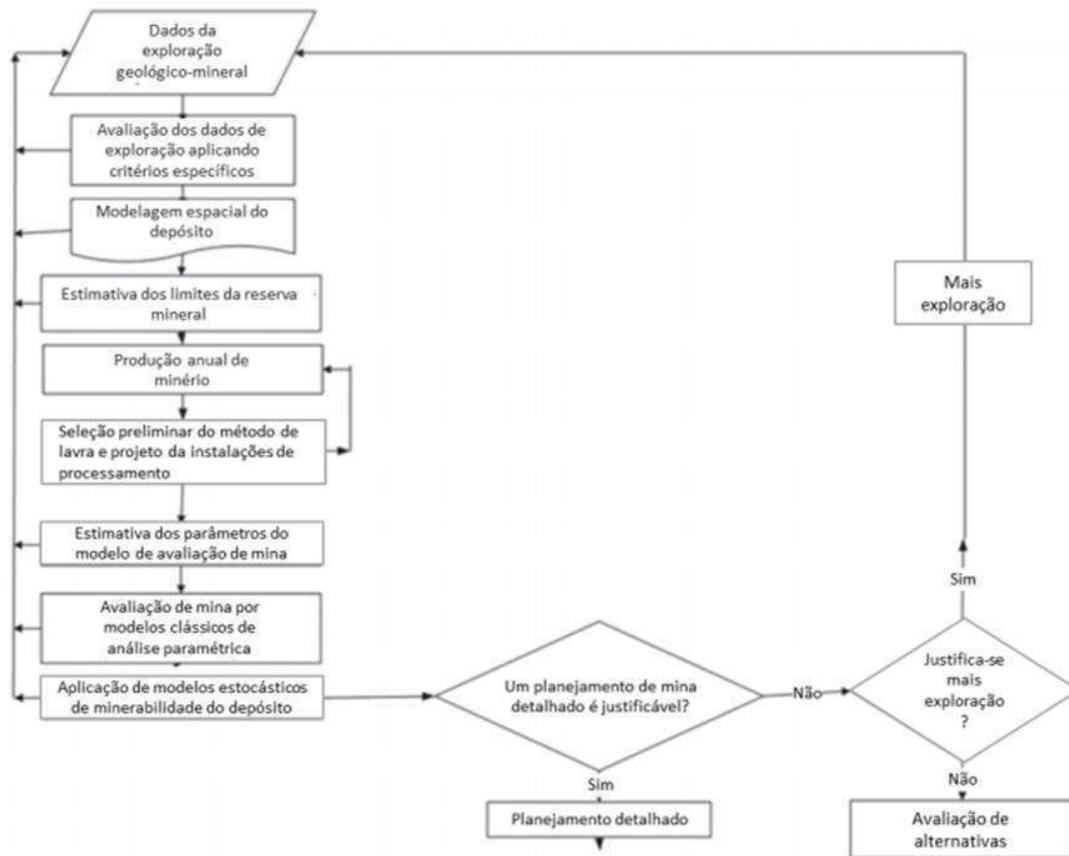


Figura 4: Fluxograma dos estágios de planejamento da mina

Fonte: Roumpos et al (2016)

De acordo com Pantuza Jr (2011), com o planejamento estratégico de produção bem estruturado e eficiente, fazem com que as empresas consigam permanecer competitivas no mercado, com a melhoria contínua de seus processos produtivos e a diminuição de seus impactos sobre o meio ambiente.



2.1.3 Perfuração e Desmonte de Rocha

Uma vez que o corpo do minério o qual se deseja explorar já está disponível, faz-se necessária a “ruptura” das rochas para que sejam carregadas. Em muitos casos se faz essa ruptura através da escavação mecânica, que é o caso em que a rocha é inteiramente removida da face da mina pela ação de ferramentas de corte. Esse tipo de método se tornou muito comum nos últimos anos devido à sua maior segurança, principalmente quando são aplicados em minas subterrâneas. Todavia, em alguns casos, como nos casos em que o material a ser desmontado apresenta grande dureza é utilizado o desmonte químico. Nesse caso é feito o uso da perfuração e em seguida o desmonte através de explosivos. Nos casos em que é feito o desmonte através de explosivos são necessários furos no corpo de minério a ser detonado, a fim de se inserir o material explosivo. Para execução desses furos são utilizadas as perfuratrizes (DARLING, 2011). Na Figura 5 é representada uma perfuratriz com esse princípio de funcionamento.



Figura 5: Perfuratriz Rotativa

Fonte: CAT (2017)



A Figura 6 exemplifica o desmonte do material (minério) por meio do uso de explosivos.



Figura 6: Desmonte do minério por uso de explosivos

Fonte: Nitronel (2013).

2.1.4 Carregamento

Uma vez o minério detonado, faz-se necessário fazer o carregamento desse material nos meios de transporte que o levarão ao seu destino. A operação de carregamento é uma das etapas de menor complexidade dentro do processo de mineração. Todavia esta impacta, consideravelmente, nos custos totais da lavra, além de em alguns casos ser o gargalo dessas operações (Figura 7). A operação de carregamento está intimamente ligada à operação de transporte, nesse sentido a escolha dos equipamentos comumente é feita baseada nos equipamentos utilizados na operação de transporte, além, é claro, de sua produtividade, custo e custos de aquisição e operação. Existem os mais variados tipos de equipamentos para o carregamento de minérios, como por exemplo, *draglines* e *clam shells*. Todavia, na maioria das minerações ao redor do mundo as carregadeiras frontais e as escavadeiras são as mais comumente utilizadas (GIRODO, 2005).

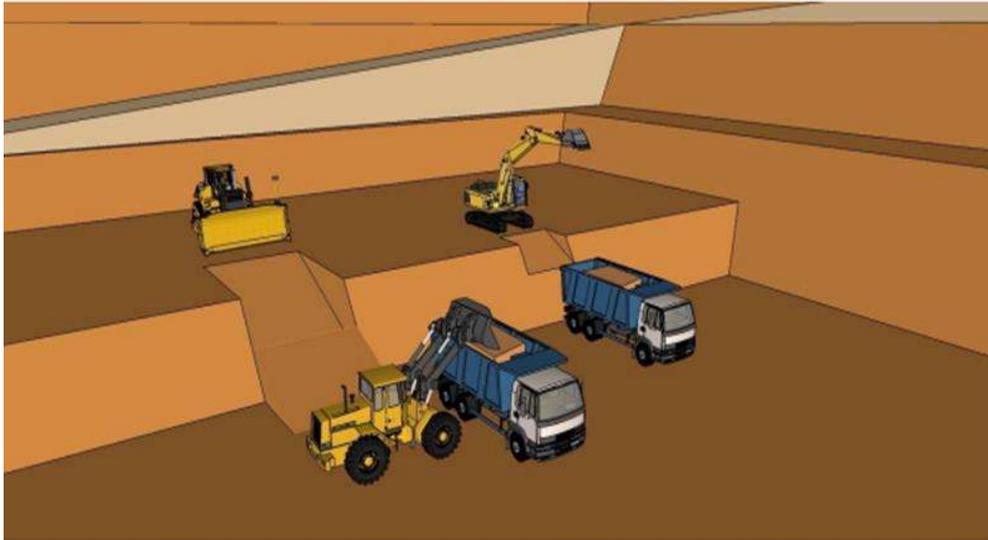


Figura 7: Operação de Carregamento na Mineração

Fonte: Ferreira (2013)

2.1.5 Transporte

A operação de transporte consiste em transportar o material extraído da jazida até diferentes pontos de descarga (Figura 8). Esta fase tem início quando os caminhões são direcionados até uma determinada frente de lavra, de forma que, os equipamentos de carga que são alocados nas frentes retiram o material e posteriormente carregam os caminhões. Os caminhões carregados transportam o material até um determinado ponto de descarga e, em seguida, voltam para uma frente de lavra disponível, onde repetirão as mesmas operações (QUEVEDO, 2009).



Figura 8: Processo de carregamento do minério e ou estéril

Fonte: Ferreira (2013)

2.1.6 Processamento

Os minérios provenientes da mina, normalmente, não estão prontos para sua comercialização ou uso. Em geral para se ter valor comercial é necessário que o ROM passe por um processo de processamento ou beneficiamento. Essa etapa consiste em ajustar a granulometria do material, bem como em alguns casos fazer a separação do minério de interesse em teores adequados para a sua comercialização. Esse processo de beneficiamento ocorre em diversas etapas e varia principalmente de acordo com as características do minério a ser tratado e as características aceitas pelo mercado FREITAS JÚNIOR (2018). A Figura 9 é o fluxograma macro de um processo de beneficiamento de minério de ferro.

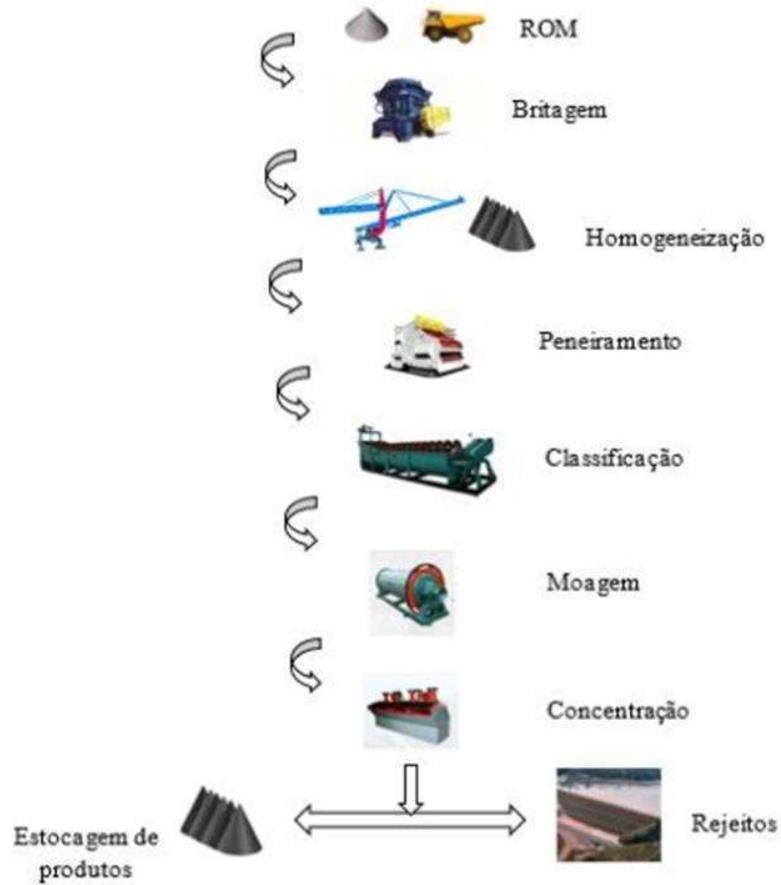


Figura 9: Fluxograma típico de processamento de minério de ferro

Fonte: Freitas Júnior (2018)



2.1.7 Custo de lavra

Lopes (2010) relata que grande parte das minas que operam pelo método convencional de lavra por caminhões tem a composição de seus custos de lavra divididos conforme Gráfico 1, onde observa-se a maior parte dos custos (52%), é ocupada pelo custo com o transporte de caminhões.

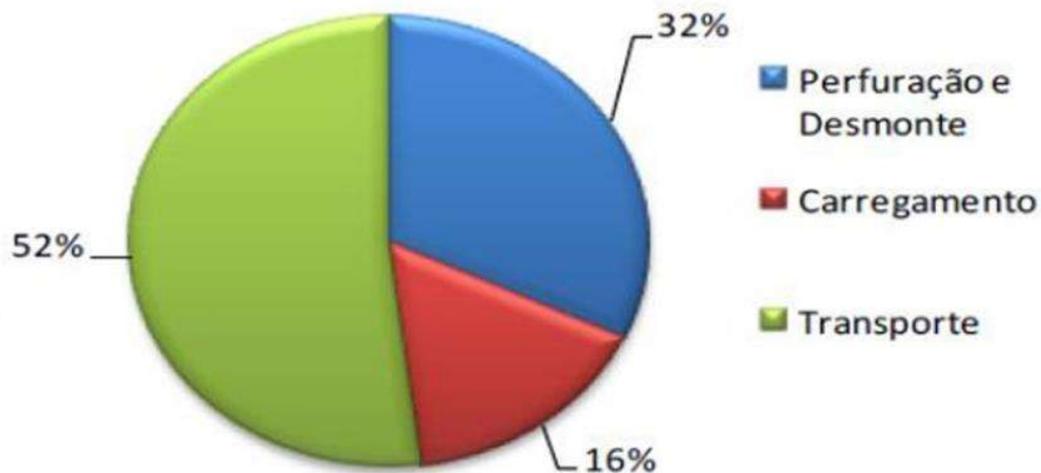


Gráfico 1: Distribuição dos custos de lavra

Fonte: Lopes (2010)



3 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho se deu a partir da utilização de informações reais de um complexo de mineração no Quadrilátero Ferrífero. Serão abordados os materiais e métodos utilizados para definição de KPI's, cujo objetivo é aumentar a produtividade da operação de carga e transporte de minério com o auxílio de um sistema de despacho eletrônico. Na sequência foi apresentada a metodologia de classificação e realizou-se análise dos dados.





4 ESTUDO DE CASO

4.1 LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A mina objeto de estudo está localizada no município de Congonha/MG no Quadrilátero Ferrífero e distância cerca de 80 km da capital do estado.

Para escoamento da produção são utilizados caminhões fora de estrada modelo Caterpillar 793, com capacidade de transportar 240 toneladas. A Tabela 1 mostra as especificações técnicas do caminhão.

variáveis	Informações técnicas	
	793 D	793 F
Acionamento	Diesel	Diesel
Peso operacional (kg)	383.749	386.007
Potência	2.337 HP	2.478 HP
Modelo motor	Cat 35168 HD EUI	Cat C175-16
Payload (t)	240	240
Cap. Tanque de diesel (l)	4.354	2.839
Altura (m)	6,494	6,603
Comprimento (m)	12,862	13,702
Largura (m)	7,680	8,295

Tabela 1: Especificações técnicas CAT 793

Fonte: Caterpillar (2016)



4.2 Resultado

A Figura 10 ilustra a programação para realização de desmonte.



Figura 10: Programação de desmonte

Fonte: Autor (2022)



A Figura 11 mostra o local de operação dos equipamentos no mapa e o raio e interferência do desmonte.

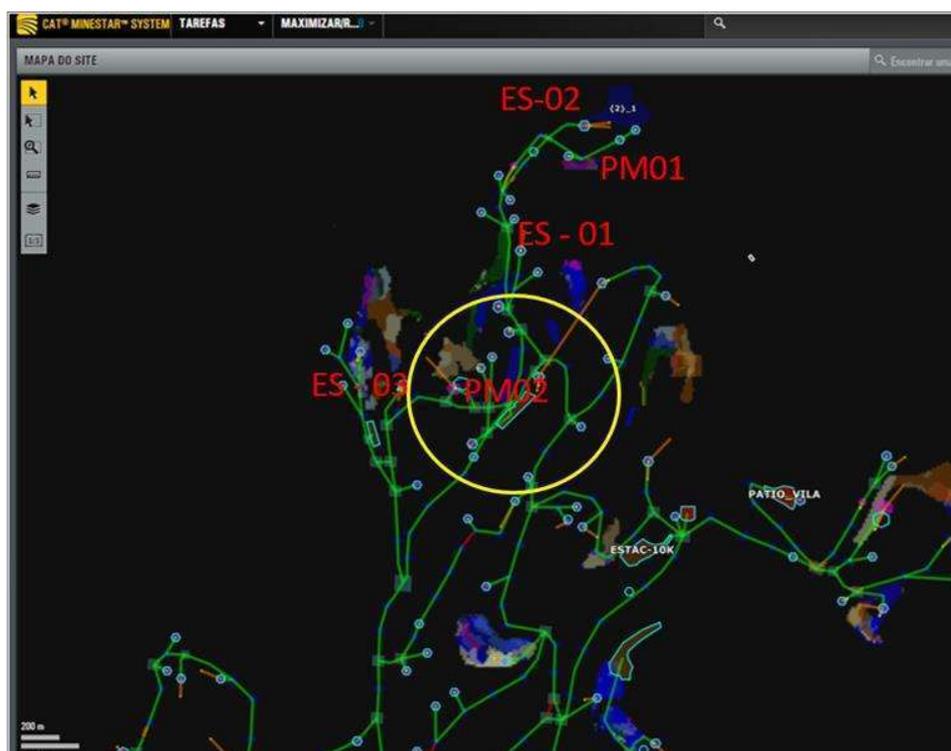


Figura 11: Mapa das áreas

Fonte: Autor (2022)



A Figura 12 ilustra o tempo de parada de cada equipamentos de carga.

Carga	Ag. Detonação (h)	Deslocamento Detonação (h)
ES- 01	0,42	0,0
ES- 02	0,42	1,0*
ES- 03	0,42	0,0
PM01	0,39	0,0
PM02	0,45	0,5*
Total	3,6 h	

* Tempo Médio

Figura 12:Tempo médio de parada

Fonte: Autor (2022)

A Figura 13 ilustra a área perfurada.



Figura 13: Área perfurada para uso de explosivos



Fonte: Autor (2022)

A Figura 14 ilustra a detonação da área.



Figura 14: Execução de desmonte

Fonte: Autor (2022)



O gráfico 2 ilustra o custo de desmonte químico e desmonte mecânico.

Custo Massa Desmontada x Corte Carga

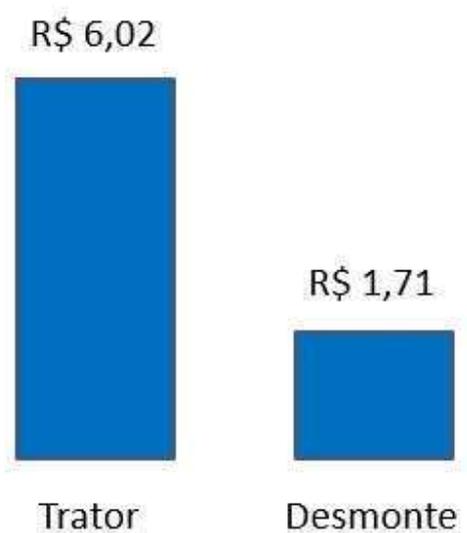


Gráfico 2: Custo desmonte químico x desmonte mecânico

Fonte: Autor (2022)



No Gráfico 3 ilustra a quantidade de horas que foram utilizados tratores de esteiras para desmonte mecânico, podemos observar uma redução de 2.383 horas entre os anos e 2021 e 2022.

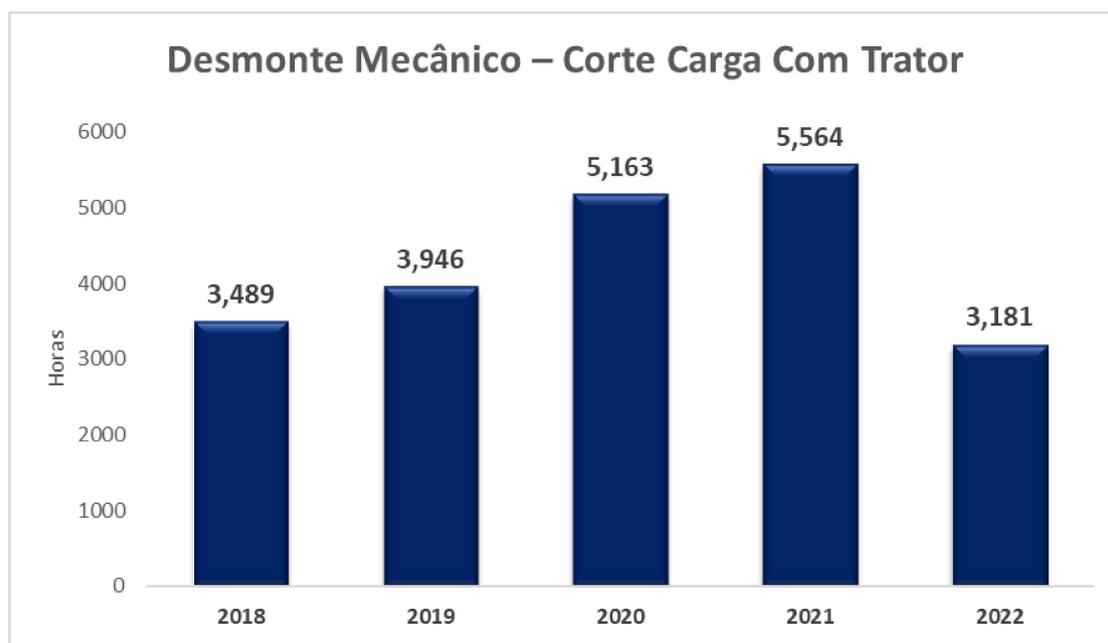


Gráfico 3: Desmonte mecânico

Fonte: Autor (2022)



O Gráfico 4 ilustra o histórico dos impactos gerados pelo desmonte de rocha, pode-se observar que no ano de 2022 não houve apontamentos nos equipamentos de falta de frente desmontada, e uma redução de 340 horas dos equipamentos parado no código de aguardando desmonte.

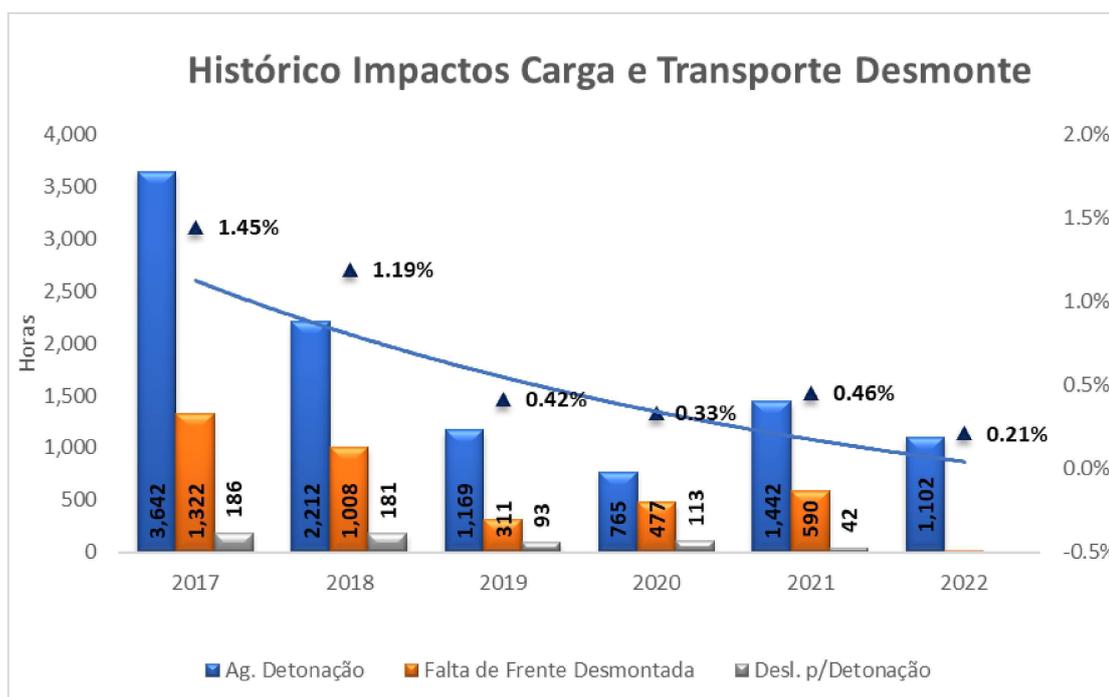


Gráfico 4: Impacto do desmonte nos equipamentos

Fonte: Autor (2022)



O Gráfico 5 ilustra o histórico dos impactos gerados pelo desmonte de rocha segregados mensalmente referentes ao ano de 2022, pode-se observar uma redução de 2.470 horas que estavam programados para a parada dos equipamentos.

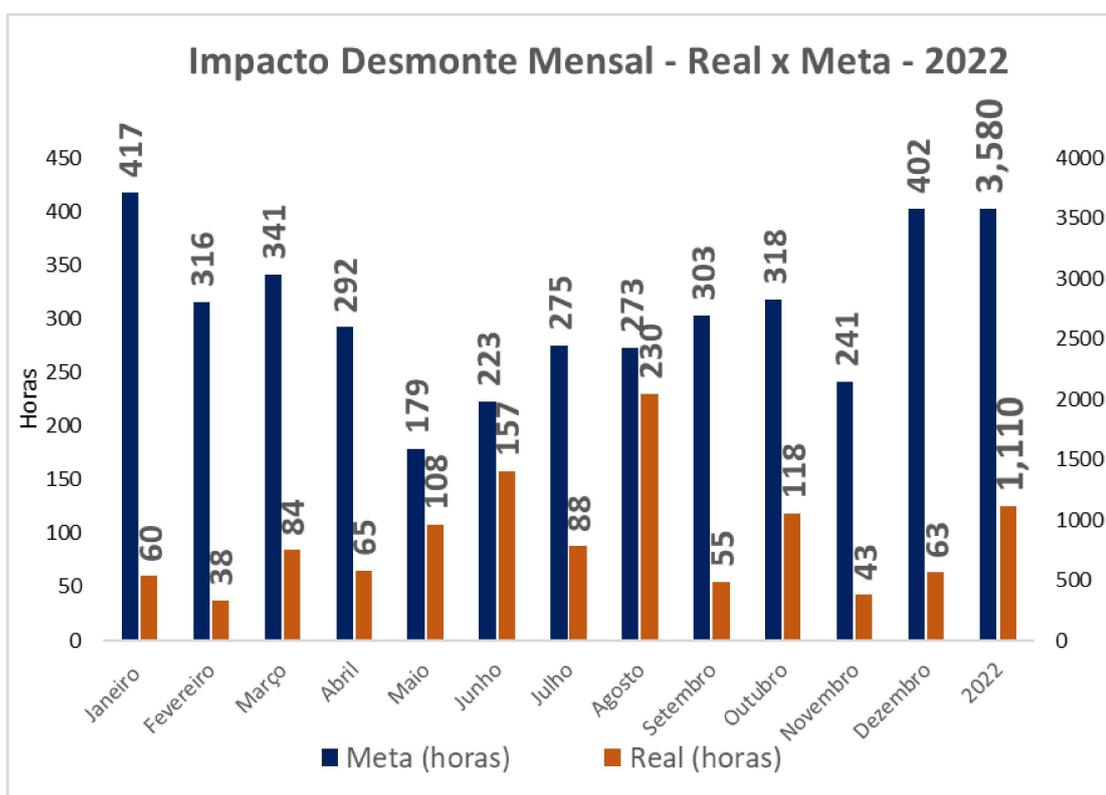


Gráfico 5: Impacto do desmonte ano de 2022

Fonte: Autor (2022)



O Gráfico 6 ilustra que a média de carga desmontada era de 169.871 toneladas, já no ano de 2022 essa média de carga desmontada foi de 223.518 toneladas, em média um aumento de 53.647 por desmonte.

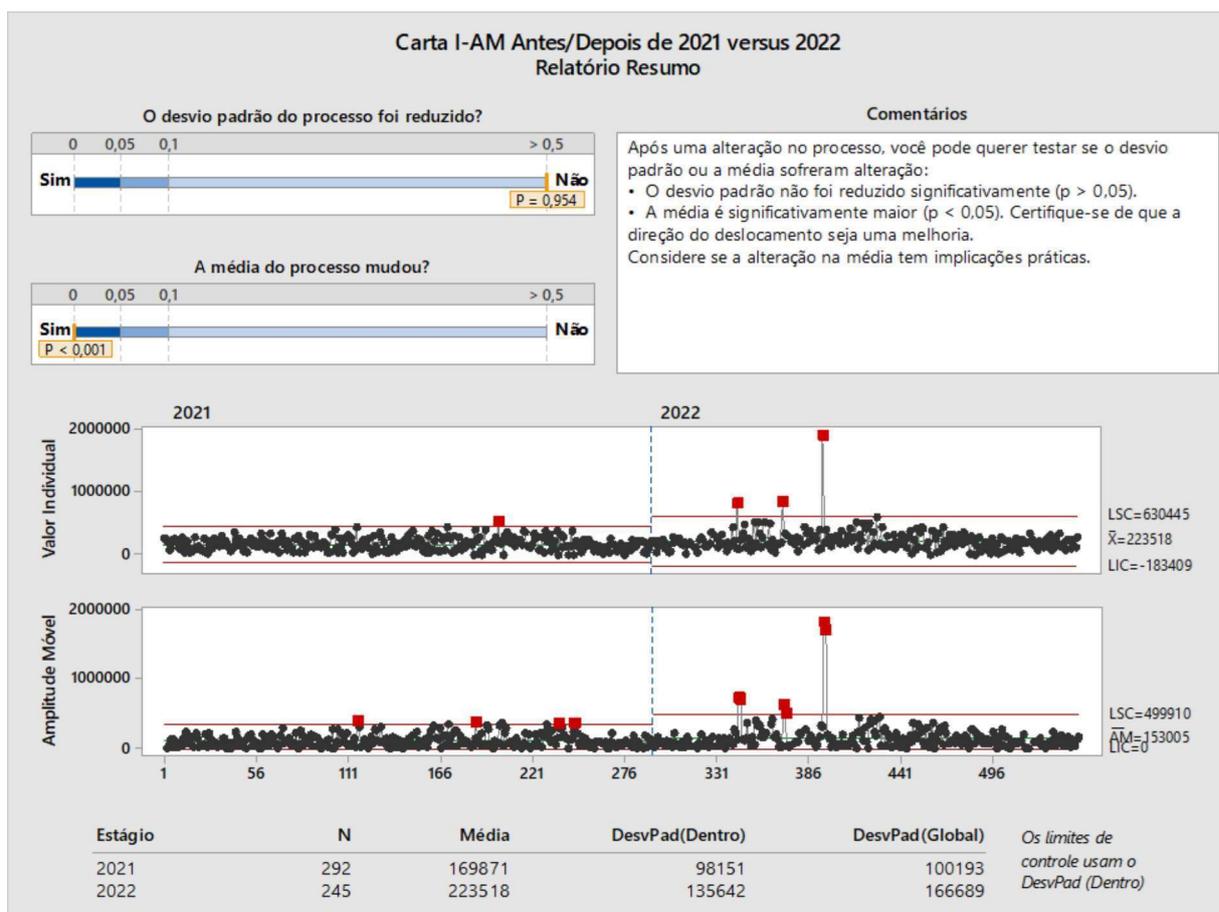


Gráfico 6: Carta de controle

Fonte: Autor (2022)



5 CONCLUSÃO

O desmonte de rocha é um processo que deve ser conduzido com extrema atenção à segurança e ao planejamento cuidadoso para controlar os riscos e garantir uma operação eficiente. É essencial ter um plano detalhado para o desmonte, incluindo a localização exata das explosões, a sequência de detonação e as medidas de segurança.

A comunicação com todos os envolvidos na operação de mina, garantindo que todos estejam cientes do horário, certificar que a área onde o desmonte ocorrerá seja isolada adequadamente a fim de impedir o acesso de pessoas não autorizadas. A parada de equipamentos para o desmonte de rocha é uma prática comum e necessária usadas para fragmentar as rochas, que podem ser mais facilmente de ser manipuladas e transportadas até as instalações de beneficiamento de minério.

A gestão das paradas de equipamentos para desmonte de rocha é essencial para maximizar a eficiência operacional e mitigar os custos. Com a otimização, foram observadas significativas reduções nas paradas dos equipamentos, reduziu-se 42,82% a utilização de trator de esteira (Desmonte mecânico) gerando carga, redução de 23,57% no tempo de parada dos equipamentos no código aguardando detonação, não houve equipamento parado no código falta de carga desmontada e deslocamento para detonação, contabilizando uma redução de 100%, em média houve aumento de 31,58% no que tange a massa desmonte.

A otimização do desmonte de rochas pode trazer diversos benefícios significativos para a mineração, não só melhora a eficiência e produtividade da operação, mas também contribui para redução de custos e controle da segurança, além de um menor impacto ambiental, contribuindo para uma operação bem-sucedida.



6 BIBLIOGRAFIA

AMANKWAH, H. Mathematical Optimization Models and Methods for Open-Pit Mining. 2011. 50 p. Dissertação (Mestrado) - Department of Mathematics, Linköping University, Linköping, Sweden, 2011.

BLOM, M., PEARCE, A.R., STUCKEY, P.J. Short-term planning for open pit mines: a review. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, v. 33, p. 318- 339. 2018.

CATERPILLAR - Catálogo: Perfuratriz Giratória - MD6240, disponível em Caterpillar Brasil: <http://brasil.cat.com/>. Acesso em 07 de Julho de 2023.

CATERPILLAR. Caterpillar Performance Handbook. 46 ed. Illinois: Caterpillar Inc., janeiro 2016.

DAMASCENO, C. S. R. Modelagem Geológica e Geomecânica 3D e Análises de Estabilidade 2D dos Taludes da Mina de Morro da Mina, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil. Rio de Janeiro, 2008. 156 p.

DARLING, P. SME Mining Engineering Handbook. [s.l.] Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 201.

FREITAS, L. R. DE. Abordagem Sistêmica Aplicada À Perfuratriz Autônoma: Uma Análise com Foco na Segurança Operacional e Cibernética. 2018.113 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.

FERREIRA, LEONARDO ASSIS. Escavação e exploração de minas a céu aberto. Universidade Federal de Juiz de Fora, p.134, 2013.

GIRODO, A. C. Mineração: Projeto ApaSul RMBH – Estudos do Meio Físico. v. 2. Belo Horizonte, 2005. 168 p.

HUSTRULID, W.; KUCHTA, M.; MARTIN, R. Open Pit Mine Planning & Design. 3. ed. [s.l.] CRC Press, [s.d.].

PANTUZA JÚNIOR, G. Métodos de otimização multiobjetivo e de simulação aplicados ao problema de planejamento de lavra em minas a céu aberto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, p.1, 2011.

LOPES, J. R. Viabilização técnica e econômica da lavra contínua de minério de ferro com uso de sistema de britagem móvel “In Pit” autopropelido. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Brasil. 2010.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



NITRONEL - Detonação, disponível em Nitronel: <http://www.nitronel.com.br/>. Acesso em 05 de Agosto de 2023.

QUEVEDO, J. M. G. Modelo de Simulação para o Sistema de Carregamento e Transporte em Mina a Céu Aberto. Rio de Janeiro, 2009. 133 p

ROUMPOS, C.; PAVOUDAKIS, F.; KOURIDOU, O. Managing Surface Lignite Mining Projects in a Competitive Environment. IX International Brown Coal Mining Congress, At Bełchatów, Poland, P. 435 – 444, 2016.

SILVA, R. S. Aprendizado de máquina aplicado ao planejamento de lavra de curto prazo para o aumento do desempenho operacional de equipamentos de mina. 2021.112 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2021.

TIME MAGAZINE - Open Pit Mining (“Lavra por Bancadas”), disponível em Time Photos: <http://www.time.com/time/photogallery/>. Acesso em 20 de Julho de 2023.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
Campus Avançado de Poços de Caldas
Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária
CEP: 37715-400 - Poços de Caldas/MG



Curso de Especialização
em Engenharia Mineral