



Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Escola de Minas - EM
Departamento de Engenharia de Minas – DEMIN
Campus Morro do Cruzeiro
Ouro Preto – Minas Gerais - Brasil



MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

EM ENGENHARIA DE MINAS

**Redução dos Custos operacionais na lavra de Mica Xisto ao mudar os
parâmetros do Plano de Fogo.**

Diego Cunha Amorim

Ouro Preto
Junho de 2019

Diego Cunha Amorim

Redução de custos nas operações de pedreira com lavra de Mica Xisto variando parâmetros que compõe o Plano de Fogo.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Minas.

Orientador: Prof. Carlos Enrique Arroyo Ortiz

**Ouro Preto
DEMIN/EM/UFOP
Junho de 2019**

A524r

Amorim, Diego Cunha.

Redução dos custos operacionais na lavra de Mica Xisto ao mudar os parâmetros do Plano de Fogo [manuscrito] / Diego Cunha Amorim. - 2019.

52f.: il.: color; graf.; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Plano de Fogo. 2. Pedreiras. 3. Desmonte de rochas. 4. Rochas - Escavação. I. Ortiz, Carlos Enrique Arroyo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.271.2

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

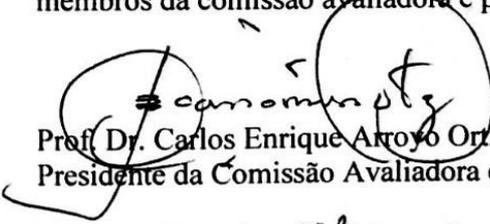
Aos 11 dias do mês de junho de 2019, às 08h30min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado **“REDUÇÃO DOS CUSTOS OPERACIONAIS NA LAVRA DE MICA XISTO AO MUDAR OS PARÂMETROS DO PLANO DE FOGOS”**, pelo aluno **Diego Cunha Amorin**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof. Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz (orientador)**, **Prof. Dr. José Margarida da Silva** e **Engº de Minas Fabiano Veloso Ferreira**.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela Aprovação..... do candidato, com a nota 9,5 concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

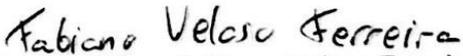
O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após o depósito, no site do Repositório UFOP, da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

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

Ouro Preto, 11 de junho de 2019.


Prof. Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz
Presidente da Comissão Avaliadora e Orientador


Prof. Dr. José Margarida da Silva
Membro da Comissão Avaliadora


Engº de Minas Fabiano Veloso Ferreira
Membro da Comissão Avaliadora


Diego Cunha Amorin


Prof. M.Sc. José Fernando Miranda
Professor responsável pela Disciplina Min 491 – Trabalho de Conclusão de Curso

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, João Robério e Celma,

Que nunca deixaram de acreditar em mim,

À minha irmã, Juliana, pela amizade incondicional,

A todos os amigos que caminharam comigo nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado todo esse tempo.

Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional e por terem acreditado em mim até o fim. Sem vocês eu jamais teria chegado até aqui.

A minha irmã pela amizade sem restrições e por todo amparo. Aos meus avós, tios e primos, tanto os presentes, quanto os que já se foram e hoje viraram nossos anjos.

A todos os amigos de Sete Lagoas e Diamantina que abarcaram comigo nessa caminhada.

Aos colégios CENEC/CEI e Impulso.

Aos colegas do DEMIN.

À Minera Jr.

Aos mestres pelos ensinamentos.

Ao professor Carlos Enrique Arroyo Ortiz e ao LPLM pela contribuição na minha formação.

À grandiosa Escola de Minas, da qual me orgulho fazer parte.

À gloriosa República Província e a todos ex-alunos, ex-moradores e moradores que viraram minha segunda família e pude viver os mais diversos sentimentos que me engrandeceram como pessoa.

Aos amigos que Ouro Preto me proporcionou.

À Contecmina e Ilcom pela oportunidade e confiança.

Um agradecimento especial à Compel por ter me oportunizado minhas maiores vivências que me enriqueceram como pessoa e como profissional.

Por fim, obrigado a todos vocês! A sensação é de dever cumprido.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor mudanças nos parâmetros que compõem um plano de fogo com o intuito de minimizar os custos operacionais numa pedreira de Mica Xisto. Para tal foram variados os seguintes parâmetros: afastamento, espaçamento, tampão, inclinação, tipo de explosivos, acessórios, amarração e temporização. Para realizar as simulações e prever os resultados foram utilizados softwares que permitiam realizar diferentes ensaios e simulações com o intuito de garantir a qualidade do produto do desmonte. Foram realizados quatro desmontes, sendo que o primeiro se manteve nos parâmetros utilizados pela pedreira para servir de referências para os seguintes. Ao final dessa sequência, se economizou 6,55% em consumo de explosivos e 6,97% na metragem perfurada além de uma redução de 31,39% na razão de carga e um aumento de 28,74% na perfuração específica. Além disso, a granulometria após o desmonte ficou dentro da requerida pela empresa permitindo, assim, que a demais operações como carregamento e transporte bem como a britagem fossem realizadas com eficiência. Pode-se destacar também que não houve formação de matacões, o que dispensa o uso de rompedores, trazendo uma nova economia.

Palavras Chave: plano, fogo, minimizar, custos, pedreira, Mica Xisto, parâmetros, explosivos, desmonte.

ABSTRACT

The present work aims to propose changes in the parameters that make up a fire plan with the purpose of minimizing the operational costs in a quarry of Mica Xisto. For this the following parameters were varied: spacing, spacing, buffer, inclination, type of explosives, accessories, mooring and timing. In order to carry out the simulations and predict the results, we used software that allowed different tests and simulations to be carried out in order to guarantee the quality of the product. Four dismounts were carried out, the first of which was kept in the parameters used by the quarry to serve as references for the following. At the end of this sequence, 6.55% of explosive consumption and 6.97% of perforated footage were saved, in addition to a reduction of 31.39% in the load ratio and a 28.74% increase in specific drilling. In addition, the granulometry after dismantling was within the requirements of the company, thus allowing other operations such as loading and transport as well as crushing to be carried out efficiently. It can also be emphasized that there was no formation of bushes, which does not require the use of breakers, bringing a new economy.

Keywords: plan, fire, minimize, costs, quarry, mica schist, parameters, explosives, dismantle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes básicos do martelo de superfície, Silva (2009).....	17
Figura 2 - Principais erros que ocorrem durante o desenvolvimento das operações de perfuração. (Koppe et al., 2012).....	18
Figura 3 - Emulsão Encartuchada (Silva, 2009).....	19
Figura 4 - Interação do explosivo com o maciço rochoso. (KOPPE, 2012)	20
Figura 5 - Parâmetros de um Plano de Fogo.	24
Figura 6 - Ciclo de trabalho realizado	26
Figura 7 - Imagem da pedreira em estudo. (GOOGLE EARTH, 2017).....	28
Figura 8 - Esquema de amarração e temporização do PF 001/17 gerado no O-Pitblast	29
Figura 9 - Imagem da bancada após o desmonte 001/17	30
Figura 10 - Bancada antes do desmonte 002/17.....	31
Figura 11 - Imagem da bancada após desmonte 002/17	32
Figura 12 - Esquema de amarração e temporização do PF 002/17 gerado no O-Pitblast	33
Figura 13 - Análise Granulométrica após desmonte 002/17	34
Figura 14 - Curva da Distribuição Granulométrica (Porcentagem Passante x Tamanho do Fragmento) do desmonte 002/17	35
Figura 15 - Porcentagem de Material Passante por Classe Granulométrica do desmonte 002/17	35
Figura 16 - Curva da distribuição granulométrica esperada após desmonte 002/17	36
Figura 17 - Bancada antes do desmonte 003/17.....	38
Figura 18 - Imagem da bancada após o desmonte 003/17	38
Figura 19 - Esquema de amarração e temporização do PF 003/17 gerado no O-Pitblast	39
Figura 20 - Análise Granulométrica após desmonte 003/17	40
Figura 21 - Curva de distribuição granulométrica (Porcentagem Passante x Tamanho do Fragmento) do desmonte 003/17	41
Figura 22 - Porcentagem de material passante por classe granulométrica do desmonte 003/17.....	41
Figura 23 - Curva da distribuição granulométrica esperada após desmonte 003/17	42
Figura 24 - Imagem da bancada após desmonte 004/17	43
Figura 25 - Esquema de amarração e temporização do PF 004/17 gerado no O-Pitblast	44
Figura 26 - Distribuição granulométrica no O-Pitblast.....	45
Figura 27 - Curva da distribuição granulométrica esperada após desmonte 004/17	45
Figura 28 - Índices de Desmonte.....	47
Figura 29 - Metragem perfurada por Plano de Fogo	48
Figura 30 - Consumo de Emulsão por Plano de Fogo.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição Típica de um Explosivo em Emulsão, Silva (2009).....	20
Tabela 2 - Plano de Fogo 001/17	28
Tabela 3 - Plano de Fogo 002/17	32
Tabela 4 - Plano de Fogo 003/17	37
Tabela 5 - Plano de Fogo 004/17	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Operação de Desmonte de Rochas.....	15
3.2 Perfuração em Rochas	16
3.3 Desmonte de Rochas por Explosivos.....	19
3.3.1 Propriedades do Explosivo	21
3.3.1.1 Densidade de um explosivo	21
3.3.1.2 Energia de um explosivo.....	21
3.3.2 Acessórios de iniciação	21
3.4 Parâmetros geométricos de um plano de fogo	23
3.5 Análise Granulométrica	24
4. METODOLOGIA	26
4.1 Linha Base	27
4.2 Alterações Realizadas	30
4.2.1 Plano de Fogo 002/17	31
4.2.1.1 Análise Granulométrica	34
4.2.2 Plano de Fogo 003/17	37
4.2.2.1 Análise Granulométrica	40
4.2.3 Plano de Fogo 004/17	42
4.2.3.1 Análise Granulométrica	45
4.3 Operações de Perfuração e Desmonte.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5.1 Índices de Desempenho	47
5.2 Perfuração Linear.....	48
5.3 Consumo de Emulsão	49
6. CONCLUSÕES.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a indústria da mineração 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.

Mesmo com todo desenvolvimento de pesquisas, tecnologias e instrumentos para operações mineiras, as pedreiras, em sua grande maioria, ainda trabalham de maneira arcaica, sem muito embasamento técnico para a realização das atividades. Isso implica num baixo aproveitamento dos equipamentos, acessórios e insumos para a produção. Além disso, um conceito extremamente importante é pouco utilizado nesses empreendimentos: *Mine to Mill*.

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.

Entendendo que a primeira operação deve ser extremamente bem realizada para que não comprometa as seguintes, as atividades de perfuração e desmonte devem ser observadas com muito cuidado. Por isso o intuito de otimizar tal procedimento é garantir um plano de perfuração que aborde uma malha, diâmetro e inclinação dos furos que possam ter sinergia com o plano de fogo proposto, com explosivos e acessórios que assegurem o uso sublime da energia de detonação para aquela ocasião.

Segundo o Instituto Minere (“Entenda como o desmonte influencia a britagem”, 2019), o diagnóstico especializado permite que os produtores de agregados possam aumentar ou diversificar sua produção. Ao entender melhor a jazida que exploram, eles identificam a origem de problemas recorrentes como, por exemplo, a granulometria inadequada alimentando a britagem primária. Ao fazer isso, podem otimizar o desmonte de rochas e reduzir paradas desnecessárias na britagem, além de melhorar a fragmentação do material. Eles também podem perceber como a jazida muda de características e tirar o melhor partido

dessa mudança ao fabricar produtos diferentes de acordo com a demanda de mercado, inclusive o pó de pedra.

Um exemplo comum é o da pedreira que tem como objetivo aumentar a produção de britas de pequenas dimensões. Ela pode começar esse processo evitando a produção de matacões (rochas desmontadas com tamanho inadequado para a britagem primária). A melhoria da fragmentação, a menor geração de matacões e o aumento da produtividade acontecem com um melhor entendimento a respeito da mina e o uso mais eficiente de explosivos, tipo de malhas de furo e outros dados.

Também é possível focar o estudo de otimização do desmonte na redução de vibração ou redução de lançamento de material. Adicionalmente, a pedreira pode usar peças de desgaste mais adequadas, reduzindo custos.

A pedreira pode ainda investir na melhoria da mão de obra e no uso racional de componentes de reposição, ampliando sua produtividade. Em resumo, ativar um círculo virtuoso que, felizmente, não tem fim.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Os objetivos gerais desse trabalho são desenvolver um Plano de Fogo adequado para a realidade da pedreira em estudo, dentro dos limites ambientais permissíveis, com o intuito de otimizar as operações da mina e, ao mesmo tempo, diminuir os custos gerando economia na utilização de equipamentos e insumos.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Propor a utilização de novos acessórios e explosivos para a realização dos desmontes.
- ii. Propor novas técnicas de carregamento e amarração levando em conta a formação geológica.
- iii. Fazer análise granulométrica após o desmonte afim de verificar se corresponde às especificações da usina.
- iv. Fazer análise econômica dos resultados após as mudanças.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Operação de Desmonte de Rochas

Segundo Pontes (2013, apud GAMA, 2003), o desmonte de rocha é definido como o conjunto de processos utilizados para proceder à fragmentação de determinado volume de rocha do maciço; pode ser dividido em três grandes grupos: desmonte mecânico, hidráulico e com explosivo; logo, este conceito pode ser influenciado pela geomecânica do maciço.

Segundo Munaretti (2002), o desmonte do maciço rochoso é uma etapa do ciclo da mineração complexa que necessita da perfuração, detonação, carregamento de minério e transporte e essa etapa representa uma parcela significativa na redução do custo final por tonelada produzida de material desmontado pois tem influência direta nos custos das operações de carregamento, transporte e beneficiamento.

A utilização de substâncias explosivas sem aplicação de técnicas específicas na atividade do desmonte de rocha, em áreas próximas a centros urbanos, gera impactos ambientais diversos como, por exemplo, vibrações excessivas nos terrenos, fenômeno este que se manifesta sempre que ocorre detonação não controlada devido às energias transmitidas ao maciço rochoso. Os problemas gerados por este fenômeno normalmente se refletem nas perturbações causadas às comunidades que se encontram nas proximidades e também em danos nas estruturas e equipamentos localizados na vizinhança.

A operação do desmonte de rocha com explosivos produz ondas de sísmicas que se refletem causando o fraturamento do maciço rochoso. Essas ondas procuram, preferencialmente, as zonas de menor resistência, ou seja, a superfície, causando vibrações. As ondas se atenuam em decorrência do atrito interno, que não se transformam em trabalho útil. Este é um dos cuidados que devem ser priorizados além dos conhecimentos do comportamento das propriedades da rocha a ser trabalhada, pois os resultados das detonações são mais influenciados pelas propriedades do maciço rochoso do que pelas propriedades dos explosivos (BACCI, 2000 apud PONTES, 2013).

3.2 Perfuração em Rochas

A perfuração das rochas, dentro do campo dos desmontes, é a primeira operação que se realiza e tem como finalidade abrir furos com uma distribuição e geometria adequada dentro dos maciços para alojar as cargas de explosivos e acessórios iniciadores. Os tipos de trabalho, tanto em obras de superfície como subterrâneas, podem classificar-se nos seguintes: perfuração de banco, perfuração de produção, perfuração de chaminés (raises), perfuração de poços (shafts), perfuração de rochas com capeamento e reforço das rochas, (SILVA, 2009).

As operações de perfuração do maciço rochoso na lavra de pedreiras são importantes ao sucesso do desmonte da rocha. A correta execução da perfuração, assegurando que os furos efetivamente sejam desenvolvidos segundo o plano de fogo, mantendo-se malha como planejada, a correta inclinação e retilinidade. Essas são condições essenciais para assegurar os objetivos do desmonte.

Diversas técnicas de perfuração são empregadas nas pedreiras, variando muito no porte dos equipamentos, mas, de um modo geral, no Brasil ainda são adotados, na maioria das operações, equipamentos de pequeno a médio porte. Na indústria de produção de brita é utilizado principalmente o método de perfuração de rochas à percussão.

De acordo com Correia (2011), a perfuração é a operação preponderante para o sucesso da fragmentação da rocha, pois os erros cometidos podem influenciar diretamente as operações seguintes no que diz respeito aos rendimentos e custos, devendo ser dada particular importância, rigor e formação dos operadores, com uma monitorização contínua ao longo do tempo.

A perfuração de rochas é realizada por uma perfuratriz que pode ser dimensionada de acordo com o tipo de rocha na qual irá trabalhar, bem como baseado no planejamento de produção da mina. Além disso, diferentes tipos de perfuratrizes podem ser utilizados dependendo do contexto de trabalho da mesma. Segundo Silva (2009), existem três principais métodos de perfuração para o desmonte de rochas com explosivos aplicados à mineração: perfuração rotativa com brocas tricônicas (Holler Bit); martelo de superfície (Top-Hammer, método roto-percussivo); martelo de fundo de furo ou furo abaixo (Down the Hole, método roto-percussivo). Além disso, as perfuratrizes podem ser classificadas segundo sua mecânica, podendo ser pneumática ou hidráulica.

De acordo com Silva (2009), também conhecida por perfuração por martelo, a perfuração por percussão é o método mais comum de perfuração para a maioria das rochas, os martelos podem ser acionados a ar comprimido ou hidráulicos.

As perfuratrizes rotopercussivas geralmente exercem um papel menor quando comparadas com as máquinas rotativas nas operações mineiras a céu aberto. Sua aplicação é limitada à produção das pequenas minas, perfuração secundária, trabalhos de desenvolvimento e desmonte controlado. Porém, o sistema de furo abaixo ou de fundo de furo (down the hole) com diâmetro de perfuração na faixa de 150 mm (6") a 229 mm (9") vem ganhado campo de aplicação nas rochas de alta resistência por propiciar maiores taxas de penetração quando comparadas com o método rotativo. Estas perfuratrizes possuem dois sistemas de acionamento básicos, rotação e percussão. Estas duas forças são transmitidas através da haste para a coroa de perfuração.

Os martelos podem ter acionamento pneumático ou hidráulico, e são localizados na superfície sobre a lança da perfuratriz, conforme figura 1.

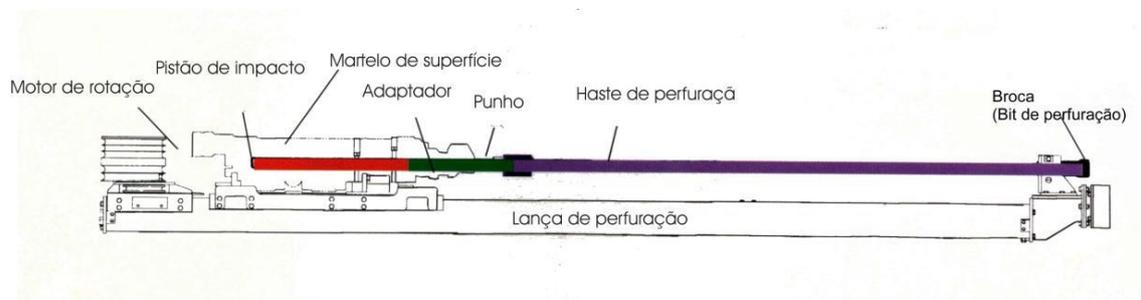


Figura 1 - Componentes básicos do martelo de superfície, Silva (2009)

Segundo Koppe (2012) muitas vezes, durante a perfuração ocorrem desvios da furação, em virtude de diversos fatores, entre eles, o uso inadequado dos equipamentos e as condicionantes geológicas do terreno, refletidas especialmente por materiais de diferentes durezas ou outras circunstâncias como existência de fraturas, zonas de cisalhamento e diferentes estratos. Esses desvios podem gerar problemas, posteriormente, durante a detonação dos explosivos no desmonte, podendo provocar excesso de vibrações no terreno e ultralançamentos que podem ser perigosos para: operadores, equipamentos e vizinhança da pedreira.

Os principais erros e desvios que podem ocorrer durante a perfuração compreendem (KERBER et al., 2007 apud. KOPPE, 2012): desvios do furo para frente ou para trás da face da bancada, desvios laterais, desvio na inclinação ou azimute do furo, comprimento errado do furo e perdas de furo (Figura 2).

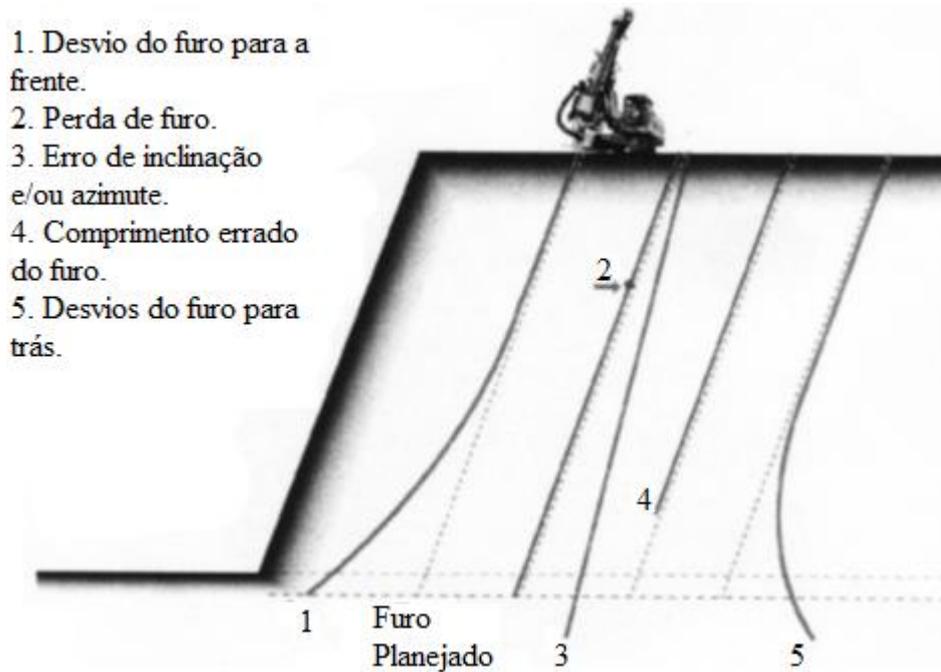


Figura 2 - Principais erros que ocorrem durante o desenvolvimento das operações de perfuração. (Koppe et al., 2012)

Ainda segundo Koppe (2012), os desvios da furação que ocorrem para frente da face da bancada podem diminuir sensivelmente o afastamento projetado, o que pode acarretar ultralançamento. Ocorrendo o desvio para trás da face da bancada, a tendência é aumentar o afastamento, criando áreas ausentes ao efeito da energia dos explosivos daqueles furos, podendo ocasionar formação de repé (saliências rochosas no pé da bancada), fragmentação inadequada e excesso de vibrações no terreno. Desvios laterais modificam a relação de espaçamento planejado, redundando em problemas na fragmentação do material.

Erros na inclinação ou azimute do furo podem levar à perfuração inadequada do comprimento de um furo e modificar as relações de afastamento entre furos projetadas no plano de fogo. Quando ocorre um aumento da subfuração, a tendência é gerar uma maior vibração no terreno devido ao confinamento dos explosivos. Ao contrário, caso o furo não atinja a profundidade planejada, poderá surgir repé na praça de trabalho.

3.3 Desmonte de Rochas por Explosivos

O desmonte de rochas por explosivos é utilizado nas situações onde a escavação mecânica é lenta, custosa ou inviável. A perfuração e o desmonte bem feitos do maciço rochoso auxiliam a mineração minimizando riscos e custos. Assim, como resultado, obtém-se uma boa fragmentação da rocha, pilhas de fácil acesso, mínimas perdas por diluição, redução de repés, taludes bem definidas, controle de vibrações, ultralançamentos e emissão de poeiras.

Segundo Silva (2009), o interesse em explosivos em emulsão deu-se no início da década de 60. Explosivos em emulsão são do tipo “água-em-óleo” (water-in-oil). Eles consistem de microgotículas de solução oxidante supersaturada dentro de uma matriz de óleo. Para maximizar o rendimento energético, enquanto minimiza custos de produção e preço de venda, o oxidante dentro das microgotículas consiste principalmente de nitrato de amônio. Dentro de um ponto de vista químico, uma emulsão se define com uma dispersão estável de um líquido imiscível em outro, o qual se consegue mediante agentes que favorecem este processo (agentes emulsificantes) e uma forte agitação mecânica. A figura 3 mostra a emulsão encartuchada, enquanto a tabela 1 mostra a composição básica de um explosivo em emulsão.



Figura 3 - Emulsão Encartuchada (Silva, 2009)

Tabela 1 - Composição Típica de um Explosivo em Emulsão, Silva (2009)

Ingredientes	Porcentagem em massa
Nitrato de amônio	77,3
Água	16,7
Óleo Diesel	4,9
Agente emulsificante: Oleato de sódio ou Monoleato de ezorbitol	1,1
	100

Para uma melhor compreensão dos aspectos que envolvem o desmonte de rochas, com utilização de explosivos, é necessário o entendimento dos processos inerentes fragmentação da rocha. A fragmentação inicia com a detonação do explosivo e a partir desse momento ocorre uma interação da ação do explosivo com a rocha (Figura 4). O tipo de explosivo, a geometria da furação imposta ao maciço rochoso, o padrão de iniciação da detonação e as características do maciço rochoso são responsáveis pela fragmentação e formação da pilha desmontada. A detonação do explosivo promove uma liberação de enorme quantidade de energia na forma de calor e pressão de gases de forma rápida e violenta. Diversas teorias desenvolvidas nos últimos anos procuram explicar o mecanismo associados aos processos de fragmentação, sendo que as principais são: reflexão de ondas, expansão de gases, ruptura flexural, ondas de tração, expansão de gases e ondas de tração/defeitos, nucleação, torque e crateramento (OLOFSSON, 1989 apud. KOPPE, 2012).

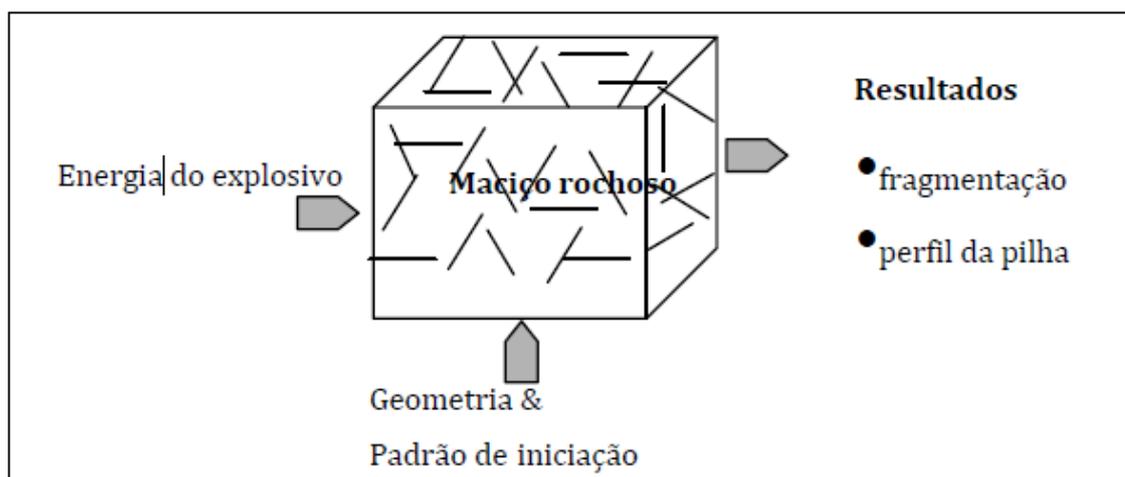


Figura 4 - Interação do explosivo com o maciço rochoso. (KOPPE, 2012)

3.3.1 *Propriedades do Explosivo*

3.3.1.1 *Densidade de um explosivo*

Densidade é a relação entre a massa e o volume dessa massa, medida em g/cm³. A densidade dos explosivos comerciais varia de 0,6 a 1,45 g/cm³. A densidade dos explosivos é um fator importante para a escolha do explosivo. Os explosivos com densidade inferior ou igual a 1 não devem ser utilizados em furos contendo água, para evitar que os mesmos boiem. Para detonações difíceis, em que uma fina fragmentação é desejada, recomenda-se um explosivo denso. Para rochas fragmentadas “in situ”, ou onde não é requerida uma fragmentação demasiada, um explosivo pouco denso será suficiente, SILVA (2009).

3.3.1.2 *Energia de um explosivo*

A finalidade da aplicação de um explosivo em um desmonte é gerar trabalho útil. A energia liberada pelo explosivo em um furo é utilizada da seguinte forma: pulverização da rocha nas paredes do furo, rompimento da rocha, produção de calor e luz, movimento da rocha, vibração do terreno e sobrepressão atmosférica.

No passado, a energia de um explosivo era medida em função da porcentagem de nitroglicerina (NG) contida no mesmo. Um explosivo que possuía 60% de (NG) em peso era qualificado como tendo força de 60%. Acontece que os modernos explosivos, especialmente os agentes detonantes, não possuem NG nas suas formulações, daí a necessidade de se estabelecer um novo padrão de comparação, SILVA (2009).

3.3.2 *Acessórios de iniciação*

Os acessórios de iniciação são de extrema relevância na detonação uma vez que, caso o acessório iniciador não envie uma energia de ativação satisfatória para ocasionar uma iniciação desejável, poderá resultar, simplesmente, na queima dos explosivos, sem detoná-los (PINHEIRO, 2015 apud DE OLIVEIRA MACIEL).

Os principais acessórios iniciadores transmissores de energia usados na mineração segundo Oliveira Maciel (2018) são:

- i. Espoleta simples: formada por um tubo de alumínio ou cobre, com uma extremidade aberta e outra fechada, contendo em seu interior uma carga detonante primária, ou de ignição, cujo explosivo é a azida de chumbo $Pb(N_3)_2$, e uma carga básica de PETN, tetranitrato de penta-eritritol ($C_2H_4N_2O_6$). A azida de chumbo, uma vez iniciada pela faísca do estopim, faz detonar a carga de PETN que é responsável pela detonação do explosivo secundário.
- ii. Estopim de segurança: responsável pela condução da chama para ignição direta de uma carga de pólvora ou detonação de uma espoleta simples. O estopim é constituído de um núcleo de pólvora negra, envolvida por materiais têxteis que, por sua vez, são envolvidos por material plástico
- iii. Cordel detonante: O cordel detonante é um acessório de detonação que consiste, essencialmente, de um tubo de plástico com um núcleo de explosivo de alta velocidade, a nitropenta ($C_5H_8N_4O_{12}$). A sua velocidade de detonação é de, aproximadamente, 7000 m/s.
- iv. Retardo bidirecional não elétrico para cordel detonante: tubo metálico que contém uma medida de PETN, revestido de plástico, iniciado em um dos extremos pelo cordel. Ao ser iniciado, o retardo promove uma diminuição na velocidade de propagação da onda de choque enquanto queima a carga de PETN.
- v. Sistema não elétrico com Linha Silenciosa: consiste de uma espoleta comum, não elétrica, conectada a um tubo de plástico transparente, altamente resistente, com diâmetro externo e interno de 3 mm e 1,5 mm, respectivamente. O tubo plástico contém, em média, uma película de PETN pulverizada de 20 mg/m de tubo, que ao ser iniciada promove a formação de uma onda de choque, causada pelo calor e expansão dos gases dentro do tubo, que se propaga com uma velocidade, aproximadamente, de 2000 m/s. Essa reduzida carga explosiva, geradora da onda de choque, que se desloca através do tubo, não chega a afetar o lado externo do mesmo, porém, inicia a espoleta na extremidade do tubo.

3.4 Parâmetros geométricos de um plano de fogo

Segundo De Moraes (2004), não existem na literatura tentativas teóricas de definição dos parâmetros de detonação baseados em simples propriedades do maciço rochoso, devido à complexidade da rocha, como material, e da detonação, como processo. De qualquer forma, tem havido muitas tentativas de se definir a blastabilidade das rochas baseadas em observações de casos particulares do desmonte de rochas. A maioria destas tentativas trata a rocha como um material homogêneo e frágil (“*brittle*”).

Segundo Silva (2009), afastamento é a menor distância que vai do furo à face livre da bancada ou a menor distância de uma linha de furos a outra. De todas as dimensões do plano de fogo essa é a mais crítica pois em um afastamento muito pequeno a rocha é lançada a uma considerável distância da face. Os níveis de pulsos de ar são altos e a fragmentação poderá ser excessivamente fina. Já em afastamentos muito grandes ocorre grande emissão de gases dos furos, crateras verticais, alto nível de onda aérea e vibração do terreno. A fragmentação da rocha pode ser extremamente grosseira e problemas no pé da bancada podem ocorrer.

Outro parâmetro geométrico importante para este trabalho é o espaçamento que é a distância entre dois furos de uma mesma linha. O espaçamento nunca deve ser menor que o afastamento, caso contrário, o número de matacões será excessivo.

Outras variáveis do plano de fogo são mais flexíveis e não produzirão efeitos drásticos nos resultados tal como os produzidos pelo erro na estimativa da dimensão do afastamento (SILVA, 2009).

A figura 5 ilustra os principais parâmetros geométricos de um plano de fogo em bancadas de mina a céu aberto.

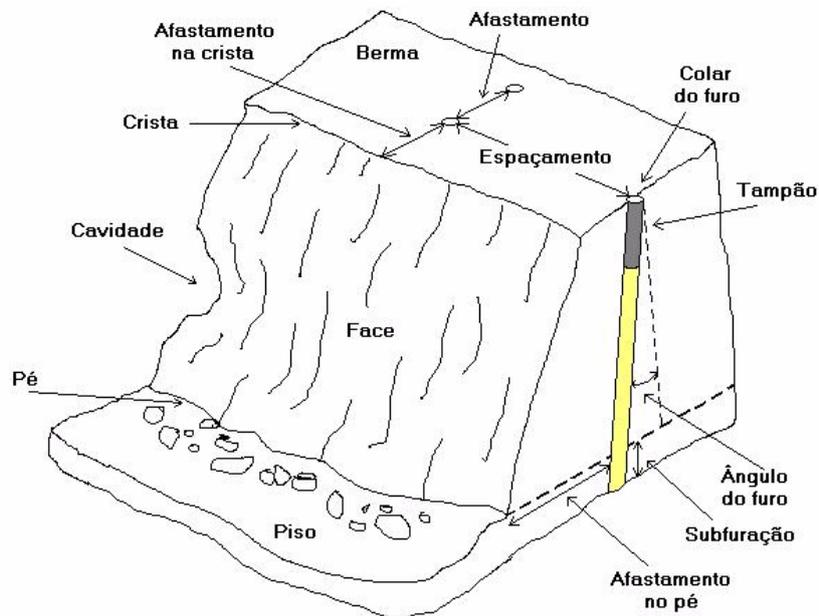


Figura 5 - Parâmetros de um Plano de Fogo.

3.5 Análise Granulométrica

A análise da fragmentação, é uma ferramenta importante que está intimamente associada a qualidade do desmonte de rochas. O desmonte por si só é apenas uma das etapas da operação. O ensaio granulométrico em questão consiste na análise da distribuição granulométrica para mensurar o tamanho dos blocos gerados pelos desmontes de rochas por explosivos. Isso se justifica uma vez que esse parâmetro envolve aspectos de desempenho na operação de escavação seja em obras civis (construção de rodovias, escavação para fundações de barragens) e exploração de minerações (pedreiras e mineradoras de grande porte). Alguns dos conhecidos benefícios são observados na melhora da performance da britagem, aumento da produtividade com eliminação de paradas, redução das chances de obstrução no britador, aumento da produtividade dos equipamentos de carregamento e transporte.

O método mais comum de avaliar a fragmentação é uma estimativa visual simples de fragmentos na superfície. Embora seja capaz de detectar problemas grosseiros, isso é muito subjetivo para um programa completo de avaliação de explosões. Boas técnicas de avaliação

de fragmentação fornecem resultados precisos, levando a uma fragmentação otimizada e custos gerais de mineração mais baixos.

Uma forma de medição de fragmentação é através da entrada de fotografias da face de fragmentação. Em seguida, é realizado um pré-processamento das imagens para análise automática e determinação da distribuição. O resultado é usado em uma análise comparativa entre as detonações previamente analisadas.

Segundo de Moraes (2004), a finalidade principal da simulação do desmonte de rochas é a previsão da curva granulométrica da pilha detonada. Isto possibilita a alteração dos parâmetros dos planos de fogo de forma a atingir a fragmentação desejada para cada detonação. O autor diz que existem modelos de interação explosivo-rocha, que fornecem uma descrição útil do processo de detonação como um "*background*" para modelar o processo de fragmentação da rocha por explosivos. Entre os principais trabalhos destacam-se: Kuznetsov (1973), Cunningham (1983), Lilly (1986), Sarma (1994) e Djordjevic (1999).

4. METODOLOGIA

Segundo Adel (2006), um esforço típico de otimização de minas inclui quatro etapas: estudo de escopo, análise, otimização e implementação. O estudo de escopo consiste em uma visita ao local para revisar as práticas atuais de mineração e processamento e descobrir possíveis áreas de melhoria. A etapa de análise envolve um levantamento detalhado de todos os aspectos de uma operação de mineração, desde a detonação até a britagem e peneiramento. Os domínios das rochas são identificados e as características da massa rochosa são determinadas.

Os dados coletados da etapa de análise são usados na etapa de otimização para otimizar as estratégias operacionais da mina e da planta. Por fim, as estratégias operacionais mais promissoras identificadas na etapa de otimização são usadas na etapa de implementação para melhorar o desempenho total do sistema. Mais uma vez, uma análise detalhada é parte integrante desta etapa final, a fim de quantificar quaisquer melhorias feitas no rendimento global, custo ou utilização de energia da operação.

Durante todo o processo de exploração, o treinamento e a transferência de tecnologia são fundamentais para que os benefícios sejam mantidos na operação em estudo. A figura 6 retrata o ciclo do trabalho realizado:

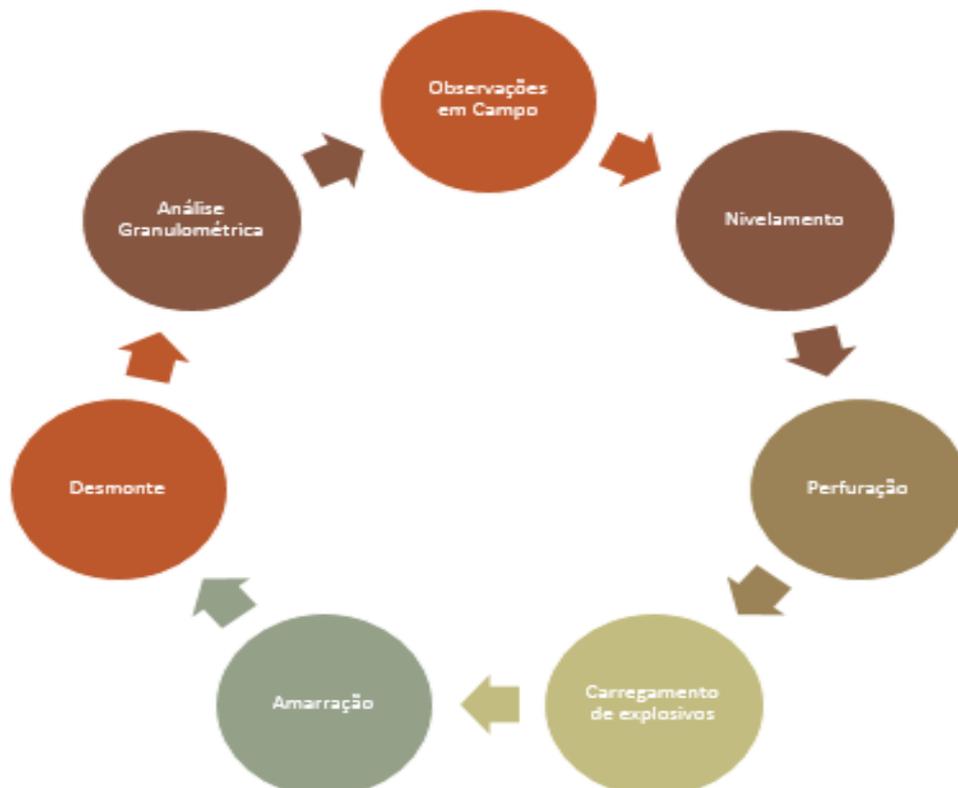


Figura 6 - Ciclo de trabalho realizado

4.1 Linha Base

A pedreira em estudo (figura 7) se encontra no município de Aparecida de Goiânia no estado de Goiás e tem como produto brita de Mica Xisto. Tal região é formada por um complexo de pedreiras de diferentes litologias como formações de gnaiss, granito e calcário.

Em um intervalo de quatro meses foram realizados quatro desmontes. Como parâmetro inicial, no primeiro desmonte (001/17), retratado na tabela 2, optou-se por manter o padrão de perfuração, com diâmetro de 3", por questões operacionais e econômicas, que já era utilizado pela contratante para se ter um parâmetro de comparação com as modificações realizadas nos desmontes seguintes. Nesse primeiro momento a malha de perfuração utilizada foi de 1,80m x 3,50m e amarração em linha por cordel NP5 (figura 8).

Na figura 9 é mostrado o resultado do desmonte em questão (001/17).



Figura 7 - Imagem da pedreira em estudo. (GOOGLE EARTH, 2017)

Tabela 2 - Plano de Fogo 001/17

DESMONTE 001/2017	
Banco:	B.01
Nº de furos:	35
Diâmetro (pol):	3
Altura do banco(m):	13,67
Inclinação (°):	10
Sub perfuração (m):	0,6
Total perfurado(m):	506,90
Volume desmontado (m³):	3014,66
Razão linear (kg/m):	5,95
Tampão(m):	1,70
Densidade da rocha (g/cm³):	2,8
Afastamento(m):	1,80
Espaçamento(m):	3,50
CONSUMO DE EXPLOSIVOS (kg)	3170,00
MALHA (m²):	6,30
RAZÃO DE CARGA (kg/m³):	1,05
PERFURAÇÃO ESPECÍFICA (m³/m):	5,95

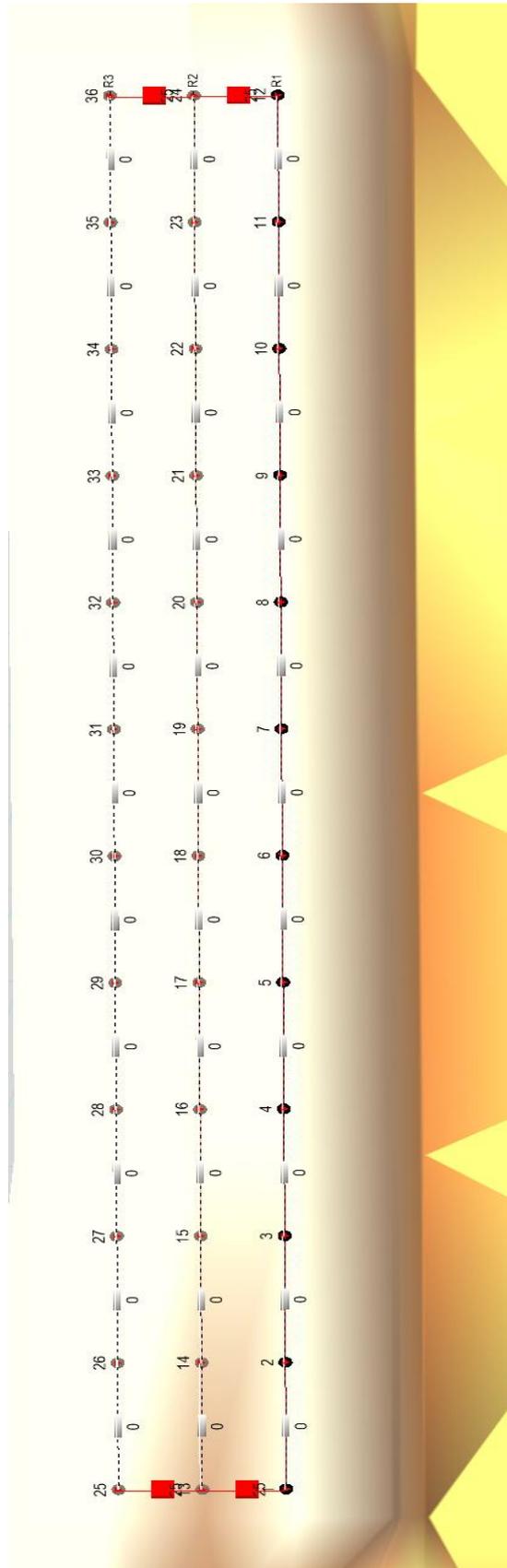


Figura 8 - Esquema de amarração e temporização do PF 001/17 gerado no O-Pitblast



Figura 9 - Imagem da bancada após o desmonte 001/17

4.2 Alterações Realizadas

Nos desmontes seguintes foram feitos ajustes na malha de perfuração com o objetivo de aperfeiçoar a operação como um todo, reduzindo-se a perfuração linear e consequentemente o consumo de explosivos, sem que haja comprometimento da qualidade do material gerado. Para tanto, após testes gradativos, a malha utilizada chegou à 2,00 m x 4,00 m. Além disso, optou-se por padronizar a densidade da emulsão em 1,15g/cm³. As amarrações, anteriormente realizadas com cordel NP5 e em linha, foram realizadas com não-elétricos de ligação (Exel™ HTD).

As tabelas 3, 4 e 5 mostram os parâmetros geométricos dos planos de fogo utilizados nos desmontes 002/17, 003/17 e 004/17, respectivamente.

4.2.1 Plano de Fogo 002/17

Ao se realizar o nivelamento para elaborar o plano de perfuração, tomou-se o cuidado de praticar uma precisão máxima, visto que seria, além de um desmonte de produção, um de desenvolvimento. Tal medida se deve ao fato de as profundidades dos furos variarem muito e, uma perfuração mal dimensionada, pode acarretar o uso incorreto de explosivos em relação a quantidade utilizada, gerar ultralançamentos, repés ou over-break.

Observando-se a figura 10, é possível identificar algumas fraturas e a xistosidade da rocha, permitindo, assim, elaborar uma perfuração que vá contra essa orientação bem como uma amarração em diagonal, também contra a xistosidade, com o intuito de evitar que saiam blocos inteiros e garantir uma boa fragmentação.

Além disso, todos os furos estavam secos, o que poderia indicar percolação da água por supostas fraturas. Porém, com um simples teste adicionando água nos furos, foi possível identificar onde se encontravam tais fraturas bem como sua posição. Para sanar tal problema, foram realizados pequenos decks de emulsão encartuchada nestes locais o que possibilitou o restante do carregamento com emulsão. Na figura 10 temos a bancada antes do desmonte e na figura 12 o esquema de amarração.



Figura 10 - Bancada antes do desmonte 002/17



Figura 11 - Imagem da bancada após desmonte 002/17

Tabela 3 - Plano de Fogo 002/17

DESMONTE 002/2017	
Banco:	B.03
Nº de furos:	41
Diâmetro (pol):	3
Altura do banco(m):	9,87
Inclinação (°):	5
Sub perfuração (m):	0,6
Total perfurado(m):	431
Volume desmontado (m³):	2842,07
Razão linear (kg/m):	7,05
Tampão(m):	1,70
Densidade da rocha (g/cm³):	2,8
Afastamento(m):	1,80
Espaçamento(m):	3,90
CONSUMO DE EXPLOSIVOS (kg)	2488,50
MALHA (m²):	7,02
RAZÃO DE CARGA (kg/m³):	1,07
PERFURAÇÃO ESPECÍFICA (m³/m):	6,59

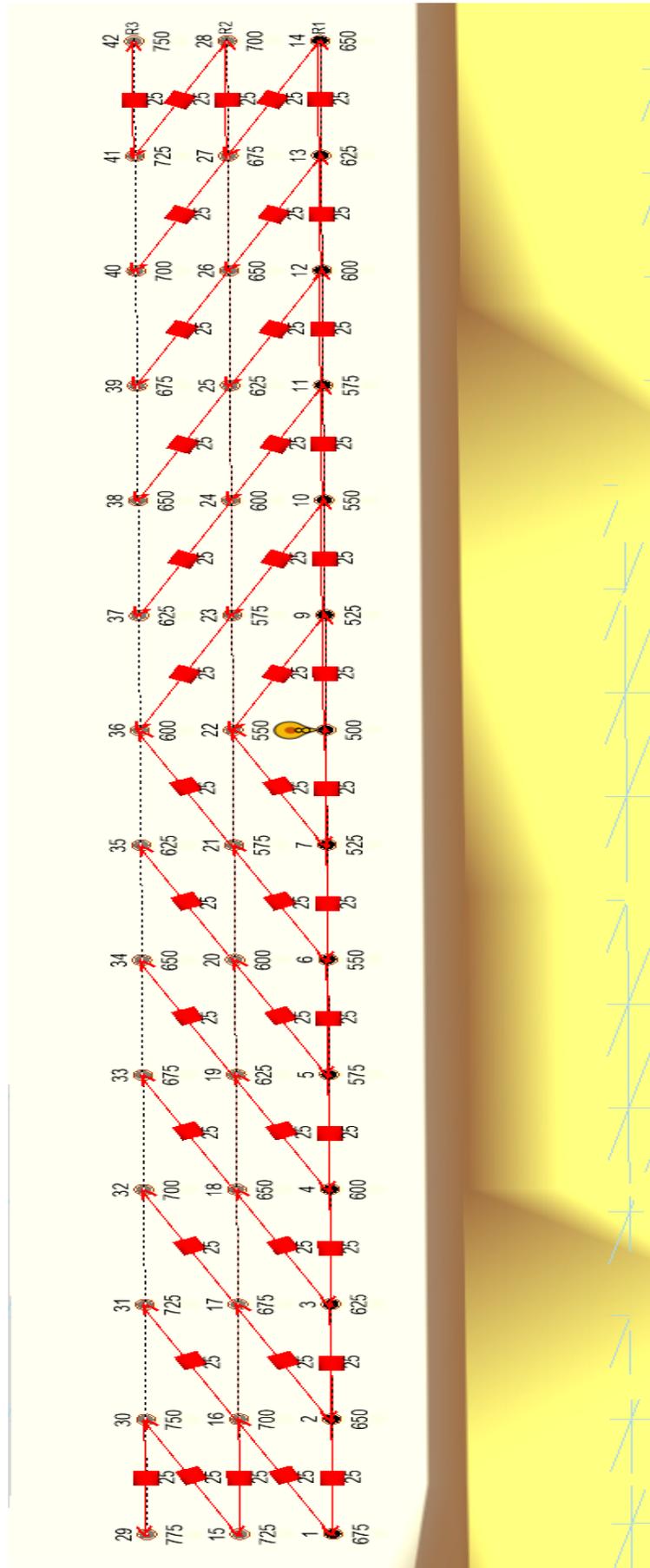


Figura 12 - Esquema de amarração e temporização do PF 002/17 gerado no O-Pitblast

4.2.1.1 *Análise Granulométrica*

A captação das imagens foi feita antes do transporte/limpeza. Utilizou-se de equipamento fotográfico de alta qualidade e resolução com capacidade de maior concentração de pontos por pixel.

Foi utilizado o software PowerSieve™ (3.2.0) para tratamento das imagens e leitura por algoritmos dos pontos/arestas conforme a figuras 13,14 e 15.



Figura 13 - Análise Granulométrica após desmonte 002/17

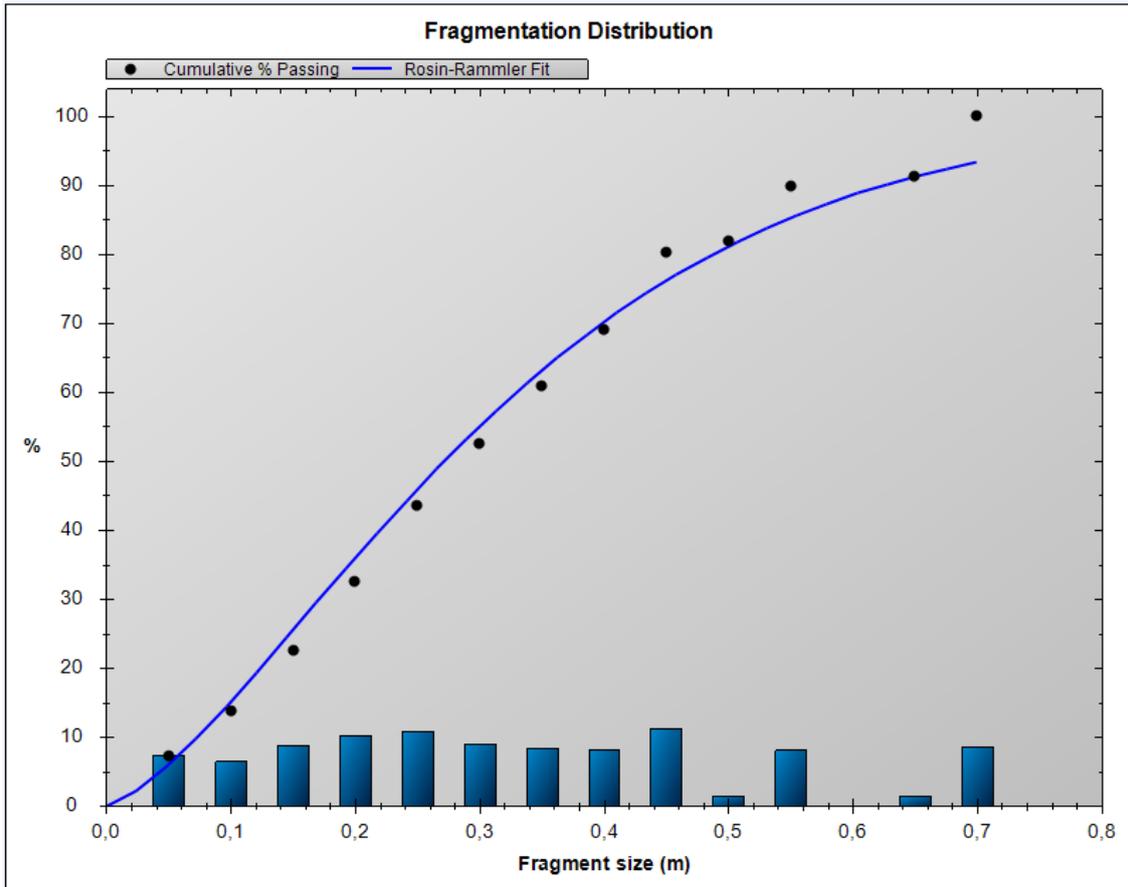


Figura 14 - Curva da Distribuição Granulométrica (Porcentagem Passante x Tamanho do Fragmento) do desmorte 002/17

Percent Passing	Rosin Rammler Size (m)	Swebrec Size(m)	
>	10	0,074	0,071
	20	0,124	0,137
	30	0,172	0,192
	40	0,220	0,241
	50	0,272	0,289
	60	0,330	0,336
	70	0,399	0,387
	80	0,488	0,446
	90	0,625	0,526
	100	n/a	0,823

Figura 15 - Porcentagem de Material Passante por Classe Granulométrica do desmorte 002/17

Para efeito de comparação, foi utilizado o Software O-Pitblast com o qual é possível realizar simulações de desmontes com diferentes litologias, explosivos e acessórios. Como resultado, o programa nos retorna a curva da distribuição granulométrica esperada após o desmonte, ilustrada na figura 16.

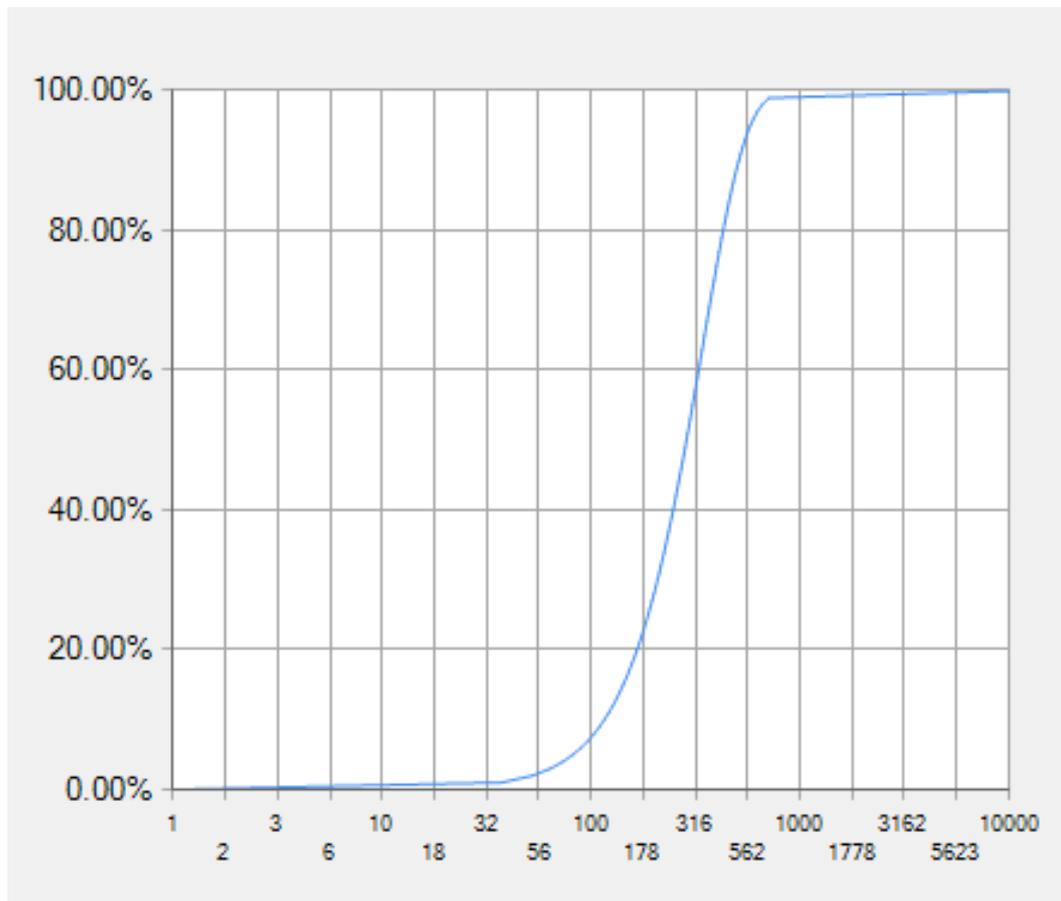


Figura 16 - Curva da distribuição granulométrica esperada após desmonte 002/17

4.2.2 Plano de Fogo 003/17

A região de desmonte (figura 17) era recém decapeada, o que exigiu um nivelamento, preciso, com o intuito de evitar o uso incorreto de explosivos em relação a quantidade utilizada, ultralançamentos, repés ou over-break, além de proporcionar uma praça com relevo adequado para os equipamentos trabalharem.

Ao se observar a bancada a ser desmontada, conclui-se que não haviam fraturas evidentes capazes de inviabilizar o uso de emulsão. Sendo assim, não foi necessário utilizar técnicas de encamisamento (consiste em selar o furo com plástico para que o explosivo não percole pelas fraturas) por elas, ou decks para carregar os furos.

Por fim, levando em consideração a xistosidade da rocha, elaborou-se um plano de perfuração no qual os furos vão em direção contrária a essa orientação. Somado a isso, a amarração (figura 19) também seguiu este critério e foi em diagonal, direcionando a pilha para um lugar adequado bem como ajustando sua altura para o trabalho dos equipamentos de carregamento e transporte. Na figura 18 temos a bancada pós desmonte.

Tabela 4 - Plano de Fogo 003/17

DESMONTE 003/2017	
Banco:	B.03
Nº de furos:	40
Diâmetro (pol):	3
Altura do banco(m):	14,15
Inclinação (°):	5
Sub perfuração (m):	0,6
Total perfurado(m):	592
Volume desmontado (m³):	4526,71
Razão linear (kg/m):	4,20
Tampão(m):	1,50
Densidade da rocha (g/cm³):	2,8
Afastamento(m):	1,80
Espaçamento(m):	4,00
CONSUMO DE EXPLOSIVOS (kg)	3041,50
MALHA (m²):	7,20
RAZÃO DE CARGA (kg/m³):	0,67
PERFURAÇÃO ESPECÍFICA (m³/m):	7,65



Figura 17 - Bancada antes do desmonte 003/17



Figura 18 - Imagem da bancada após o desmonte 003/17

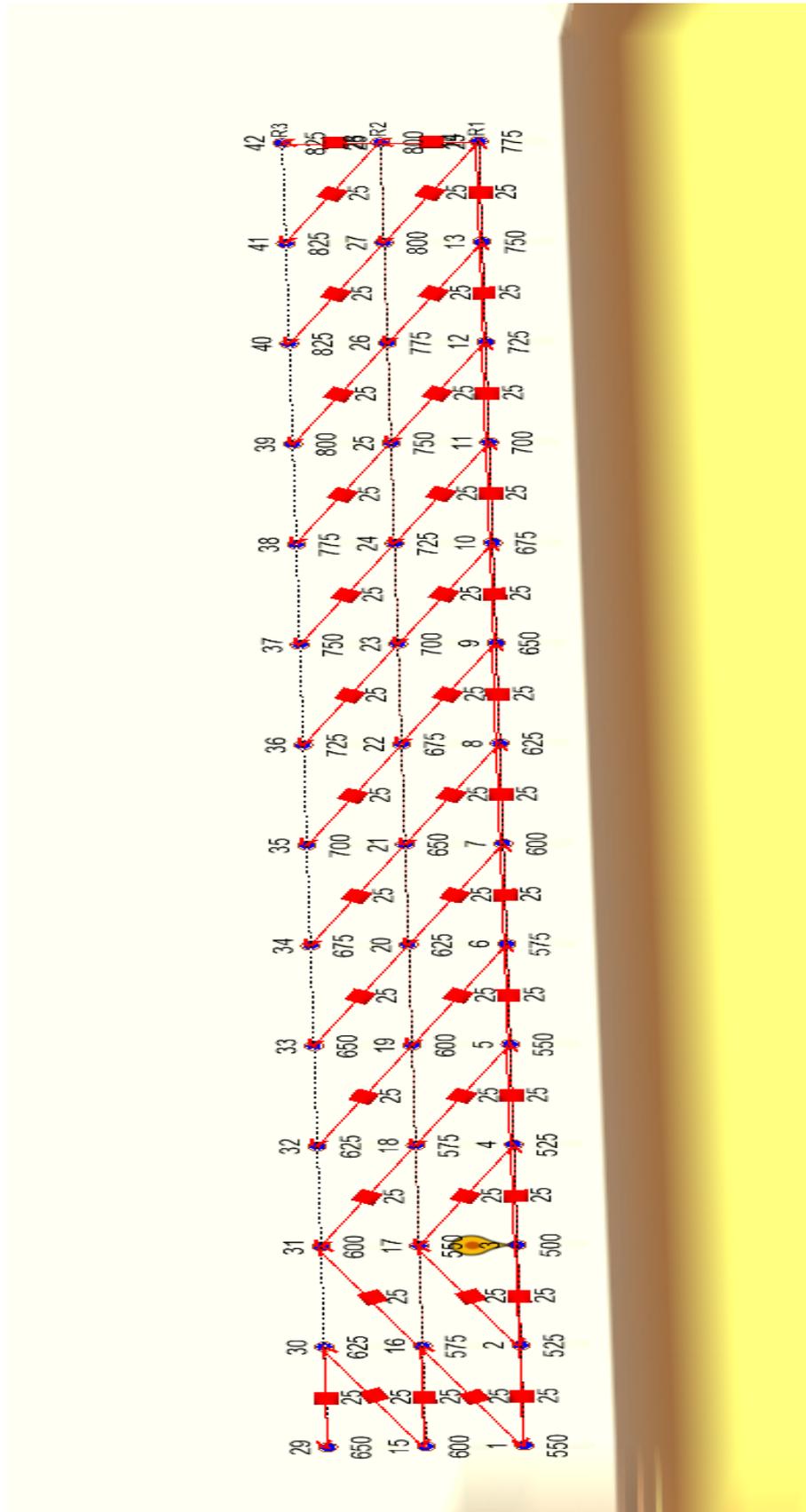


Figura 19 - Esquema de amarração e temporização do PF 003/17 gerado no O-Pitblast

4.2.2.1 Análise Granulométrica

A captação das imagens foi feita antes do transporte/limpeza. Utilizou-se de equipamento fotográfico de alta qualidade e resolução com capacidade de maior concentração de pontos por pixel.

Foi utilizado o software PowerSieve™ (3.2.0) para tratamento das imagens e leitura por algoritmos dos pontos/arestas conforme a figuras 20, 21 e 22.



Figura 20 - Análise Granulométrica após desmonte 003/17

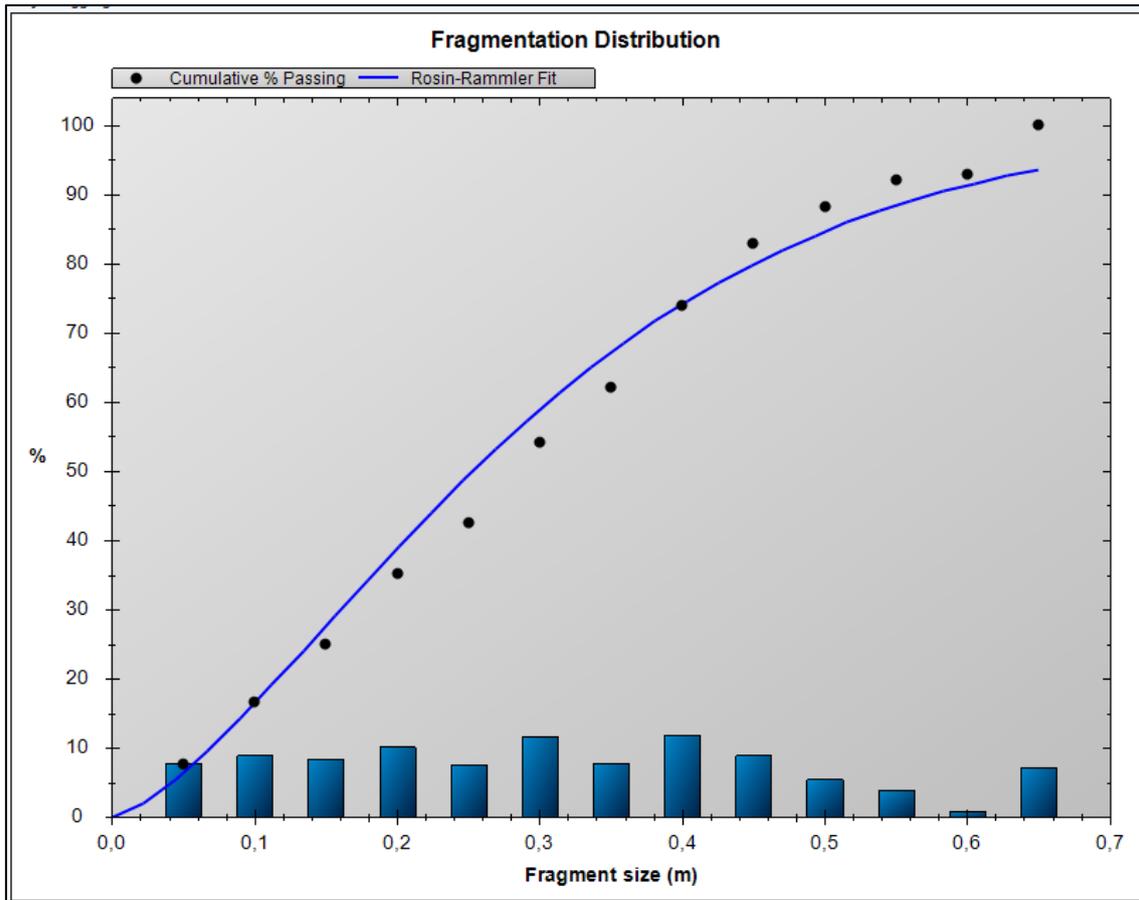


Figura 21 - Curva de distribuição granulométrica (Porcentagem Passante x Tamanho do Fragmento) do desmonte 003/17

Percent Passing	Rosin Rammler Size (m)	Swebrec Size(m)
10	0,070	0,064
20	0,117	0,121
30	0,161	0,172
40	0,205	0,221
50	0,253	0,272
60	0,306	0,328
70	0,369	0,393
80	0,450	0,477
90	0,576	0,608
100	n/a	1,681

Figura 22 - Porcentagem de material passante por classe granulométrica do desmonte 003/17

Para efeito de comparação, foi utilizado o Software O-Pitblast com o qual é possível realizar simulações de desmontes com diferentes litologias, explosivos e acessórios. Como resultado, o programa nos retorna a curva da distribuição granulométrica esperada após o desmonte, ilustrada na figura 23.

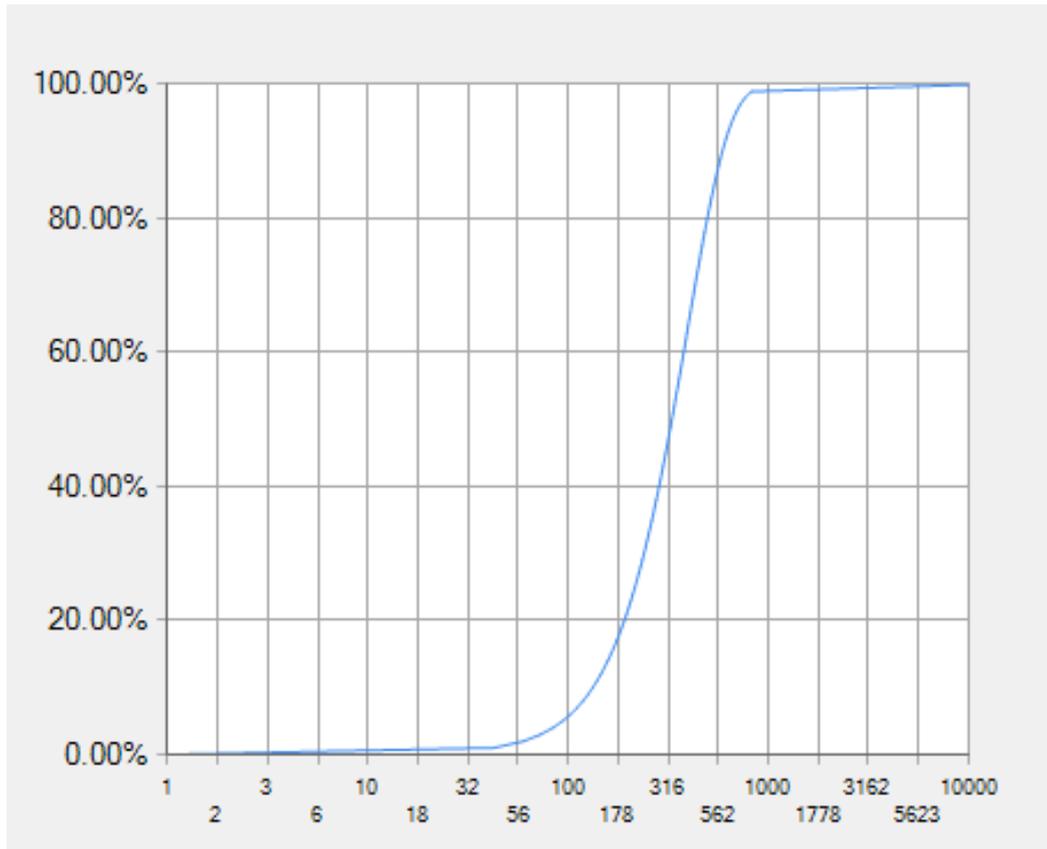


Figura 23 - Curva da distribuição granulométrica esperada após desmonte 003/17

4.2.3 Plano de Fogo 004/17

Tendo a praça para perfuração proveniente do desmonte anterior, os trabalhos de nivelamento ficaram simples de serem realizados, visto que o relevo era quase plano e de mesma cota ao longo da bancada.

Ao se observar a bancada a ser desmontada, concluiu-se que não haviam fraturas evidentes capazes de inviabilizar o uso de emulsão. Sendo assim, não foi necessário utilizar técnicas de encamisamento ou decks para carregar os furos.

Por fim, levando em consideração a xistosidade da rocha, elaborou-se um plano de perfuração no qual os furos vão em direção contrária a essa orientação. Somado a isso, a amarração também seguiu este critério e foi em diagonal longa, direcionando a pilha para um lugar adequado bem como ajustando sua altura para o trabalho dos equipamentos de carregamento e transporte. A figura 24 mostra a bancada desmontada e a figura 25 o esquema de amarração.

Tabela 5 - Plano de Fogo 004/17

DESMONTE 004/2017	
Banco:	B.03
Nº de furos:	39
Diâmetro (pol):	3
Altura do banco(m):	10,64
Inclinação (°):	10
Sub perfuração (m):	0,6
Total perfurado(m):	438,20
Volume desmontado (m³):	3356,88
Razão linear (kg/m):	5,40
Tampão(m):	1,70
Densidade da rocha (g/cm³):	2,8
Afastamento(m):	2,00
Espaçamento(m):	4,00
CONSUMO DE EXPLOSIVOS (kg)	2418,0
MALHA (m²):	8,00
RAZÃO DE CARGA (kg/m³):	0,72
PERFURAÇÃO ESPECÍFICA (m³/m):	7,66



Figura 24 - Imagem da bancada após desmonte 004/17

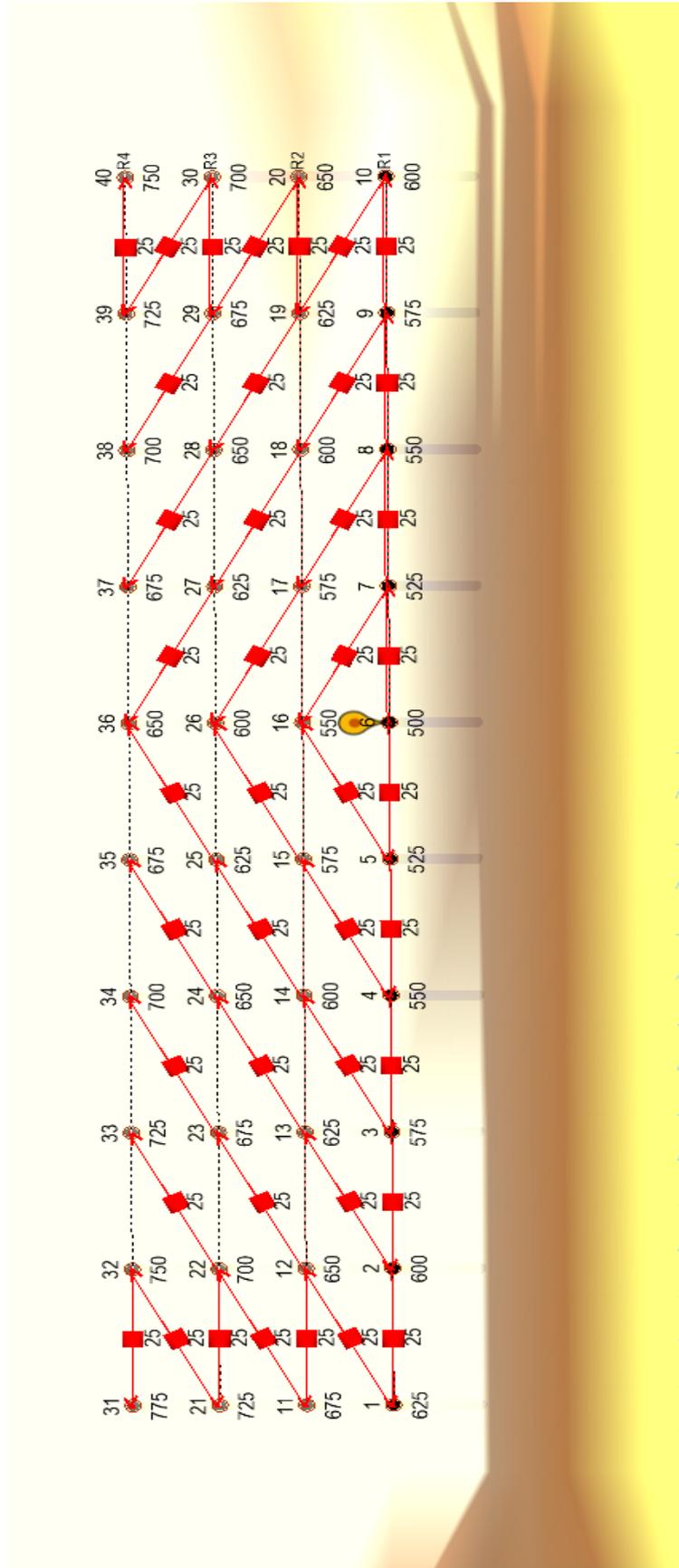


Figura 25 - Esquema de amarração e temporização do PF 004/17 gerado no O-Pitblast

4.2.3.1 Análise Granulométrica

Por motivos técnicos, não foi possível realizar o ensaio granulométrico do desmonte 004/17. Contudo, analisando a imagem, é possível perceber que a granulometria alcançada foi extremamente satisfatória e não compromete a qualidade do produto.

Na figura a seguir podemos ver a curva de distribuição granulométrica após o desmonte 004/17 idealizada no software O-Pitblast conforme figura 26.

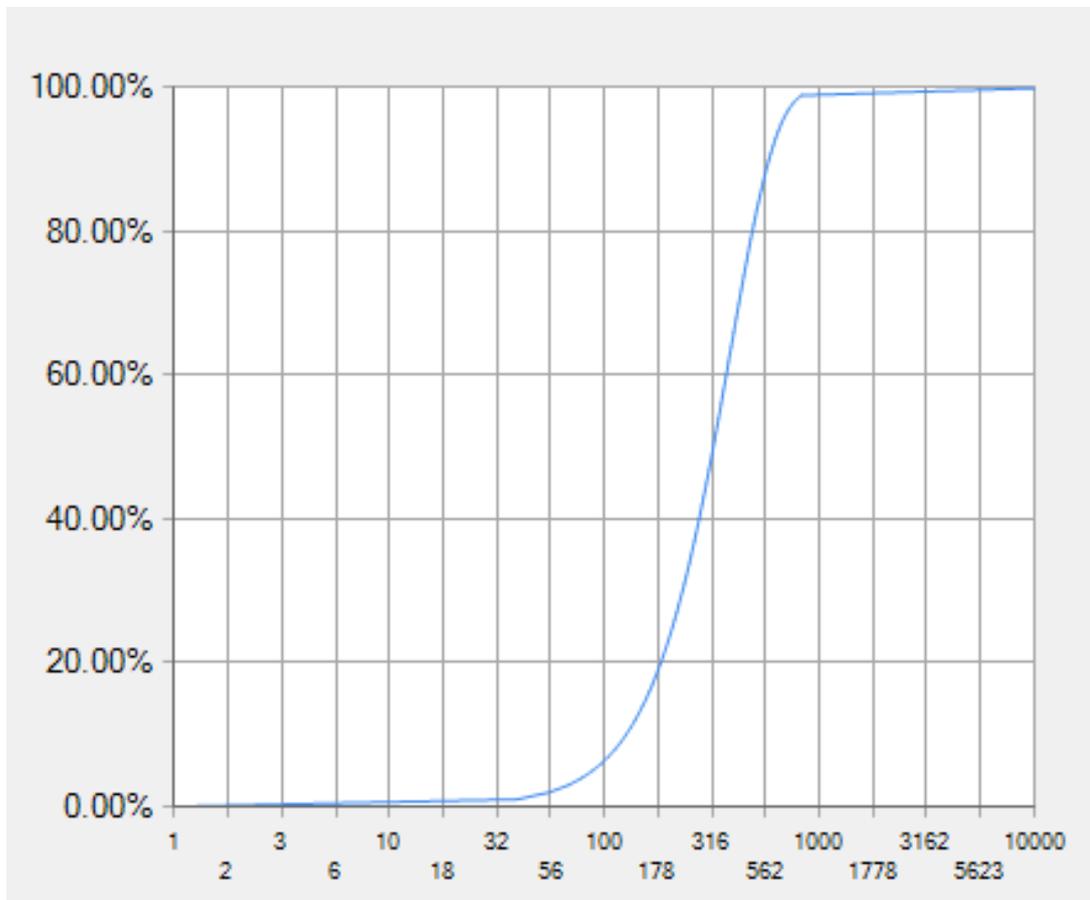


Figura 26 –|Distribuição granulométrica no O-Pitblast

4.3 Operações de Perfuração e Desmonte

A perfuração de rocha foi realizada pela Contratante. A equipe da Compel encarregou-se de realizar o nivelamento, marcação dos furos, elaboração do croqui de perfuração e posteriormente realizou a conferência e medição dos furos.

O carregamento e a amarração foram realizados integralmente pela equipe da Compel. Todo o material utilizado nesses desmontes foi fornecido pela Compel sendo da marca Orica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Índices de Desempenho

No Gráfico 1 observa-se que a ampliação da malha (m^2) foi acompanhada por um aumento de 28,74% do índice de perfuração específica e por uma redução significativa de 31,49% na Razão de Carga (g/m^3). Mesmo com essa redução no consumo de explosivos por metro cúbico a qualidade do material desmontado foi mantida. Durante a série de desmontes realizados foi registrado um aumento de 26,98 % na malha utilizada, saindo de 6,30 m^2 para 8,00 m^2 .

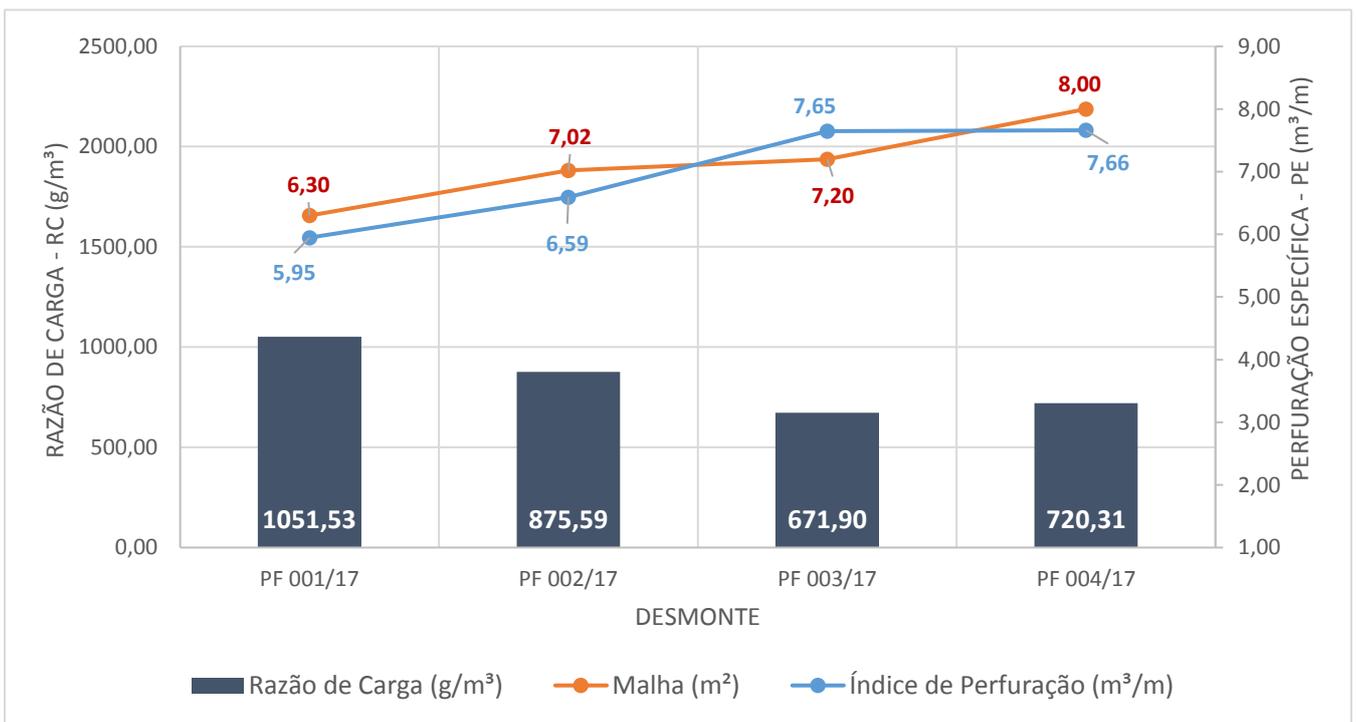


Figura 28 - Índices de Desmonte

5.2 Perfuração Linear

Uma redução de 12,50% na metragem perfurada foi registrada nos desmontes 003/17 e 004/17 onde as mudanças propostas foram aplicadas.

O Gráfico 2 mostra o comparativo entre as metragens perfuradas reais e o esperado caso o padrão anterior fosse mantido, ou caso o proposto fosse implementado em todos os desmontes.

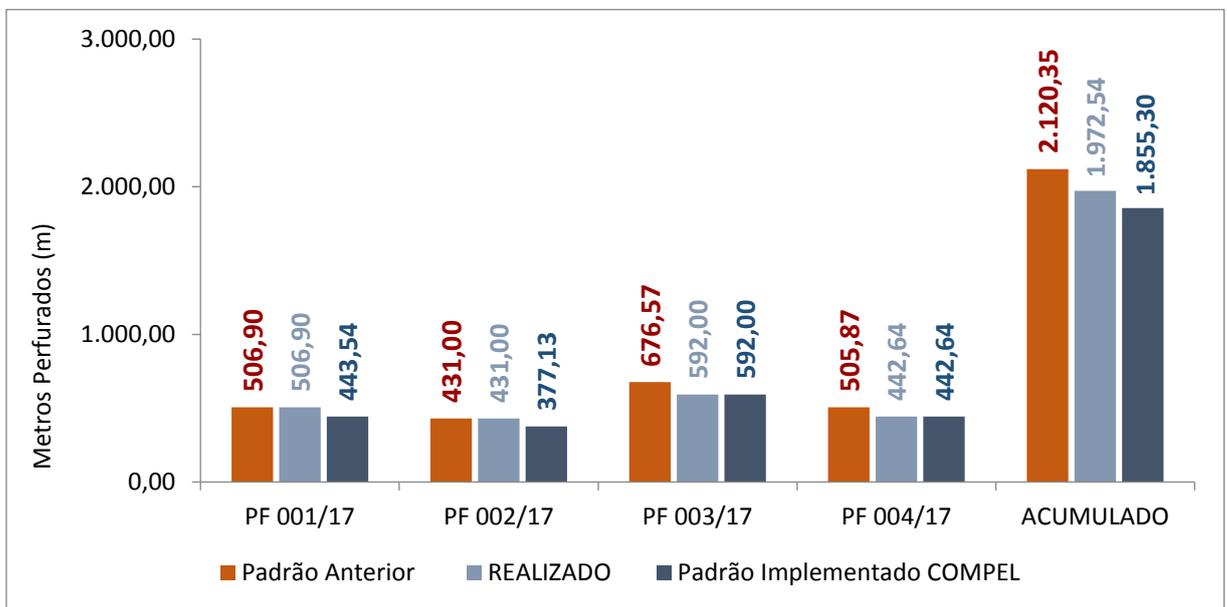


Figura 29 - Metragem perfurada por Plano de Fogo

As mudanças aplicadas resultaram em uma economia real de 6.97%. Caso todos os desmontes considerados tivessem seguido esse padrão, cerca 265 metros de rocha deixariam de ser perfurados. Isso quando comparado com a situação de manutenção do padrão anterior nesses quatro desmontes. Assim, reduziria a perfuração em cerca de 12,50%, gerando uma economia significativa de tempo, material de extensão e insumos, além de exigir menos dos equipamentos de perfuração e apoio.

5.3 Consumo de Emulsão

A expansão da malha e a redução na metragem perfurada, conseqüentemente interferem na quantidade de emulsão demandada no desmonte. As mudanças aplicadas resultaram em uma economia real de 6,55% no consumo de emulsão, ou seja, cerca de 780kg.

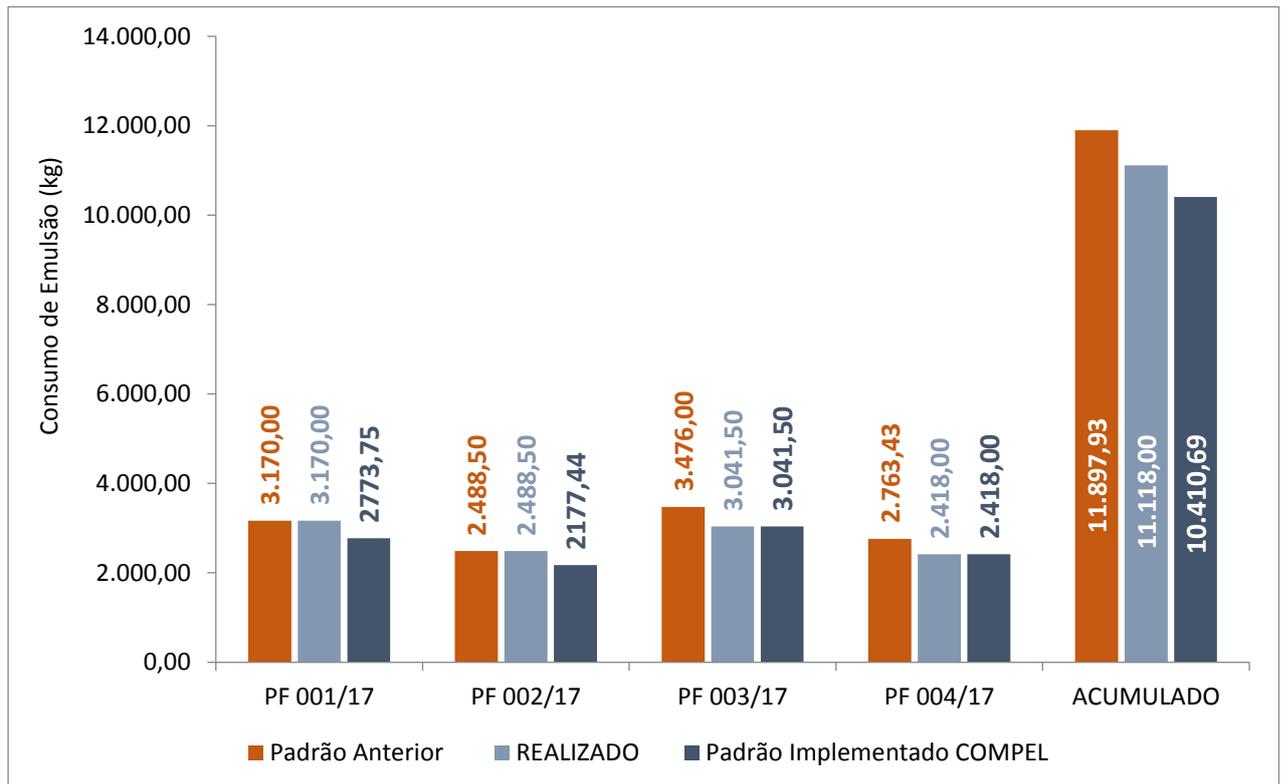


Figura 30 - Consumo de Emulsão por Plano de Fogo

Como se pode observar no Gráfico 3 caso todos os desmontes tivessem sido realizados seguindo as mudanças sugeridas pela Compel, aproximadamente 1.490,00 quilos de emulsão deixariam de ser consumidos em apenas 4 desmontes.

Além dos resultados apresentados é importante ressaltar que não houve sobra nem falhas de material ou cortes nos desmontes realizados pela Compel. Fatos que contribuem para a segurança e qualidade da operação, eliminado riscos relacionados a minas falhadas e reduzindo a necessidade de uso de rompedor e/ou a realização de fogos secundários (matacos e repés).

6. CONCLUSÕES

Com a mudança no padrão de perfuração foram observadas reduções significativas na metragem perfurada e no consumo de emulsão, mantendo-se o padrão de granulometria exigido pelo Contratante. Ou seja, houve uma redução nos gastos com operações de perfuração e desmonte de cerca de 6,76% na operação completa (6,55% no desmonte e 6,97% na perfuração), sem prejuízos à qualidade do produto final.

Vale ressaltar que além de atender as especificações granulométricas, que evitaram o uso de rompedores, o trabalho bem feito de nivelamento o qual emergiu um croqui de perfuração criterioso, resultou em terrenos que proporcionaram um exercício mais eficiente dos equipamentos de carregamento e transporte além de preservar o maciço remanescente.

Outro ponto importante que deve ser destacado é em relação a execução dos planos de fogo, os quais resultaram em desmontes fiéis aos idealizados no software O-Pitblast o que nos permite concluir que a operação em si foi praticada com sucesso, agregando mais confiabilidade ao projeto.

Os resultados obtidos indicam que ainda há espaço para melhorias, especialmente em relação à malha utilizada, que ainda pode ser ampliada. Mas é importante que os resultados de uma nova ampliação de malha sejam analisados posteriormente, certificando-se que as dimensões estão adequadas, ou se as mesmas devem ser reduzidas ou até mesmo ampliadas.

Perfuração e desmonte são operações com custo significativo na cadeia de produção mineral, reduções na metragem perfurada e no consumo de explosivos trazem uma série de benefícios e aumentam a competitividade do negócio. Essas melhorias dependem de um acompanhamento técnico qualificado, uso de produtos de qualidade e de ferramentas de controle e gestão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, Valdir Costa. Curso de min 210–Operações mineiras. Ouro Preto: Departamento de Engenharia de Minas, 2009.

CORREIA, Carlos Alberto Aguiar. Desmante de rocha com explosivos: importância da otimização. Diss. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011.

DE MORAIS, Juarez Lopes. Simulação da fragmentação dos desmontes de rochas por explosivos. 2004

ENTENDA como o desmante influencia na britagem. **Metso**, 18 de nov. de 2018. Disponível em: <<https://results.metso.com.br/entenda-como-o-desmante-influencia-na-britagem>>. Acesso em: 22 de jan. de 2019.

PONTES, Julio Cesar de et al. Impactos de vizinhança proporcionados pelo desmante de rocha com uso de explosivos: estudo de caso na “Mineração Dantas Gurgel & Cia Ltda”, Caicó-RN. 2013.

KOPPE, Jair Carlos; COSTA, João Felipe Coimbra Leite. Operações de lavra em pedreiras.

PINHEIRO, R. Plano de Fogo. Disponível em: < <http://goo.gl/2dp9m2> >. Acesso em: 14 de Fevereiro de 2018.

DE OLIVEIRA MACIEL, Maria Clara Barbosa; FREIRE, José Avelino. EXPLOSIVOS E ACESSÓRIOS DE INICIAÇÃO UTILIZADOS NO DESMONTE DE ROCHAS.

ADEL, Greg; KOJOVIC, Toni; THORNTON, Darren. Mine-to-mill optimization of aggregate production. Virginia Polytechnic Institute & State University, 2006.

ENTENDA como o desmante influencia a britagem. Instituto Minere, Belo Horizonte, 19 de janeiro de 2019. Disponível em: < <https://institutominere.com.br/blog/entenda-como-o-desmante-influencia-na-britagem> >

GOOGLE EARTH-MAPAS. [Http://mapas.google.com](http://mapas.google.com). Consulta realizada em
17/07/2017