

## **A IMPORTÂNCIA DO ACOMPANHAMENTO TÉCNICO NO DESENVOLVIMENTO DE LAVRA EM PEQUENAS PEDREIRAS – ESTUDO DE CASO**

**Julia Barbo Roldão<sup>1</sup>**

**Marcio Zanuz<sup>2</sup>**

**Resumo:** As pequenas pedreiras vêm sofrendo com a falta do acompanhamento técnico regular do engenheiro de minas em suas operações. O presente estudo tem como objetivo enfatizar a relevância do responsável técnico para garantir a segurança, otimização da exploração mineral, aumento da produtividade e eficiência econômica no empreendimento minerário. Por meio de um acompanhamento técnico periódico, conforme previsto pela carga horária mínima definida pelo CREA-SC, foi elaborado um relatório abordando diagnósticos dos principais pontos de alto custo e baixa eficiência. A partir deste diagnóstico, foram propostas sugestões e aplicações de novas práticas atualizando os aspectos conceituais. Como resultados apresentados, destaca-se as diferentes alternativas de testes propostos para a melhoria no tamponamento do desmonte de rochas, o aumento da produtividade na operação da escavadeira, e ainda, sugestões técnicas para o plano de fogo e o emprego de ajustes na planta de beneficiamento, proporcionando um desempenho produtivo mais eficaz na pedreira objetivo deste estudo.

**Palavras-chave:** Pequena mineração. Pedreira. Acompanhamento técnico.

### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país de vasta extensão e diversidade de minerais de interesse econômico, fato que o coloca em destaque no panorama mundial da mineração. Segundo relatório do IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração (2020), no ano de 2019, o Brasil contava com 18.040 unidades produtoras de bens minerais. Desse total, as que produzem os minerais de uso na construção civil são as que representam o maior número, ocupando os três primeiros lugares no *ranking*. As areias representam um número de 4.601 unidades, seguido por pedreiras com um total de 2.574 unidades e as argilas representando o número de 2.526 unidades.

Apesar desta representatividade, as jazidas de areia, rochas britadas e argila, são na sua grande maioria mineradoras de pequeno porte e simples operação onde o engenheiro atua como responsável técnico, que por determinação do CREA-

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Minas, 2023. E-mail: juliabarbo98@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. do Centro Universitário UniSATC. E-mail: marcio.zanuz@satc.edu.br



SC - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina (2023), deve realizar ao menos uma visita semanal de quatro horas, a fim de acompanhar toda a operação.

Porém na prática isso nem sempre acontece, pois, o engenheiro de minas é um profissional escasso no mercado. Conforme dados disponíveis no CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (2023), o Brasil possui aproximadamente cerca de seis mil engenheiros de minas registrados no conselho, um número muito pequeno em relação a quantidade de minas e unidades produtoras no Brasil. A disponibilidade da grande maioria desses profissionais está concentrada nas minerações de médio a grande porte.

Como consequência, as pequenas jazidas vêm sofrendo com a falta de um acompanhamento regular do responsável técnico qualificado nas operações de lavra e beneficiamento (LAUAR, 2011). Apesar da simplicidade da operação dessas minas, a falta de acompanhamento do engenheiro de minas pode levar a adoção de métodos empíricos inadequados, que acarretam um baixo aproveitamento do bem mineral, o que, além de não ser uma prática aceitável para um bem não renovável, afeta diretamente na economicidade do empreendimento, podendo significar, inclusive, sérios acidentes de trabalho, danos e impactos ao meio ambiente.

Observando este cenário, o presente estudo foi realizado a partir do acompanhamento regular das atividades de uma pedreira de basalto, localizada em Santa Catarina, no qual executou-se o levantamento dos custos operacionais e o processo produtivo, como o desmonte de rochas, ciclo de carregamento e transporte e a britagem, com o objetivo de obter-se, por meio do olhar técnico, o diagnóstico das fragilidades do processo.

A partir do levantamento de dados, realizou-se uma real análise e entendimento da problemática, no qual foram aplicados conceitos e fundamentos engenharia de minas, para a sugestão de novas práticas, com foco na otimização do processo, aumento da produtividade e redução dos custos operacionais da empresa, a fim de evidenciar o protagonismo que o responsável técnico tem nos resultados dentro da operação.

## **2 ROCHA BASÁLTICA, DEFINIÇÃO E APLICAÇÕES**

Originado a partir de erupções vulcânicas, o basalto é uma rocha magmática extrusiva maciça encontrada de forma abundante na crosta terrestre. Seu processo de formação se dá a partir do resfriamento e solidificação do magma. Possui coloração escura e textura afanítica, ou seja, seus cristais não podem ser vistos e definidos a olho nu. É constituído principalmente por minerais de feldspato, plagioclásio e piroxênio. (MENEZES, 2013).

Por apresentar alta resistência mecânica e uma diversidade de elementos químicos em sua composição, as rochas basálticas podem ser utilizadas em diversas aplicações. O seu principal uso é na forma de agregados para a construção civil, por ser uma rocha homogênea, resistente e abundante. Essas características atendem as necessidades do mercado, tornando-o amplamente utilizado em calçamentos, pavimentações, concretos, fundações e produtos cimentícios. (QUARESMA, 2009).

Os agregados para construção civil são produtos de diferentes formatos e granulometrias. São classificados de maneira geral como agregados miúdos ou graúdos, conforme o tamanho das partículas, e naturais ou artificiais, podendo ser obtidos naturalmente de rochas fragmentadas pela ação do intemperismo, ou a partir da cominuição de maciços rochosos, por meio de explosivos e britadores. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

Segundo Quaresma (2009), no processo de cominuição e britagem, diferentes granulometrias são produzidas, classificadas como, rachão, gabião, brita graduada, brita 0, 1, 2, 3, 4 e 5, bica corrida, pó de pedra e areia de brita. Cada uma dessas faixas granulométricas pode ser empregada para fins variados, conforme o tamanho das partículas. Embora a maior parte do basalto britado seja utilizada na forma de concreto, uma parte do material produzido é empregado em drenagem de fossas, muros de contenção, base para pisos, entre outros. (ALMEIDA; MARQUES, 2013).

### **2.1 DESENVOLVIMENTO DE LAVRA EM PEDREIRAS**

A atividade de lavra consiste basicamente, na execução de um conjunto de trabalhos necessários para que haja um aproveitamento seguro, sustentável ao meio



ambiente, e principalmente economicamente viável na venda do minério. O método de lavra utilizado vai depender do estudo e conhecimento prévio do minério de interesse. De maneira geral, nesta etapa é fundamental realizar uma prospecção para conhecer o tipo de depósito mineral e as características geológicas da rocha. (CURI, 2014).

Por se tratar de uma rocha maciça vulcânica extrusiva, formando depósitos na superfície da crosta terrestre, a extração do basalto consiste na lavra a “céu aberto”. No caso da produção voltada aos agregados para construção civil, o método utilizado é o *quarryng* (pedreira), no qual é realizado o desmonte de rocha, que tem por objetivo cominuir em um tamanho padronizado, que posteriormente facilite a etapa de britagem. (CURI, 2014).

Segundo Silva (2020), uma boa economicidade na lavra nesse método está diretamente relacionada a um plano de fogo bem elaborado, para isso, alguns aspectos devem ser levados em consideração na hora de projetar o desmonte, como uma perfuração adequada e os equipamentos de transporte e beneficiamento disponíveis na mina.

### **2.1.1 Plano de fogo**

Segundo Nieble (2017), o plano de fogo para lavra a céu aberto é caracterizado por elementos como altura de bancada, inclinação da face, espaçamento e afastamento, tamponamento, razão de carga e a ligação dos furos. Todos esses elementos devem ser pré-definidos e projetados para depois serem executados no campo.

Segundo Silva (2019) o afastamento é definido pela distância entre uma linha de furos a outra. Já o espaçamento é dado pela distância entre os furos de uma mesma linha. Distâncias excessivas tendem a resultar em fragmentos de rocha maiores, possíveis “repés”, irregularidade na frente do maciço remanescente, altos níveis de vibração no terreno e até ultra lançamentos. Por outro lado, distâncias muito pequenas podem levar a uma projeção descontrolada do material, fragmentos muito finos e ruído excessivo na hora da detonação. A razão de carga é dada pela quantidade de explosivo necessária para desmontar uma tonelada de rocha, que quando bem dimensionada obtém como resultado boa fragmentação e empilhamento



da rocha. Para isso, a ligação entre os furos deve ser projetada a fim de garantir o bom aproveitamento do explosivo.

Ainda conforme o autor, a ligação dos furos tem por objetivo iniciar o fogo e controlar a detonação. Este controle é feito a partir de retardos, que determinam o tempo em que cada furo será detonado. Tempos de retardo maiores evitam a quebra do maciço remanescente, diminuem a vibração do terreno e resultam em uma pilha espalhada do material fragmentado, o que é um ponto positivo se o equipamento de carga utilizado é feito por carregadeiras, por outro lado podem causar cortes na ligação. Já os tempos de retardo menores garantem pilhas mais altas, ideal para o uso de escavadeiras, porém podem causar ondas aéreas e ultra lançamentos.

### **2.1.2 Perfuração**

Na lavra de pedreiras, a perfuração é realizada no maciço rochoso para receber a carga de explosivos que irão ser detonados, a fim de desmontar e cominuir a rocha in situ. Segundo Silva (2020), “a qualidade do desmonte é função da qualidade da perfuração da rocha”. Nesta etapa, alguns aspectos necessitam de atenção e podem ser considerados os mais importantes para a economicidade da empresa, pois serão fundamentais para a obtenção de resultados satisfatórios nas atividades seguintes.

A profundidade dos furos na malha do plano de fogo deve seguir o comprimento planejado. Furos mais curtos no meio da malha resultam em um piso irregular, por pedaços de rocha que não foram desmontadas. Por outro lado, furos mais longos do que o planejado, irão resultar em buracos na praça. Em ambos os casos, levarão a uma dificuldade na passagem dos equipamentos de carga. (SILVA, 2020).

É comum que por fatores como bancadas muito profundas, as características da rocha em si, a qualidade do equipamento e até mesmo a experiência do operador possam resultar em desvios na furação. Estes desvios no ângulo da furação resultam na falta de paralelismo entre os furos, que após a detonação do maciço, pode gerar a ocorrência de blocos grandes de rocha, dificultando o transporte e a cominuição do material, ultralançamentos e vibrações excessivas. (KOPPE; COSTA, 2012).

### 2.1.3 Beneficiamento

O beneficiamento de rochas em pedreiras tem por objetivo cominuir as partículas em diferentes faixas granulométricas, para utilização como agregados na construção civil. Esta etapa pode ser dividida em duas atividades principais: a cominuição e o peneiramento. (LUZ; ALMEIDA, 2012).

O processo de britagem é realizado por meio da aplicação de força de impacto e compressão entre as partículas grosseiras de rocha. Esse processo é dividido em quatro estágios, que são: britagem primária, secundária, terciária e quaternária. Nas pedreiras de pequeno porte, são realizados apenas os dois primeiros estágios da britagem, ou seja, a britagem primária e secundária. (LUZ; ALMEIDA, 2012).

Na britagem primária, o objetivo é reduzir o tamanho do material proveniente do desmonte na lavra. Para essa etapa, são comumente utilizados britadores de mandíbulas. Esses equipamentos possuem mandíbulas móveis e fixas, que aplicam pressão sobre a rocha, fragmentando-a em pedaços menores. (CHAVES; PERES, 2009).

Em seguida, o produto resultante da britagem primária é direcionado para o britador secundário, sendo que, nessa etapa, é habitual o uso de britadores cônicos. Esses britadores possuem um cone móvel que gira no interior de um invólucro fixo, comprimindo o material contra as paredes do invólucro, produzindo faixas granulométricas que atendem às especificações exigidas pelo mercado de agregados destinados à construção civil. É importante ressaltar que os estágios subsequentes, terciária e quaternária, são realizados em pedreiras maiores ou em plantas de britagem mais complexas, e têm como objetivo refinar ainda mais o tamanho do material britado. (CHAVES; PERES, 2009).

O peneiramento tem como objetivo principal realizar a separação das partículas resultantes do processo de britagem, de acordo com sua granulometria. É comumente aplicado na planta de beneficiamento, geralmente posicionado na entrada e/ou saída dos britadores, para realizar uma pré-seleção do material cominuído.

Durante o processo de peneiramento, o material despejado sobre a peneira segue dois caminhos distintos: uma parte é retida na superfície da peneira, denominada *oversize*, enquanto a outra parte passa através das aberturas da malha



da peneira, sendo denominada *undersize* ou passante. A seleção das malhas utilizadas na peneira varia conforme a granulometria desejada para a separação das partículas (CHAVES; PERES, 2009).

Nas pedreiras, é bastante comum a utilização de peneiras posicionadas logo abaixo do britador primário, com o propósito de separar as partículas finas para estocagem e as partículas grossas para serem direcionadas ao britador secundário. Além disso, peneiras vibratórias com múltiplas telas, também conhecidas como decks, são empregadas. Cada deck possui uma malha de tamanho diferente, permitindo a classificação do material proveniente do britador de acordo com as especificações desejadas para as britas produzidas (LUZ; ALMEIDA, 2012).

#### **2.1.4 Ciclo de carga e transporte**

O ciclo de carga e transporte é a etapa do processo produtivo da pedra, responsável por interligar o desmonte de rochas com a planta de beneficiamento, a qual pode ser resumida em três operações, sendo elas, carga, transporte e descarga. Na operação de carga, carrega-se o material desagregado pelo desmonte. Em seguida, no transporte, realiza-se a movimentação da carga até o local de descarga, que por sua vez, trata-se de descarregar o material no britador primário da planta de beneficiamento. O conjunto dessas três operações se repete continuamente, de maneira cíclica, denominando-se ciclo de carga e transporte. (PACHECO, 2022).

Segundo Spínola (1999 apud PACHECO, 2022), para uma seleção assertiva dos equipamentos de carga e transporte, deve-se levar em consideração os fatores naturais, relacionados à natureza do solo, topografia e pluviometria, fatores do projeto, relacionados à geometria projetada para o percurso e o volume de material previsto a ser movimentado, e os fatores econômicos, levando em consideração o custo/benefício do equipamento a ser escolhido.

Ainda que haja a escolha assertiva dos equipamentos de carga e transporte para o empreendimento, conforme Pacheco (2022), a eficiência da operação está diretamente relacionada à qualidade da perfuração e desmonte de rochas, das estradas no percurso e o treinamento adequado do operador.

### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A realização do acompanhamento técnico se baseou na carga horária definida pelo CREA-SC (2023), de 4 horas semanais para minerações de porte 2, que realizam britagem secundária e têm produção média de 5.000 m<sup>3</sup>/mês a 15.000 m<sup>3</sup>/mês. O período total desempenhado para o procedimento experimental iniciou-se na primeira semana do mês de julho de 2023 até a última semana do mês de outubro de 2023, no qual se totalizaram 16 semanas.

Para conduzir um acompanhamento técnico estratégico, visando obter-se resultados dentro do período disponível para o procedimento experimental, foram escolhidos, com base nos dados da empresa, as operações relacionadas aos maiores custos e que apresentam potencial para otimização de processos e redução de gastos. O cronograma da tabela 1 fornece uma compreensão das atividades sujeitas ao acompanhamento técnico, bem como, o período desempenhado para cada uma.

Tabela 1: Cronograma das etapas do acompanhamento técnico.

ATIVIDADES	Julho				Agosto				Setembro				Outubro			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Análise de custos	■															
Desmonte de rochas		■	■													
Ciclo de carga e transporte				■	■	■	■	■								
Britagem primária									■	■	■	■	■			
Relatório e diagnósticos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Sugestões novas práticas															■	■

Fonte: Da autora (2023)

Na primeira semana foi realizado o levantamento dos custos totais da empresa, que junto a uma análise técnica definiu-se as atividades pelas quais seria possível realizar o acompanhamento técnico, bem como, obter resultados relevantes para o estudo.

A atividade de perfuração e desmonte de rochas na pedreira é realizada por empresa terceirizada. Até o início do estudo e acompanhamento técnico, a referida empresa havia executado um total de três desmontes. Com base nos relatórios e filmagens fornecidos por ela, foi realizada uma análise técnica entre a segunda e a terceira semana, onde foram selecionadas imagens que serviram como



fundamentação para os diagnósticos e para as sugestões de ajustes e aprimoramentos, a serem implementados nas próximas detonações. Nessa fase, a abordagem se concentrou no desmonte de rochas, tendo em vista a possibilidade de observá-lo de forma detalhada por meio das gravações.

No ciclo de carga e transporte, foram realizadas medições do tempo decorrido para a realização de cada etapa do ciclo, durante uma hora, uma vez por semana, em dias, horários e condições climáticas variadas. Para esta atividade foram desempenhados o total de cinco dias, entre a quarta até a oitava semana.

Conforme ilustra a figura 1, o ciclo de carga e transporte foi subdividido em cinco etapas: carregamento do caminhão-caçamba, descida do caminhão até o britador, período de espera para descarregamento, descarga no britador e subsequente ascensão do caminhão para novo carregamento.

Figura 1: Ciclo de carga e transporte.



Fonte: Da autora (2023)

Com o objetivo de identificar a causa do tempo de espera do caminhão para a descarga de material, foi realizada a análise de eficiência horária e produtiva do britador primário, na torre de comando de máquinas, entre a nona até a décima terceira semana, por uma hora, em dias de clima distintos, uma vez por semana, no total de cinco dias. No britador, foi medido o tempo em que o equipamento operava



com e sem material, a fim de, identificar se o funcionamento do britador influenciava, de alguma forma, o tempo de espera para a descarga de material do caminhão.

O relatório foi desenvolvido durante cada etapa do acompanhamento técnico, no qual foram relatados as análises e os diagnósticos de cada um dos processos. Por fim, entre a décima quinta e décima sexta semana, com base nos resultados obtidos, foram realizados estudos de caso, a fim de encontrar soluções e melhorias para os pontos de baixa eficiência encontrados, no qual foram delineadas as sugestões de novas práticas, possíveis de serem aplicadas em pedreiras de pequeno porte, para otimização de processos, aumento de produção e melhora na economicidade.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No início deste capítulo, estão descritas as características da pedreira, abordando de maneira objetiva, os dados gerais, a descrição da planta de beneficiamento, os equipamentos de transporte, a equipe de colaboradores e os custos totais da operação. Em seguida, de maneira detalhada, estão relatados as análises realizadas e os principais pontos de melhorias diagnosticados. Por fim, encontram-se sugeridas as possíveis ações que poderão ser aplicadas no caso da pedreira em estudo, com base nos diagnósticos obtidos.

### **4.1 RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO**

A empresa possui concessão para lavrar areia, argila e basalto em uma área de pouco mais de 300 ha. A operação se concentra na britagem do basalto, com foco na produção de agregados para atender o mercado da construção civil.

Trabalha com o método de bancadas em lavra a céu aberto, convencionalmente aplicado em pedreiras. Atualmente produz rocha britada nas granulometrias, brita 1, pedrisco e pó de pedra, com uma média produtiva mensal de 5.500 m<sup>3</sup>.

A reserva mineral foi estimada com base no projeto e configuração topográfica aferida in loco, sendo 1.080.000 m<sup>3</sup> in situ de basalto. Já a taxa de



produção deve ser mantida em 90.000 m<sup>3</sup> por ano, resultando em uma vida útil de aproximadamente 12 anos.

A planta de beneficiamento é composta por um alimentador vibratório, seguido por um britador primário de mandíbula. O material resultante da cominuição do britador primário é transportado até uma peneira vibratória de escalpe, com malha de 40 mm. O material passante é então transportado por meio de uma esteira até a pilha de base, com granulometrias variadas, abaixo de 40 mm.

O material retido na peneira vibratória é transportado até o britador secundário (cônico), em seguida, o material britado é levado até a segunda peneira vibratória da planta, com dimensões de 2 m de largura por 5 m de comprimento, composta por três decks. No primeiro deck, a malha é de 21 mm, na qual o material retido retorna ao britador cônico. No segundo deck, a malha é de 9 mm, que retém a brita 1. Por último, no terceiro deck, a malha é de 3 mm, retendo a brita zero, também conhecida como pedrisco, enquanto o material passante é o pó de pedra.

Devido a sua condição de ser uma pedreira de pequeno porte, a empresa em questão dispõe de três equipamentos de manuseio e de transporte para operar suas atividades. Tais equipamentos consistem em uma escavadeira, uma carregadeira e um caminhão.

No que tange à parte de extração, o material proveniente do processo de desmonte é acessado por meio da escavadeira, cuja concha tem a capacidade de 1 m<sup>3</sup> de material, sendo responsável pelo carregamento das rochas desmontadas no caminhão-caçamba, que, por sua vez, tem capacidade de até 6 m<sup>3</sup> de carga. O referido caminhão-caçamba realiza o transporte dos materiais até o alimentador da planta de beneficiamento, onde se inicia o processo de britagem e separação granulométrica dos agregados.

Para conduzir as atividades diárias na pedreira, a empresa dispõe de um total de nove colaboradores, no qual o encarregado é responsável por atribuir as tarefas aos operadores e auxiliares, gerenciando a produção da jazida. Na produção, a empresa conta com um operador de escavadeira, um motorista de caminhão, um operador de carregadeira, um operador de torre de comando, um auxiliar para serviços gerais e um soldador. No departamento de administração, gestão e vendas, a empresa conta com dois administradores, fechando o quadro de colaboradores da pedreira.

#### 4.1.1 Custos

Os valores descritos na tabela 2 corresponde à média dos gastos relacionados a produção no período de fevereiro a julho de 2023.

Tabela 2: Custo médio por metro cúbico de material britado.

<b>Custos</b>	<b>Custo médio/mês</b>	<b>Custo médio/m<sup>3</sup></b>	<b>Percentual</b>
Energia Elétrica	R\$14.245,53	R\$2,69	8%
Combustível Total	R\$19.765,28	R\$3,73	11%
Manutenção Geral	R\$26.035,95	R\$4,91	14%
Perfuração e Desmonte	R\$69.305,66	R\$13,07	39%
Insumos Gerais	R\$1.450,00	R\$0,27	1%
Mão de Obra	R\$33.170,06	R\$6,25	18%
Horas Extras	R\$3.228,53	R\$0,61	2%
Custos Fixos	R\$3.835,67	R\$0,72	2%
Depreciação	R\$8.730,77	R\$1,65	5%
<b>Custos totais</b>	<b>R\$179.767,44</b>	<b>R\$33,89</b>	<b>100%</b>

Fonte: Da autora (2023)

Ao realizar uma análise técnica da tabela 2, é possível identificar que os custos mais significativos da operação estão relacionados às atividades de perfuração e desmonte de rochas representando cerca de 40% do custo total, seguido da mão de obra, que somadas as horas extras representa 20%, e por fim o consumo de energia, combustível e as manutenções gerais, que também estão entre os custos mais significativos da operação. A partir desta análise, iniciou-se o acompanhamento técnico das atividades relacionadas aos custos citados.

#### 4.1.2 Análise do desmonte de rochas

O acompanhamento técnico se deu início na perfuração e o desmonte de rochas, tendo em vista que a atividade representa o maior percentual de custo da pedra em estudo. A realização da análise técnica e crítica dos desmontes, foi fundamental para identificar pontos a serem otimizados, a fim de trazer melhor aproveitamento na operação.

Ao analisar a figura 2, é possível observar irregularidades na parede e blocos soltos na crista da bancada após o desmonte. Segundo Silva (2019) blocos

soltos na crista, podem ser ocasionados por quebra para trás (*back break*), que normalmente tende a ocorrer por afastamento excessivo ou por um mal dimensionamento dos tempos de retardo, fazendo com que a última linha de explosivos seja detonada antes que o material das linhas de furo de frente seja desmontado, não liberando uma face livre para que a energia do explosivo seja liberada para a frente da praça, mas sim para trás, fraturando a parede remanescente da bancada. Problemas como este, potencializam posteriormente o risco na atividade da escavadeira, podendo acarretar desmoronamentos em cima do equipamento na hora do carregamento de material no pé da bancada.

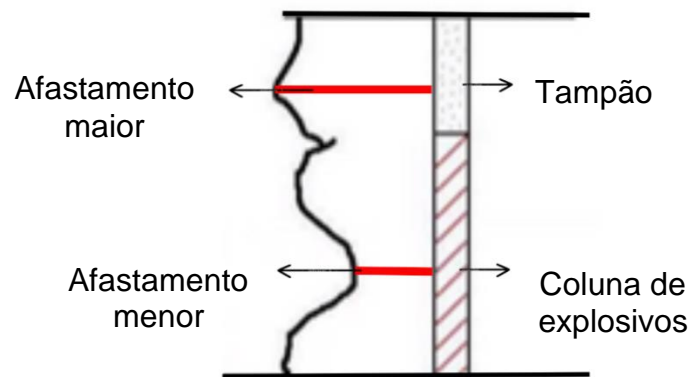
Figura 2: Resultado desmonte 15/02/2023.



Fonte: Da autora (2023)

Já a parede irregular da bancada, pode ter sido ocasionada por um espaçamento muito grande dos furos, nos quais alguns pontos tendem a receber mais energia do explosivo, desmontando mais material, enquanto outros pontos não recebem a energia na mesma intensidade, ocasionando locais com materiais remanescentes. Isso pode gerar ultralançamentos no próximo desmonte, devido a diferença de espessura da parede na primeira linha de furos, haverá pontos em que o afastamento calculado será diferente do afastamento real entre a parede e o furo. A figura 3 explica de maneira ilustrativa a problemática.

Figura 3: Ilustração de parede irregular.



Fonte: Adaptado de Silva (2020)

Observando a figura 4 do desmonte realizado posteriormente ao desmonte da figura 2, percebe-se que acontece justamente o que era esperado. Nota-se uma ultra projeção de gases e ultralançamentos de material através da parede da bancada. Acontecimentos como estes podem causar sérios acidentes e ainda geram desperdício de material, que foi lançado para dentro da vegetação, não podendo mais ser recuperado.

Figura 4: Detonação desmonte 24/04/2023.



Fonte: Da autora (2023)

Por fim, ao analisar as três filmagens aéreas das detonações realizadas, em todos os desmontes, ocorreu a ejeção de gases através da abertura de alguns furos, representado na figura 5, que ocasiona uma perda de energia considerável do explosivo, fundamental para uma cominuição adequada da rocha. Perdas como estas

geram maior quantidade de matacos no desmonte, prejudicando diretamente a carga, o transporte e a cominuição do material no britador.

Figura 5: Detonação desmonte 24/04/2023.



Fonte: Da autora (2023)

Analisando os relatórios fornecidos pela empresa, foi documentado que o material de tamponamento utilizado nos desmontes foi o pó de brita, o que pode explicar a ejeção de gases pelas bocas dos furos. Não é recomendado utilizar material fino, como o pó de brita ou areia, no tamponamento de furos no desmonte de rochas. Esse tipo de material não proporciona resistência e estabilidade, pois não oferece uma boa ancoragem para os explosivos. Segundo Silva (2020), o material indicado para tamponamento é a brita 1, que possui uma estrutura mais sólida e proporciona uma melhor distribuição da pressão gerada pela detonação.

#### **4.1.3 Análise do ciclo de carga e transporte**

O processo de carregar o minério na frente de lavra e transportá-lo até a planta de beneficiamento é um ciclo produtivo em que, ao realizar uma análise técnica, podem-se identificar problemas oriundos do desmonte de rochas e ainda a eficiência operacional dos colaboradores e dos equipamentos.

Na pedreira, o ciclo se resume com o operador da escavadeira que realiza a carga de 3,5 m<sup>3</sup> de material no caminhão-caçamba, que se dirige até o britador primário, aguarda o comando do operador da torre de máquinas e correias liberar para a descarga, descarrega e retorna até a escavadeira para carregar material

novamente, reiniciando o ciclo de carga e transporte. Na tabela 3 foi descrito cada etapa do ciclo, bem como o tempo médio empregado em cada uma das etapas.

Tabela 3: Tempo médio de ciclo por dia.

<b>Etapas do ciclo (min)</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Média</b>
Carga caminhão	1,29	1,33	1,27	1,28	1,51	1,34
Percurso do caminhão	1,15	0,97	0,99	1,00	1,04	1,03
Espera britador	2,05	1,52	3,42	2,90	2,37	2,45
Descarga britador	0,79	0,69	0,71	0,74	0,82	0,75
Retorno do caminhão	0,74	0,82	0,88	0,85	0,89	0,84
Tempo total ciclo	6,02	5,34	7,28	6,77	6,63	6,41

Fonte: Da autora (2023).

Analisando a tabela 3, notam-se que as etapas de carga, transporte (descida e subida até o britador) e descarga sofrem variações pouco significativas, sendo o tempo de espera no britador primário, para a descarga do material, a que apresenta variações consideráveis. Através do acompanhamento técnico foi constatado que a variação do tempo de espera para a descarga do material no britador está relacionada basicamente a fatores como, a ocorrência de matacos, que obstruem a entrada do britador, a presença de materiais finos e úmidos que formam uma lama que se compacta no alimentador, distrações do operador da torre central de correias e máquinas, e sobrecarga no britador secundário.

#### **4.1.4 Análise de eficiência geral das atividades**

A partir da análise do ciclo de carga e transporte, pôde-se identificar que os pontos de menor eficiência estão relacionados com a operação da escavadeira e do britador primário.

A operação da escavadeira trabalha basicamente carregando as rochas desmontadas no caminhão-caçamba para a britagem, e enquanto aguarda a volta do caminhão, organiza e desagrega o material desmontado, removendo e empilhando os matacos encontrados em meio a pilha, que ao acumular uma quantidade considerável eram carregados no caminhão e acumulados em uma pilha fora da praça.

Observando a tabela 3, o operador da escavadeira leva em média 1,34 min para carregar o caminhão e cerca de 1 min para separar os matacos e organizar o





material. Tendo em vista que o tempo médio total do ciclo de carga e transporte é de 6,41 min, tem-se em média 4 min sem operar em cada ciclo. Em uma hora, são cerca de 38 min que o operador não produz. O cálculo abaixo representa a eficiência horária (EH) do operador de escavadeira.

$$EH = (\text{tempo trabalhado efetivo} \div \text{tempo trabalhado planejado}) * 100$$

$$EH = (12,54 \div 60) * 100$$

$$EH = 20,9\%$$

Além da baixa eficiência horária da operação da escavadeira, que representa um mau aproveitamento do custo da mão de obra, que por sua vez representa cerca de 20% nos custos totais da empresa, observou-se que ao fim de cada carregamento de material no caminhão, a escavadeira era desligada, aumentando o desgaste de peças, como a bomba de arranque, por exemplo, que ao se realizar uma pesquisa de mercado, encontrou-se o custo médio de dois mil reais. Evitar práticas como esta é fundamental para que se reduza os gastos com manutenção, que no caso da empresa, representam cerca de 14% dos custos totais.

Em relação aos tempos de espera para a liberação da descarga do caminhão-caçamba no britador primário, foi realizado o acompanhamento para identificar se havia relação com a eficiência do britador. Na tabela 4 foi descrito as médias de tempo em que o equipamento operou, britando material efetivamente e sem britar material, tempo total e o percentual da eficiência horária.

Tabela 4: Eficiência horária do britador primário.

Data	britando (min)	vazio (min)	total (min)	Eficiência horária
03/08/2023	37,01	19,68	56,69	65,28%
08/08/2023	42,25	17,20	59,45	71,07%
10/08/2023	30,41	29,40	59,81	50,84%
14/08/2023	38,76	22,71	61,47	63,06%
16/08/2023	40,28	10,97	51,25	78,60%
<b>MÉDIA</b>	<b>37,74</b>	<b>19,99</b>	<b>57,73</b>	<b>65,77%</b>

Fonte: Da autora (2023)

Ao observar a operação do britador primário, notou-se que o tempo em que ele passava sem britar material, estava relacionado com quedas de maticos que obstruem a passagem do material até as mandíbulas do britador. Outro fator



observado foi a presença considerável de partículas finas, passando diretamente pelas mandíbulas, por serem menores que a APF (Abertura na Posição Fechada) do britador.

Todo este material fino, que poderia estar sendo encaminhado diretamente para o britador secundário, permanece ocupando espaço no alimentador que, com sua vibração, gera uma compactação do material, levando mais tempo para cair no britador de mandíbulas, resultando na redução de eficiência horária e produtiva dele.

A capacidade produtiva real do britador de mandíbulas é de 46 m<sup>3</sup>/h. Com base nos dados da tabela 3, o tempo médio de um ciclo de carga e transporte é de 6,41 min, o que significa uma média de 9 ciclos por hora, onde, o britador recebe 3,5 m<sup>3</sup> de R.O.M (Rom Of Mine) a cada ciclo, logo o britador está produzindo em média 31,5 m<sup>3</sup>/h. O cálculo abaixo descreve a eficiência produtiva (EP) atual do britador.

$$EP = (\text{Produção efetiva do britador} \div \text{Capacidade real do britador}) * 100$$

$$EP = (31,5 \div 46) * 100$$

$$EP = 68,48\%$$

Segundo Soares (2019) estima-se que o índice médio de eficiência ideal nas atividades do mercado industrial é de 85%, ao analisar a eficiência calculada para as atividades acima, notam-se índices com cerca de 64% na operação da escavadeira e 17% na produção do britador primário, abaixo da eficiência ideal.

## 4.2 SUGESTÃO E APLICAÇÃO DE NOVAS PRÁTICAS

A partir do acompanhamento técnico, foi possível identificar os principais pontos de vulnerabilidade que exercem impacto direto sobre a segurança, produtividade, eficiência e economia das operações na pedreira. As ações para a melhora dos resultados serão discutidas a seguir.

### 4.2.1 Sugestões práticas para o Plano de fogo

Conforme afirma Silva (2020), ao diagnosticar resultados indesejados no desmonte de rochas, é importante que os ajustes planejados para o plano de fogo,



sejam aplicados um de cada vez, repetindo-se o teste até que se obtenha um resultado padrão, para que se torne possível realizar uma avaliação assertiva dos resultados de cada parâmetro trabalhado. A pedreira realiza em média um desmorte a cada três meses, portanto as novas práticas para o plano de fogo são possibilidades e caminhos a serem tomados, tendo em vista que foram realizadas apenas duas detonações no período do cronograma de acompanhamento estabelecido.

Para propor quaisquer sugestões de ajustes no plano de fogo, cabe destacar que a pedreira possui moradores próximos à frente de lavra, a uma distância de 300 m, por este motivo as detonações demandam de técnicas cuidadosas, para garantir a segurança de todos. Segundo Nieble (2017), para desmontes cuidadosos são indicados furos de menor diâmetro, de 2" a 3,5", o uso de explosivo encartuchado, para o melhor controle da razão de carga, que por sua vez deve estar entre 0,4 kg/m<sup>3</sup> a 0,7 kg/m<sup>3</sup>.

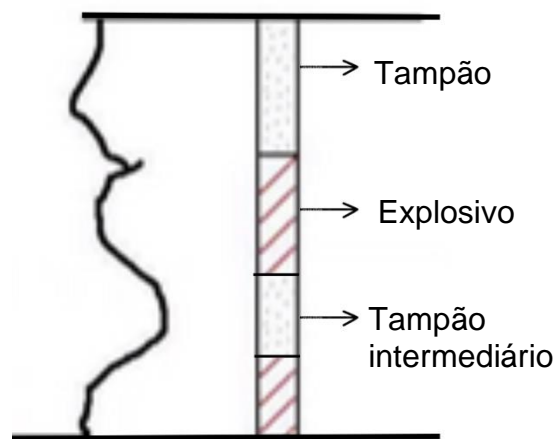
Ao analisar os relatórios da empresa que executa os desmontes, notou-se que todos os dados dos planos de fogo aplicados na pedreira, estão dentro dos padrões indicados para desmontes cuidadosos, mesmo assim foram identificados problemas como, blocos soltos na crista da bancada ocasionados por quebra para trás, parede da bancada irregular, ejeção de gases na abertura dos furos, ultralançamentos e elevada projeção de material para a frente da praça.

Neste caso, a primeira ação a ser tomada, é o acompanhamento do responsável técnico na execução de todas as atividades envolvidas na operação do desmorte de rochas, desde a perfuração, carregamento com explosivos e ligação dos furos, até o desmorte, a fim de garantir que cada etapa seja executada conforme planejado no plano de fogo. A execução errada nos tempos de retardo, tamanho do tamponamento, malha e desvios de perfuração, são alguns exemplos que podem comprometer a segurança da detonação, ocasionando resultados indesejáveis como os citados neste relatório. (NIEBLE, 2017).

Ainda havendo a repetição dos referidos resultados após o acompanhamento do responsável técnico na operação de perfuração e desmorte de rochas, devem-se iniciar as ações e medidas para a correção de resultados. Com o objetivo de evitar a ocorrência de blocos soltos na crista e parede da bancada irregular, se faz necessário iniciar testes com alterações nas ligações entre os furos e tempos de retardo.

Para evitar ultralanchamentos com elevada projeção de gases e materiais, se faz necessário um mapeamento prévio da parede da bancada, a fim de identificar pontos irregulares que irão influenciar no afastamento projetado, podendo-se fazer uso de diversos tipos de softwares disponíveis no mercado. Segundo SILVA (2020) ao identificar estes pontos, podem-se utilizar materiais inertes em toda a sua faixa de abrangência, também conhecido como tampão intermediário, na hora do carregamento dos explosivos, conforme ilustra a figura 6.

Figura 6: uso de material inerte na furação em pontos irregulares da bancada.



Fonte: Adaptado de Silva (2020).

Para encontrar soluções para a ejeção de gases na abertura dos furos, foram sugeridos e aplicados novos métodos de tamponamento, discutidos com detalhes na seção seguinte.

#### 4.2.2 Mudança de material no tamponamento

A ejeção de gases pela abertura dos furos na detonação, foi identificada na análise de todas as detonações realizadas na pedreira. Com o objetivo de diminuir esta ocorrência indesejada, foi realizada uma pesquisa de possibilidades para encontrar a melhor solução para o problema. Foram realizados dois testes, nas detonações posteriores das analisadas no relatório de acompanhamento técnico. Até o início dos estudos, a pedreira havia realizado o total de três detonações, portanto, os testes de tamponamento realizados foram nomeados como, teste 1 referindo-se à quarta denotação, e teste 2 a quinta detonação.

Para o teste 1, com base na teoria do arco de Terzaghi, que identificou que o uso de material no tamponamento com granulometrias de frações maiores, tendem a exercer pressão em direção a parede do furo, no momento da detonação, para isto utilizou-se a brita 1. (TERZAGHI, 1945 apud OLIVEIRA, 2014).

No teste 2, os materiais utilizados foram, o pedrisco junto do plugue da marca Tamplug. Estudos demonstram que o uso de plugues junto ao tamponamento, atuam na retenção dos gases no interior do furo, obtendo-se uma melhor fragmentação da rocha e redução de ultralançamentos. (SITONIO, 2022).

A aplicação do plugue se faz em conjunto do material de tampão, conforme ilustra a figura 7. No caso do teste 2, escolheu-se utilizar o pedrisco, com base no método empírico adotado por Silva (2019), em que a granulometria do material de tamponamento se dá pelo diâmetro do furo, que neste caso é de três polegadas. Este valor de três polegadas é dividido por 20, obtendo-se um material com tamanho de aproximadamente 4 mm.

Figura 7: Aplicação de plugue no tampão.



Fonte: Adaptado de Tamplug (2023).

Tendo em vista que o objetivo inicial dos testes foi de obter melhora no confinamento dos gases da detonação, a comparação entre os dois foi realizada de maneira visual. Na figura 8 tem-se um comparativo entre, o desmonte realizado com pó de pedra, método realizado anteriormente ao estudo, representado pela letra (a), na imagem de letra (b), representa o teste 1, realizado com a brita 1, e por fim, na imagem de letra (c), que indica o teste 2, com o uso do pedrisco e do plugue.

Figura 8: Comparativo entre os diferentes métodos de tamponamento.



Fonte: Da autora (2023)

Analisando o teste 1 (b), notou-se a diminuição do volume e melhora no controle da ejeção dos gases pela boca dos furos do desmorte, quando comparado aos desmontes com o uso de pó de pedra como tampão (a). No teste 2 (c), utilizou-se na metade da bancada apenas o pedrisco, e na outra metade o pedrisco junto com o plugue, para fins comparativos. Ao analisar o resultado do desmorte, não se notou diferença significativa entre o tamponamento com pedrisco e com o uso do plugue.



Para ambos os testes, todas as variáveis do plano de fogo foram mantidas conforme as detonações anteriores, portanto, mantendo-se a altura de tampão de 1,40 m já utilizada. Ao acompanhar a operação de tamponamento, observou-se uma falta de controle da empresa em manter a altura estabelecida, o que além de trazer riscos para a detonação, exerce influência nos resultados e na conclusão dos testes.

Ao fazer uma análise crítica e detalhada das gravações e com base no acompanhamento realizado em cada detonação realizada, sugere-se a continuidade e repetição dos testes aplicados, acompanhado pelo responsável técnico da pedreira, em diferentes condições climáticas dentre outras variáveis distintas, a fim de se obter a repetibilidade dos parâmetros, para resultados mais conclusivos e melhorados.

#### **4.2.3 Quebra de matacos no tempo de espera do ciclo de carga e transporte**

Para melhorar a eficiência horária do operador da escavadeira, além da função de carregar o caminhão-caçamba foi estabelecida a função de quebrar os matacos encontrados em meio a pilha de rocha desmontada. Durante as etapas de transporte, espera e descarga desempenhadas pelo caminhão-caçamba, em que o operador da escavadeira, que antes passava aguardando o retorno do caminhão, agora passou a realizar a quebra dos matacos, elevando-os até a altura máxima da concha da escavadeira, e soltando-os em cima de um tarugo de ferro maciço, o qual é quebrado em partes menores.

Com este processo, não houve mais aumento no volume de matacos que eram acumulados no pátio operacional, tendo em vista que o tempo em que o operador da escavadeira precisa esperar para realizar uma nova carga no caminhão, é suficiente para quebrar os matacos encontrados em meio a pilha de basalto desmontado.

Ao analisar a pilha de matacos acumulados no pátio da empresa, oriundos dos três desmontes realizados, estimou-se um volume total de 7.500 m<sup>3</sup>, o que representa pouco mais de 110 m<sup>3</sup> de matacos que eram retirados da pilha de rocha desmontada e levados a pilha de acumulação diariamente. Com base na análise da operação de quebra de matacos, seria necessário o emprego de no mínimo 1,5 horas extras diárias para a cominuição deste volume de 110 m<sup>3</sup>. A tabela 5 demonstra o custo médio mensal empregado para horas extras de trabalho da escavadeira.

Tabela 5: Custo mensal de horas extras da escavadeira.

<b>Total horas extras mensais</b>	<b>33 horas</b>
Custo da hora do operador	R\$17,00
Consumo de diesel por hora	4,5 litros
Custo do diesel por litro	R\$5,50
<b>Custo total</b>	<b>R\$1.670,00</b>

Fonte: Da autora (2023)

Com a implementação desta nova prática aplicada a operação da escavadeira, analisando os dados da tabela 5, pode-se estimar uma economia anual de cerca de R\$20.000,00 em horas extras, além de um aumento significativo na eficiência operacional da atividade, que anteriormente era de 20%.

#### 4.2.4 Instalação de grelha no alimentador

Com o objetivo de melhorar a eficiência produtiva do britador primário de mandíbulas, uma alternativa viável, consiste na implementação de uma grelha no alimentador. Conforme Luz, Almeida e Braga (2018), o emprego dessa estratégia visa realizar o descarte da fração fina de material durante a alimentação, que caracteriza o processo como uma operação de “escalpe”.

Ao analisar o comportamento do material descarregado pelo caminhão-caçamba no alimentador, por meio do monitoramento técnico realizado na pedreira, observou-se que, do tempo médio total de 6,41 min necessários para esvaziar o alimentador, 30% deste tempo está associado à presença da fração de partículas finas de basalto. Em outras palavras, a cada ciclo de carga e transporte de 6,41 min, aproximadamente 2 min envolve o tempo que as rochas de granulometria inferiores à APF (Abertura na Posição Fechada) do britador levam para atravessar o alimentador e as mandíbulas do britador.

Inserindo-se a grelha no fluxograma de britagem, a fração fina será destinada diretamente ao britador secundário, o qual espera-se obter como resultado um menor tempo para esvaziar o material descarregado no alimentador e ainda evitar a passagem da referida fração fina pelo britador primário, o que é uma operação desnecessária, tendo em vista que estas partículas não serão britadas, pois já se encontram em tamanhos menores que a APF do britador. A tabela 6, indica uma





estimativa de produção mensal na pedreira, reduzindo o tempo médio de ciclo de carga e transporte de 6,41 min para 5 min.

Tabela 6: Estimativa de redução no tempo de ciclo de carga e transporte.

<b>Tempo médio de ciclo</b>	<b>5 minutos</b>
Quantidade de ciclos por hora	12 ciclos
Horas trabalhadas por dia	8,5 horas
Dias trabalhados por mês	21 dias
Volume produzido por ciclo	3,5 m <sup>3</sup>
<b>Total volume produzido mensal</b>	<b>7.497 m<sup>3</sup></b>

Fonte: Da autora (2023)

Atualmente, considerando o ciclo médio de carga e transporte de 6,41 min, a produção média mensal da pedreira é de 5.500 m<sup>3</sup>, sendo que, empresa em questão possui autorização para lavrar até 7.500 m<sup>3</sup> de basalto por mês. Com a implementação da grelha no alimentador, é plausível estimar que a produção mensal possa atingir este volume, considerando a probabilidade de uma redução potencial de até 2 min no tempo do ciclo, tendo em vista que este é o tempo em que os finos permanecem no alimentador.

Reduzindo o tempo de 1,41 min no ciclo de carga e transporte, conforme simulado na tabela 6, tem-se um aumento médio de 35% na produção mensal da pedreira, fenômeno este capaz de reduzir diretamente os custos fixos, custos de mão de obra e ainda os custos de depreciação dos equipamentos, conforme compara a tabela 7 abaixo.

Tabela 7: Comparativo de custos em relação ao volume mensal produzido.

<b>Produção média de 5.500 m<sup>3</sup>/mês</b>		<b>Produção média de 7.500 m<sup>3</sup>/mês</b>	
Custos fixos:	R\$0,72	Custos fixos:	R\$0,51
Custo mão de obra:	R\$6,25	Custo mão de obra:	R\$4,42
Custo depreciação:	R\$1,65	Custo depreciação:	R\$1,16

Fonte: Da autora (2023)

Ao aumentar a produção mensal para 7.500 m<sup>3</sup>/mês tem-se uma economia de R\$2,53 por m<sup>3</sup> britado, totalizando uma economia anual de cerca de R\$227.700,00, sem levar em consideração a redução nos custos variáveis e impostos.

## 5 CONCLUSÃO

O acompanhamento técnico regular realizado na pedreira evidenciou que é possível adotar uma série de medidas que podem melhorar as práticas e metodologias aplicadas nas operações, otimizando a segurança, produtividade e economicidade da empresa, ressaltando o quão importante é que o responsável técnico pelo empreendimento mineiro cumpra ao menos a carga horária mínima estabelecida pelo CREA-SC.

Foram identificados, por meio da análise crítica dos dados, os principais custos que podem ser reduzidos a partir da otimização dos processos envolvidos, os métodos a serem utilizados para a garantia da segurança operacional e, ainda, o emprego de equipamentos para o aumento da produção.

Na atividade de desmonte de rochas, evidenciou-se a necessidade de alterações no plano de fogo para garantir a segurança dos colaboradores e dos equipamentos, sugerindo-se alternativas a fim de evitar a ocorrência de blocos soltos na crista da bancada e ultralançamentos. Ainda dentro desta operação, os testes realizados no tamponamento, com o uso da brita 1 e posteriormente do plugue, proporcionou uma visão de possibilidades de testes seguros a serem adotados pelo responsável técnico pela pedreira para o controle da ejeção de gases. Cabe ressaltar que os resultados de tamponamento podem diferir no caso de outras pedreiras com variáveis distintas, como o uso do explosivo de emulsão bombeada, por exemplo, o que pode tornar o uso do plugue uma peça essencial na estabilidade da emulsão dentro do furo.

No ciclo de carga e transporte, a partir da metrificação das etapas, pôde-se evidenciar que a operação da escaveira e a produção do britador primário são os pontos de menor eficiência, que afetam diretamente na economia e produtividade da pedreira estudada. Ao inserir uma nova atividade dentro da operação da escavadeira, pôde-se reduzir aproximadamente R\$20.000,00 em custos anuais. Com a viabilização da utilização da grelha na alimentação do britador de mandíbulas, os valores estimados em aumento de produção apresentam uma grande representatividade nos resultados e ganhos para a empresa. Pode-se dizer ainda, que a aplicação desta metodologia de análise do ciclo de carga e transporte, ao ser aplicada em outras



pedreiras de pequeno porte, poderá servir como meio de identificação de outros pontos de melhorias específicos para cada caso.

O presente estudo evidenciou, especialmente através das alterações executadas, mas também das sugeridas, que o profissional engenheiro de minas é capaz de trazer ganhos reais de produtividade, melhoria na economicidade e redução de custos nas operações típicas de uma pedreira. Esses ganhos poderão ser ainda maiores à medida que a empresa passe a adotar por completo as recomendações apresentadas, além de praticar de forma rotineira uma análise crítica de sua operação, em um processo de melhoria contínua.

Se faz importante ainda salientar que as operações analisadas neste estudo são apenas uma parte das inúmeras atividades que necessitam de acompanhamento técnico regular. Para a garantia de resultados positivos, portanto, não se exclui a necessidade de realizar estudos posteriores em operações unitárias não contempladas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Humberto de La Serna; MARQUES, Márcio Rezende. **Agregados para a construção civil**. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>. Acesso em: 08 mai. 2023.

CHAVES, Arthur Pinto; PERES, Antonio Eduardo Clark. **Teoria e prática do tratamento de minérios / britagem, peneiramento e moagem, volume 3**. 4 ed. São Paulo: Signus Editora, 2009.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. **Registros por Crea, Grupo, Modalidade, Nível, Título e Gênero**. 2023. Disponível em: <https://relatorio.confea.org.br/Profissional/RegistrosPorGrupo>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CREA-SC, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina. **CARGA HORÁRIA MÍNIMA PARA RESPONSABILIDADE TÉCNICA**. 2023. Disponível em: <https://portal.crea-sc.org.br/empresa/carga-horaria-minima-camaras-responsabilidade-tecnica/camara-de-geologia-e-engenharia-de-minas/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CURI, Adilson. **Minas a céu aberto: planejamento de lavra**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.



IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 – Ano base 2019**. 1 ed. Brasília, 2020. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. Operações de lavra em pedreiras. **Manual de agregados para a construção civil**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. Cap.7. p.127-145.

LAUAR, Anuar. Responsabilidade técnica. **A IMPORTÂNCIA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PARA AS EMPRESAS DE MINERAÇÃO**, 2011. Disponível em: <http://www.apemi.eng.br/artigos/a-importancia-do-responsavel-tecnico-para-as-empresas-de-mineracao.html>. Acesso em: 24 abr. 2023.

LUZ, A.B.; SALVADOR L.M.A; PAULO F.A.B. **"Cominuição: Britagem e moagem."** CETEM/MCTIC, 2018.

LUZ, Adão Benvindo; ALMEIDA, Salvador Luiz. **Manual de Agregados para Construção Civil**. 2 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2043>. Acesso em: 15 mai. 2023.

MENEZES, Sebastião de Oliveira. **Rochas: manual fácil de estudo e classificação**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NIEBLE, Carlos Manoel. **Desmontes cuidadosos com explosivos: aspectos de engenharia e ambientais**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

OLIVEIRA, Nelson Marrucho. **Otimização do diagrama de fogo em pedreira: interferência das propriedades geomecânicas do material de tamponamento na redução da fragmentação secundária**, 2014. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10316/97321>. Acesso em: 27 out. 2023

PACHECO, Bruno Alexandre Queirós. **Influência do processo de desmonte na seleção, dimensionamento e otimização dos sistemas de carga e transporte em explorações a céu aberto**, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/20862>. Acesso em: 04 nov. 2023.

QUARESMA, L. F. **Agregados para Construção Civil. Perfil da Brita para Construção Civil. MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Contrato Nº 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia, mineração e transformação mineral. Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD**. 2009. Disponível em: [http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construcao\\_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0#:~:text=Brita%201%3A%20granulometria%20variando%20de,50%20mm%20a%2076%20mm](http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0#:~:text=Brita%201%3A%20granulometria%20variando%20de,50%20mm%20a%2076%20mm). Acesso em: 10 mai. 2023

RIBEIRO, C.C.; PINTO, J.D.S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 2. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2002.



SOARES, Marcello. **OEE é uma métrica para aumentar satisfação do Cliente**, 2019. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/oe/>. Acesso em: 27 out. 2023.

SILVA, Valdir. **Desmontes de Rochas seguros, econômicos e com menor impacto ambiental**. Oficina de Textos, 2020. Disponível em: <https://vimeo.com/642746475/483c0bf1b8>. Acesso em: 10 mai. 2023

SILVA, Valdir. **Desmontes de Rochas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

SITONIO, F. F. **Avaliação de plugues de tamponamento em desmontes de bancadas à céu aberto**. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/8806>. Acesso em: 27 out. 2023.

TAMPLUG. **Como é feita a instalação do Tamplug**. 18 jan. 2023. Instagram: @tamplug.tamponamento. Disponível em: [https://www.instagram.com/p/CnjRRLCN6F6/?utm\\_source=ig\\_web\\_copy\\_link&igshid=MzRIODBiNWFIZA==](https://www.instagram.com/p/CnjRRLCN6F6/?utm_source=ig_web_copy_link&igshid=MzRIODBiNWFIZA==). Acesso em: 15 out. 2023.

## ABSTRACT

Small quarries have been suffering from the lack of regular technical support from mining engineers in their operations. The present study aims to emphasize the relevance of this vision to ensure safety, optimization of mineral exploration, increased productivity and economic efficiency in mining enterprises. Through periodic technical monitoring, as provided for by the workload defined by CREA-SC, a report was prepared addressing diagnoses of the main points of high cost and low efficiency. Based on these diagnoses, suggestions for new practices were proposed, updating the conceptual aspects. The results presented include the improvement in the buffering of rock dismantling, the increase in productivity in the excavator operation, and also technical suggestions for future application, providing a more effective productive performance in the quarry.

**Key-words:** Small mining. Quarry. Technical monitoring.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, o autor e arquiteto da vida, e de todos os incríveis e mais belos minerais que tive o prazer de conhecer ao longo do curso. Por meio da sabedoria, permissão e graça dadas por Ele é que cheguei até aqui, e através de seu filho Jesus, o caminho, a verdade e a vida é que caminharei daqui em diante, até a eternidade.

A minha família que me preparou desde a minha concepção e ao meu noivo Maurício, pelo compromisso e parceria de todos os dias, me honrando e apoiando para tornar possível essa conquista.

Aos meus professores da UNISATC, em especial ao professor Luiz Donizetti, ao coordenador do curso André Smaniotto e aos meus orientadores Márcio Zanuz e João Mota Neto, por todo o apoio e admirável compromisso e competência no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.