

Estudo das consequências do planejamento do plano de fogo nas etapas subsequentes ao desmonte de rochas

Study of the consequences of blasting planning in the stages following rock blasting

J. C. M. L. Soares^{1,*}; G. M. Paulino²; P. H. Barbosa³; R. P. Lima⁴

¹ Engenheiro de Minas, Autônomo

^{2, 4} Departamento dos Recursos Naturais, Ciências e Tecnologias Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade - MG, Brasil

³ Graduando em Engenharia de Minas, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade - MG, Brasil

*joacarlosmls@gmail.com.br

Resumo

Na mineração, para a extração dos recursos minerais, são necessários um robusto empreendimento que associado à característica do minério como um bem não renovável, faz com que nas diversas operações de sua cadeia produtiva sejam realizadas atividades cada vez mais planejadas. Uma das operações da mineração que pode ser muito bem trabalhada é a que envolve a extração do minério, o chamado desmonte de rochas. Esta operação consiste em explodir o maciço rochoso e reduzi-lo a uma granulometria desejável para se realizar as atividades subsequentes ao desmonte. O objetivo deste trabalho é apontar quais os fatores que ocorreram no planejamento do plano de fogo da mineradora AMG-Mineração, situada em Nazareno/MG, a ponto de melhorar a qualidade do desmonte, e analisar qualitativamente e quantitativamente o impacto desse planejamento nas atividades subsequentes a operação de desmonte de rocha (escavação, carregamento e transporte, uso do rompedor e britagem primária). Foram estudados os dados e tabelas fornecidas pela AMG-Mineração para conhecimento dos principais itens trabalhados que foram: razão de carga, altura do tampão, malha de perfuração (espaçamento e afastamento), sequenciamento das detonações e porte das detonações. Através de análises dos dados e das informações coletadas, observou-se que granulometria do material gerado no desmonte favorece as etapas subsequentes. E, em consequência, ocorre aumento da produtividade nas etapas de escavação, carregamento e transporte, com a redução das horas trabalhadas do rompedor e da elevação da produção da britagem primária em cerca de 20%..

Palavras-chave: plano de fogo, granulometria, desmonte.

.....

For the extraction of mineral resources on mining operations, it is necessary a powerful enterprise, that, associated with the fact that ore is a non-renewable resource, requires the assemblage of increasingly planned activities in all the various operations in its production. One of the mining operations that can be worked on in depth is the one that involves ore extraction, namely the rock blasting operation. This operation consists of exploding the rock mass to a desired particle size for the stages the will follow the blasting of the rock. The aim of this study is to determine which factors took place in in the blasting plan of AMG-Mineração Company, located in Nazareno/MG, as to increase the quality of the blasting; and analyze, both qualitatively and quantitatively, the impact of such planning in the operations following the rock blasting (excavation, loading and transporting, usage of the hydraulic breaker and primary crushing). It was taken into consideration data and charts provided by AMG-Mineração for the evaluation of the main items such as: powder factor, stemming height, spacing and burden, timing and blasting port. Through data analysis, the information provided, it was possible to observe that the particle size of the material is related to the stages that follow the blasting of the rock. And, as a consequence, there is an increase in productivity in the stages of excavation, loading and transporting, in the reduction of the hours that the hydraulic breaker had to operate, and an increase in the production of primary crushing in roughly 20%.

Keywords: blasting plan, particle size, blasting.

1 INTRODUÇÃO

A mineração é um dos principais ramos da economia e de grande utilidade para o desenvolvimento tecnológico e humano. Levando em consideração que, para extração dos recursos minerais, são necessários um robusto empreendimento e elevado investimento, associado à sua característica de recurso não renovável, obrigatoriamente faz com que nos diversos pontos de sua cadeia produtiva sejam realizadas atividades cada vez mais planejadas e eficientes, como nas atividades de perfuração e desmonte de rochas.

O Desmonte de rochas consiste num conjunto de atividades coordenadas cujo objetivo é extrair o bem mineral de interesse e adequá-lo quanto às exigências para ocorrência das etapas posteriores. Tem como sua primeira etapa a perfuração, uma 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 (SILVA, 2009).

Assim, para ocorrência dos desmontes é necessária a realização do plano de fogo que reúne e determina vários parâmetros como diâmetro das perfurações, afastamento e espaçamento, inclinação dos furos, altura da bancada, profundidade dos furos, tampão, entre outros. Assim, por meio desse conjunto de parâmetro e procedimentos técnicos realizam-se os desmontes.

Segundo (BRITANITE, 2012), um plano de fogo deve ser simples, mas completo, devido ao risco de erro. Um profundo conhecimento e entendimento dos requisitos de um desmonte são essenciais para a segurança e o sucesso desse plano.

Levando em consideração essas circunstâncias, o problema que se apresenta é que se o material desmontado possuir uma granulometria inadequada ou grande parte do volume desmontado possuir tamanhos elevados ocorrerá uma maior dificuldade de realização das atividades, de modo a provocar a necessidade de retrabalho, elevação das horas de trabalho do rompedor, aumento da probabilidade de obstrução do britador primário, entre outros.

Para Otuonye (1985 apud MONTEIRO, 2013), um dos objetivos mais importantes em qualquer operação de desmonte de rocha são a fragmentação e o lançamento. A necessidade frequente de redução dos custos de mineração exige a avaliação contínua de desmontes em grande escala e em conjunto com o desenvolvimento de índices de medida de fragmentação mais precisos.

A importância deste trabalho é notada por sua contribuição para uma maior compreensão da elaboração do plano de fogo e o quanto a performance das etapas de produção da mineração são interdependentes. Assim, este artigo tem como objetivo geral demonstrar a influência da definição do plano de fogo para uma boa execução do desmonte de rochas e a posterior elevação da produtividade das atividades subsequentes e, para tanto, foi necessário estudar a elaboração do plano de fogo da mineradora AMG-Mineração e averiguar qualitativamente e quantitativamente o desempenho das atividades subsequentes ao desmonte de rocha na mina - escavação, carregamento e transporte, uso do rompedor e a britagem primária após o planejamento ocorrido -, e assim determinar a influência do mesmo.

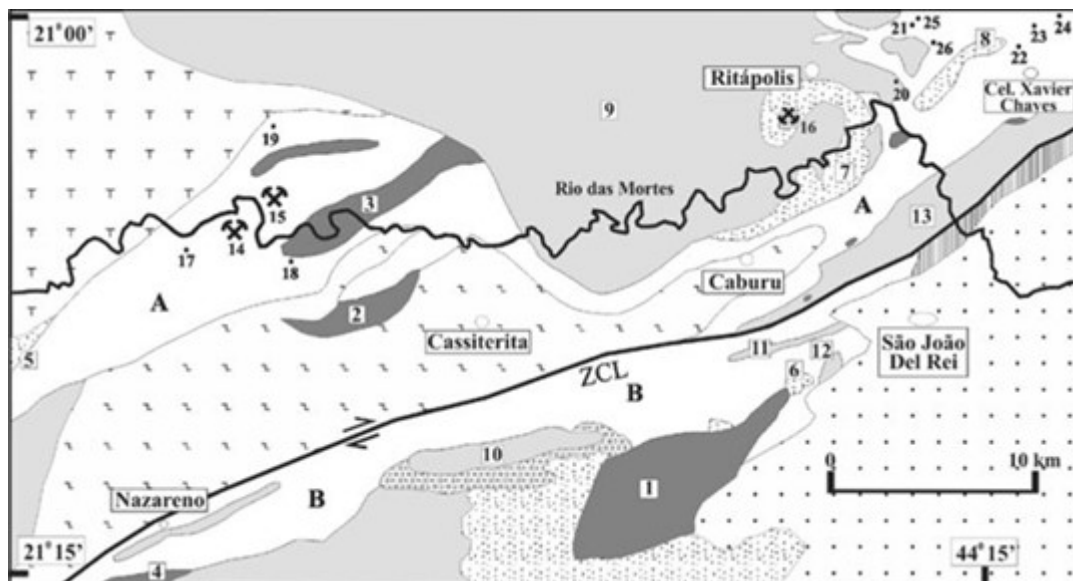


Figura 1 – Mapa geológico regional mostrando a distribuição dos principais corpos pegmatíticos explorados da Província Pegmatítica de São João Del Rei, MG.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho se dá mediante uma parceria com a empresa AMG-Mineração, referência em mineração de Tântalo, que está localizada na região pegmatítica de São João Del Rei - MG (Figura 1) e que abrange os municípios de Nazareno, São Tiago, Resende Costa, Conceição da Barra de Minas (antiga Cassiterita), São João Del Rei e Coronel Xavier Chaves (PEREIRA et al., 2011). Essa, por sua vez, forneceu as informações do seu plano de fogo, entre outras necessárias, com grande auxílio da equipe de mina da empresa e principalmente do Supervisor de Perfuração e Desmonte.

O projeto de pesquisa se deu, inicialmente, pelo contato com os funcionários da empresa AMG-Mineração via e-mail e telefone por meio dos quais forneceram as informações que serão apresentadas no decorrer deste trabalho. Em posse das informações da empresa, deu-se início aos estudos dos parâmetros do plano de fogo para compreensão dos aspectos trabalhados no mesmo pela empresa e as posteriores consequências nas atividades subsequentes. Uma vez que as atividades de perfuração e desmonte são fundamentais no processo produtivo e qualquer atraso ou perda impacta diretamente no plano de produção e, conseqüentemente, o planejamento financeiro da empresa (OPERAÇÃO... , 2014).

Para começo e melhor entendimento do projeto, foram estudados o plano de fogo para ocorrência das detonações e seus respectivos parâmetros como, razão de carga, altura do tampão, acessórios, direção das detonações, face livre, descontinuidades do maciço rochoso, entre outros. E, em seguida, foi realizado um estudo das etapas subsequentes ao desmonte de rochas: escavação, carregamento e transporte, uso de rompedor e britagem primária.

Com maior conhecimento sobre o assunto, a equipe deu início a análise das informações da empresa AMG-Mineração. Como relatado pelo supervisor de perfuração e desmonte, antes de aplicar o planejamento do plano de fogo a empresa apresentava baixa produtividade, e em alguns casos chegava, até mesmo, a faltar minério na planta de

AMG MINERAÇÃO														
PLANO DE FOGO 150649-840														
Dados		Previsto	Real	Produtos	Previsto	Real	DENSIDADE DA EMULSÃO (g/cm ³)			Data/Hora				
Dados		Prof.média	20,00	14,90	2 1/2"x24" (kg)	150,0	150,0	Unid.Móvel: escorpiú ▼ escorpiú ▼			do Fogo			
Afastamento	4,7	Nº Furos	40	40	2"x24" (kg)	0,0	0,0	Operador: Welton ▼ Welton ▼			Previsto			
Espaçamento	5,3	Vol.Ton	45.867,56	45.654,63	Pentlex 227g	23,0	23,0	TemperaturaC°: 28			09/06/2015 - 17:30			
Área m ²	24,91	Densid.:	3,09	3,09	Cordel NPO5(m)	0,0	0,0	Solução L2(m/min): 200,00			Real			
Diâmetro	5,314	C.M.Esp.	456,0	456,0	Exel CA 30m	0,0	0,0	HORA INICIO: 10:15			9/6/15			
Sub-furação	0	R.C kg/m ³	0,895	0,890	Exel CA18m(pç)	23,0	23,0	1º Corte 00:00: 1,31			Nº Fogo			
Inclinação	0	Bancada	20,00	14,90	HTD 17(ms)	0,0	0,0	2º Corte +00:10: 1,24			150649			
Tampão prev.	1,5	Consumo	13.116	12.977	HTD 25 (ms)	20,0	20,0	3º Corte +00:15: 1,18						
Tampão real	1,5				HTD 42 (ms)	0,0	0,0	4º Corte +00:30: 1,15						
COTA	840	Emulsão			Mart.3,2m (pç)	2,0	2,0	5º Corte +01:00: 1,11						
Furo	Comp. Prev.	Comp. Real	Tampão Prev.	Tampão Real	Carga Prev.	Carga Real	Furo	Comp. Prev.	Comp. Real	Tampão Prev.	Tampão Real	Carga Prev.	Carga Real	OBS:
1	20,00	22,20	3,0	3,0	277	277	FALSO							
2	20,00	24,70	3,0	3,0	228	228	FALSO							
3	20,00	22,90	3,0	3,0	227	227	FALSO							
4	20,00	18,50	3,0	3,0	245	245	FALSO							

Figura 2 – Planilha de controle do plano de fogo do pegmatito (minério). Fonte: AMG-MINERAÇÃO (2013).

beneficiamento devido à dificuldade de extraí-lo na cava em função do baixo desempenho dos desmontes. Também foi relatada uma alta relação estéril/minério, de 7,5, o que significa que para a extração de 1 tonelada de minério é necessário retirar quase 7,5 toneladas de estéril. Isso implica que o planejamento deve ser muito bom para poder atender a usina de beneficiamento.

Para realização do planejamento adotou-se um software auxiliar desenvolvido pelo *Orica mining*, chamado ShotPlus e algumas fórmulas e cálculos fornecidos pela literatura. Através desses, foram realizadas algumas simulações de desmontes e determinados valores para alguns parâmetros do plano de fogo, de modo a buscar obter desmontes mais eficientes.

Após essa predeterminação de valores, foi realizando-se os desmontes e através da experiência da equipe ao analisar os desmontes, foi se determinando valores cada vez melhores para elevação da qualidade dos mesmos. Assim, pode se afirmar que estes valores determinados não são definitivos e podem ser continuamente modificados mediante as análises dos desmontes e desempenho das atividades subsequentes.

Os principais parâmetros trabalhados podem ser observados na Figura 2 que mostra planilha de plano de fogo da empresa e as informações das distâncias dos furos, área de perfuração, diâmetro dos furos, subfuração (comprimento perfurado abaixo da base da bancada), inclinação dos furos, cota da bancada, profundidade média dos furos, número de furos, volume estimado do desmonte, densidade da rocha, razão de carga (R.C kg/m³), altura da bancada, consumo de emulsão, quantidade de produtos/acessórios utilizados, características da emulsão (densidade e temperatura), operador do caminhão da emulsão, data e horário da detonação e numeração do desmonte. Como destacado na Figura 2, os principais itens trabalhados foram: malha de perfuração (espaçamento e afastamento), razão de carga (R.C kg/m³), altura do tampão e isso, conseqüentemente, afetou o porte das detonações. Assim, pode-se evitar que o plano de fogo perdesse parte de sua energia nas falhas das rochas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrência do estudo do plano de fogo e determinado quais foram os parâmetros modificados, pode-se averiguar a influência do mesmo nas atividades subsequentes descritas abaixo. Levando em consideração que o planejamento foi realizado no final do primeiro semestre de 2013, pode-se perceber as consequências do mesmo logo no segundo semestre do mesmo ano.

3.1 Porte dos desmontes

A equipe de perfuração e desmonte até então realizava das Segundas as Sexta-feiras desmontes em menores dimensões. Isto implicava em uma parada diária de uma hora na produção da mina para retirada dos equipamentos da área e realização dos desmontes.

Depois do planejamento do plano de fogo, ela começou a realizar apenas duas detonações por semana de portes maiores. Com isso, houve uma disponibilização de três horas a mais na produção dos equipamentos da mina na semana, além de aumentar a segurança dos trabalhadores, tendo um menor número de desmontes semanalmente.

3.2 Desempenho da escavadeira e carregamento e transporte

Devido a melhoria na qualidade do desmonte, foi obtido um material com granulometria mais adequada para o trabalho das escavadeiras, como se pode observar na [Tabela 1](#). Como foi dito anteriormente, o planejamento ocorreu no final do primeiro semestre de 2013 e ainda neste mesmo ano foi possível observar uma elevação efetiva da produtividade das escavadeiras.

Houve um maior índice de enchimento da concha das escavadeiras (devido à adequação/facilidade de trabalho com a granulometria do material gerado) que, consequentemente, permite que se tenha um número menor de pazadas para enchimento da caçamba do caminhão que é carregado mais rapidamente para realizar seu trajeto para planta de beneficiamento ou pilha de estéril.

Vale ressaltar que não foi possível elaborar uma tabela de carregamento e transporte, uma vez que eram diversas frentes de lavra e como a DMT (Distância Média de Transporte) se alterava, os resultados sofreriam alterações também. Contudo, pode-se prever, com a produtividade de escavadeira ([Figura 2](#)), que o carregamento e o transporte também se elevem pois ela depende diretamente do desempenho das escavadeiras.

3.3 Horas trabalhadas do rompedor

Com a elevação da qualidade do desmonte, foi reduzido também o número de matacoes que são grandes blocos gerados e que não foram fragmentados pela detonação, o que impossibilita a entrada do material nos britadores. Assim, necessita-se de uma nova etapa de fragmentação, para redução da granulometria do mesmo e isso se dá com a adoção de equipamento específico para desmontar os matacoes, que são os rompedores.

Pode-se analisar pela [Tabela 2](#) que foram reduzidas as horas trabalhadas do rompedor que, até então, frequentemente extrapolava a meta proposta de trabalho. E pode-se também perceber na mesma tabela que houve uma redução nos gastos com o equipamento em torno de 12% em relação ao semestre anterior devido à queda do número de horas.

Tabela 1 – Produção das escavadeiras 2013. Fonte: *AMG-MINERAÇÃO (2013)*.

Produção das escavadeiras	
Mês	Pergmatito (t/h)
Janeiro	298
Fevereiro	301
Março	295
Abril	303
Mai	330
Junho	342
Julho	343
Agosto	336
Setembro	337
Outubro	384
Novembro	372
Dezembro	403

Tabela 2 – Horas trabalhadas do rompedor x custo de trabalho. Fonte: *AMG-MINERAÇÃO (2013)*.

Acompanhamento mensal do rompedor – 2013				
Mês	Horas trabalhadas	Gasto	Hora mínima	Custo Previsto
Janeiro	659,60	R\$ 163.646,76	400	R\$ 99.240,00
Fevereiro	560,20	R\$ 138.985,62	400	R\$ 99.240,00
Março	470,50	R\$ 116.780,00	400	R\$ 99.240,00
Abril	495,50	R\$ 122.908,70	400	R\$ 99.240,00
Mai	315,60	R\$ 78.300,00	400	R\$ 99.240,00
Junho	253,50	R\$ 62.843,73	400	R\$ 99.240,00
Julho	351,60	R\$ 87.231,96	400	R\$ 99.240,00
Agosto	407,80	R\$ 101.175,18	400	R\$ 99.240,00
Setembro	435,90	R\$ 108.146,79	400	R\$ 99.240,00
Outubro	378,20	R\$ 93.902,71	400	R\$ 99.240,00
Novembro	459,00	R\$ 113.747,38	400	R\$ 99.240,00
Dezembro	370,00	R\$ 91.743,38	400	R\$ 99.240,00



Figura 3 – Vista superior do britador de mandíbulas.

3.4 Desempenho da britagem

A melhor qualidade do desmonte gerou um material com uma faixa granulométrica mais adequada ao britador utilizado na usina de beneficiamento para britagem primária, que é o britador de mandíbulas (Figura 3), juntamente com uma menor probabilidade de parada do equipamento por obstrução. Sendo esta, segundo o Engenheiro de Minas do setor de beneficiamento da AMG-Mineração, a principal causa, até então, de paradas do britador.

Pode-se observar na Tabela 3, qual era o ritmo de produção da britagem primária antes do planejamento do plano de fogo, tendo uma média de 140 t/h. E, após o planejamento ocorrido, pode-se averiguar uma elevação da hora trabalhada, tonelada britada e, conseqüentemente, da tonelada/hora resultando uma média de 169 t/h, aumentando o desempenho da britagem em torno de 20% (Tabela 3).

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível analisar a influência de um bom planejamento do plano de fogo nas atividades subsequentes da mineração, por meio da qual se pode perceber claramente a interdependências das etapas de mineração e promover um maior desempenho das atividades.

Depois da elaboração do novo plano de fogo houve um acréscimo de disponibilidade semanal na produção/utilização dos equipamentos da mina de três horas, um aumento da produtividade da escavadeira e, em consequência, do carregamento e transporte, uma redução de gastos de 12% na utilização do rompedor (horas trabalhadas) e um aumento da produção da britagem primária em cerca de 20%.

A análise realizada neste trabalho serviu para se ter um melhor controle e conheci-

Tabela 3 – Desempenho da britagem primária antes do planejamento.

Acompanhamento mensal do britador primário - 2013				
Mês	Horas trabalhadas	Ton. britada	Ton/hora	Ton. Meta
Janeiro	414,70	46049,00	111,04	150,00
Fevereiro	347,50	40861,00	117,59	150,00
Março	411,10	54308,00	132,10	150,00
Abril	388,20	57185,00	147,31	150,00
Mai	337,80	56469,00	167,17	150,00
Junho	465,80	76596,00	165,44	150,00
Julho	447,20	72232,00	161,52	150,00
Agosto	461,80	78178,00	169,29	150,00
Setembro	436,00	74236,00	170,27	150,00
Outubro	511,90	87967,00	171,81	150,00
Novembro	489,80	82422,00	168,28	150,00
Dezembro	459,40	78860,00	171,66	150,00

mento das variáveis trabalhadas. Observou-se a importância de como um bom planejamento desde o início das etapas da mineração pode findar em um melhor desempenho nas etapas que estão bem à frente. E de como o setor mina pode ajudar o setor usina da empresa e, assim, caminhar para que sejam atingidas e, até ultrapassadas, as metas previstas pela AMG-Mineração.

5 AGRADECIMENTOS

- Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PAPq), por ter proporcionado a execução do projeto de pesquisa;
- À empresa AMG-Mineração pelas informações fornecidas, em especial ao Bruno Pinheiros, Supervisor de Perfuração e Desmonte da empresa e ao Antônio Carlos Soares, Coordenador da Usina de Beneficiamento;
- À UEMG Campus João Monlevade;
- Aos professores e orientadores Gleícia Miranda Paulino e Robson Pereira de Lima.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMG-MINERAÇÃO. **Relatório de produção anual**. Nazareno, Minas Gerais, 2013.
- BRITANITE. **Manual básico de utilização de explosivos**. Quatro Barras (PR), Brasil, 2012.

MONTEIRO, L. C. B. **Importância do planejamento do plano de fogo, na melhoria da qualidade e produtividade do desmante**. 2013. Monografia (Graduação) — Universidade Do Estado De Minas Gerais, João Monlevade, 2013.

OPERAÇÃO dita o ritmo da produção. O uso de softwares especialistas agiliza o planejamento dos desmontes. **Revista Minérios & Minerales**, p. 16–23, 2014. Disponível em: <http://www.minerios.com.br/Conteudo/Arquivos/Mat\C3%A9rias/MM%20364_SITE%20%282%29.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PEREIRA, R. M. et al. Stocks heiderquartzo-moscovíticos e pegmatíticos na zona de cúpula do granitóide Ritápolis, Região de São João Del Rei, Minas Gerais. In: _____. **Anuário do Instituto de Geociência**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011. v. 34, p. 59–69.

SILVA, V. C. **Curso de min 210 – Operações mineiras**. Ouro Preto: Departamento de Engenharia de Minas, 2009. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/antoniorf/55131990desmontederochascomexplosivos/>>. Acesso em: 20 mar. 2015.