

Avaliação econômica do minério remanescente nos taludes da cava final da Mina de Alegria

Adilson Curi

Professor adjunto da Escola de Minas da UFOP. E-mail: curi@demin.ufop.br

Edson Rogério Lage

Engenheiro da Samarco Mineração. E-mail: elage@samarco.com.br

Resumo

Esse trabalho apresenta uma estimativa do benefício que pode ser auferido através da recuperação do minério remanescente nos taludes da cava final de uma mina a céu aberto através da aplicação de uma metodologia de lavra baseada no método de corte e enchimento.

Para exemplificar o uso da metodologia proposta, foi adotado o caso das minas de minério de ferro de Alegria de propriedade da Samarco Mineração S.A.

A viabilidade econômica da recuperação do minério remanescente em taludes de cavas exauridas de minas a céu aberto envolve recursos que estarão diretamente ligadas ao valor de mercado do produto e ao custo operacional para sua recuperação.

Na fase de exaustão de uma mina, tradicionalmente, considerada como de desembolso de capital, a geração de receitas adicionais é bem-vinda, pois implica ganhos econômicos não previstos na fase de fechamento de minas e até em minas já paralisadas, acrescentando-se também um ganho ambiental devido à não construção de pilhas de estéril.

Palavras-chave: fechamento, mina, benefício, corte, enchimento, metodologia.

Abstract

This paper introduces estimated benefits, obtainable by use of "cut and filling" mine-methodology extraction of ore remaining in slopes of the final pit in an open pit mining operation.

The economic viability of this method considers product market value and operational costs.

When terminating a mining operation, the generation of additional revenue is highly desired, since it implies unforeseen economical earnings. This also holds true for already-closed mines. When the method described in this study is used, there is also an environmental bonus since there is no waste pile construction.

Keywords: closure, mine, benefit, cutting, filling, methodology.

1. Introdução

Atualmente, o fechamento de minas, principalmente a céu aberto, é um assunto que vem sendo cada vez mais divulgado e discutido, dado que as alterações ambientais provocadas por tais atividades, em geral, são mais visíveis e impactantes que a lavra subterrânea, salvo quando da ocorrência de subsidência provocada pelo abatimento em minas subterrâneas.

Muitas são as propostas para a reabilitação de cavas exauridas através de seu preenchimento, entre elas: - disposição de estéril na cava com fins de recomposição de uma paisagem ou para o descarte de resíduos de processos industriais; disposição de lixo urbano e, excepcionalmente, até de estéréis radioativos.

Essas alternativas podem possibilitar um ganho estético e uma melhor reabilitação ambiental em termos de habitat potencial para as espécies vivas, isto em relação aos métodos convencionalmente adotados, de acordo com Mend (1997), citado por Kuyucak, (2001), mas nenhuma alternativa contempla a possibilidade de ganhos econômicos que sejam obtidos simultaneamente ao processo de reabilitação ambiental.

Assim, o presente trabalho avalia o ganho econômico que pode ser obtido ao se utilizarem as características do método de corte e enchimento na disposição de estéril na cava exaurida da mina de minério de ferro de Alegria da Samarco Mineração S/A, com o duplo propósito de recuperação do minério remanescente nos taludes e reabilitação ambiental da área degradada.

2. Metodologia

A metodologia proposta se baseia no método de corte e enchimento, que é um método de lavra que tem sido usado intensivamente nas operações de lavra subterrânea.

O método de corte e enchimento é muito flexível e prontamente adaptável à quase qualquer corpo de minério. A aplicação padrão requer que uma tira de minério de 2,4 a 3 m de espessura seja removida do teto do alargamento. Após a

segurança do teto ser executada, o minério desmontado é removido através de passagens de minério ligadas ao nível inferior. Quando a rocha foi removida, as passagens de rocha são estendidas para cima até a altura correspondente à tira de minério removida e, então, o alargamento é enchido com estéril e um outro ciclo é então iniciado. O enchimento é executado integralmente com o ciclo de lavra e não após completar a lavra de todo o painel, de acordo com Waterland (1982).

O método é mais bem empregado em corpos de minério mergulhando em considerável extensão vertical, áreas de minério que requerem lavra seletiva e onde existem condições de paredes encaixantes fracas. A lavra é conduzida ascendentemente em tiras da base para o topo do alargamento e, por isso, somente pequenas áreas de parede são expostas e por curto período de tempo, segundo Waterland (1982).

Adaptável à maioria dos corpos de minério, o método de corte e enchimento é mais bem empregado onde o minério é descontínuo e onde a diluição é um problema para outros métodos aplicáveis nas mesmas condições. A altura da seção de lavra é determinada pela resistência da rocha encaixante, segundo Hartman (1987).

O enchimento desempenha funções únicas nesse método. A mais óbvia e importante é o suporte das fracas paredes do depósito mineral. Nessa consideração, a compressibilidade é a mais crítica propriedade do enchimento, variando de 25 % para o enchimento seco assentado mecanicamente a 5 – 10 % para o assentado hidráulicamente ou pneumáticamente. A segunda função do enchimento é prover uma plataforma de trabalho sobre a qual a próxima tira de minério é perfurada e detonada. Por causa do empolamento, somente cerca de 0,6 toneladas de enchimento é requerida por tonelada de minério lavrada, de acordo com Hartman (1987).

O tempo de assentamento do enchimento no método de corte e enchimento é crítico para o sucesso do método, pois o enchimento deve ser disposto em tempo para assumir alguma ou toda

carga originalmente superposta ao minério no alargamento, segundo Hartman (1987).

No caso da mina a céu aberto, pretende-se extrair o banco de minério mais profundo e posteriormente preencher a cava com estéril até o nível do banco extraído e, assim, sucessivamente, banco por banco, até que toda a cava seja completamente preenchida.

As Figuras 1 e 2 representam um esboço da metodologia proposta e representam um banco de minério extraído e, posteriormente, preenchido com estéril.

Na Figura 3 é mostrado o esboço da metodologia proposta para a reabilitação da cava da mina de Alegria da Samarco Mineração.

De acordo com a Figura 3, o talude de uma mina com minério a recuperar poderá ter a análise geotécnica dispensada, especificamente para esse fim, se quando do estudo para a abertura da cava da mina, na fase de planejamento a longo prazo, for verificada estabilidade que sustente a operação nessa última etapa.

No caso estudado, foi necessária uma análise geotécnica específica que garantisse a segurança da operação de recuperação do minério dos taludes. Essa análise geotécnica foi realizada por consultoria técnica especializada e demonstrou ser possível a recuperação de quase a totalidade do minério remanescente.

As principais características que se pretendem aproveitar do método de corte e enchimento para a aplicação da metodologia proposta são as seguintes:

- O efeito estabilizador que o enchimento proporcionará ao talude da cava exaurida.
- A plataforma provida pelo enchimento, possibilitando o acesso, com segurança, dos equipamentos para a lavra dos bancos nos setores onde o minério é interessante.
- Aproveitamento do equipamento de transporte em parte do trajeto com carga, já que o mesmo poderá transportar estéril até a cava e retornar com o minério recuperado; pelo menos enquan-

to houver minério a ser lavrado no banco que está sendo extraído, pois poderá haver mais estéril a ser disposto na cava do que minério a ser recuperado.

A disposição do estéril na cava deve obedecer a um projeto elaborado dentro das regras e imposições geotécnicas e de meio ambiente.

Esse método de disposição, tipicamente, dispõe o material estéril dentro de uma cava exaurida de uma mina e dispensa a construção de diques e drenos de fundo, segundo Ritcey (1989).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, em sua NBR 13029 de julho de 1993, no capítulo 4, intitulado condições específicas, trata dos parâmetros a serem observados na construção da pilha que são condicionantes relativas à localização da mesma, à sua geometria externa e interna e de outros parâmetros que influem na concepção do projeto.

3. Avaliação econômica

O cálculo da quantidade de minério remanescente nos taludes da cava, para se proceder a avaliação da receita advinda do mesmo, foi realizado através do programa SURPAC; para tal foi construída uma nova superfície sobre o modelo de blocos existente que englobou os bancos ao final da cava. A quantidade de minério calculada a partir dessa nova superfície foi subtraída da quantidade hoje existente dentro da cava projetada a ser lavrada, sendo que essa diferença será a reserva remanescente quando a cava de projeto for exaurida. Desse procedimento resultou 1.413.281 toneladas de minério remanescente nos taludes da cava.

A avaliação econômica depende de dados de processo global do minério que estão descritos a seguir:

- Preço da pelota = US\$30,00/tonelada.
- Perdas total no processo = 12%.
- Umidade = 7%.
- Recuperação global na usina de beneficiamento = 60%.

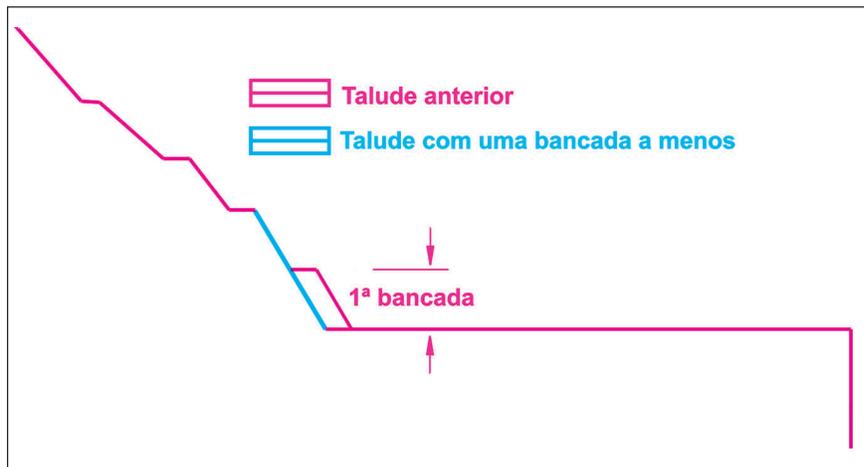


Figura 1 - Representação da extração de um banco. Fonte: Brito, 1999.

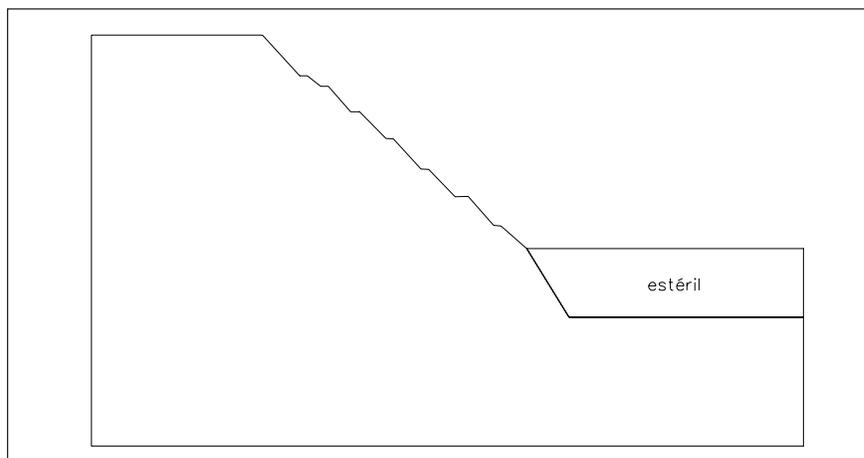


Figura 2 - Representação do enchimento correspondente à altura de um banco removido. Fonte: Brito, 1999.

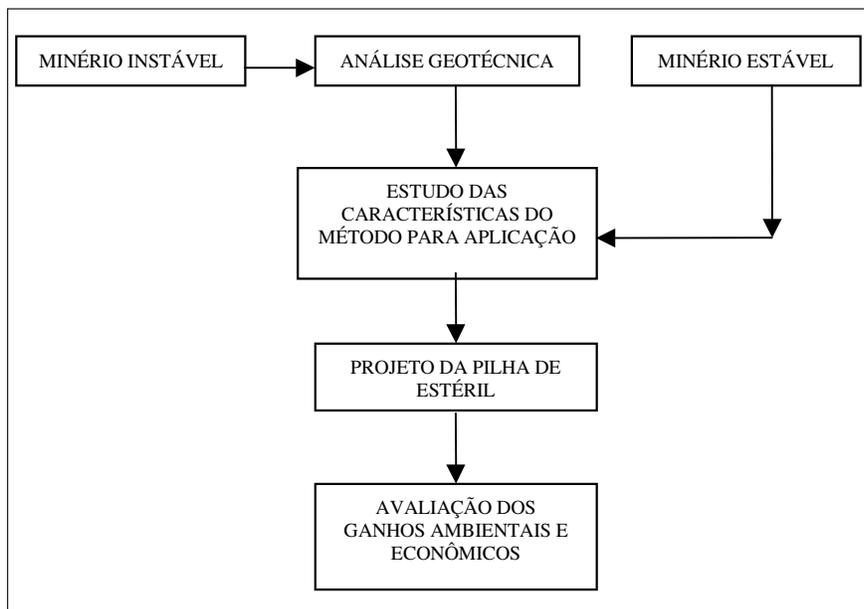


Figura 3 - Esboço da metodologia proposta para a reabilitação da cava de uma mina a céu aberto usando o método de corte e enchimento.

De posse dos valores anteriormente apresentados, o valor da receita (R) pode ser calculado através da equação apresentada a seguir:

$$A \times (1 - B - C) \times D \times E = R \quad (1)$$

Sendo:

A = Quantidade de minério remanescente em toneladas.

B = Percentual das perdas do processo como um todo.

C = Percentual de umidade.

D = Percentual de recuperação global do minério na usina de beneficiamento.

E = Preço unitário da pelota em US\$/t.

Realizando os cálculos conforme a equação (1), obtém-se:

$$1.413.281t \times (1 - 0,12 - 0,07) \times 0,6 \times 30 \text{ US\$/t} = \text{US\$20.605.636,98}$$

Outro ganho econômico possível com essa metodologia é com a operação conjugada de transporte.

A operação conjugada de transporte é um dos benefícios que a aplicação do método de corte e enchimento proporcionará, no que tange à parte econômica, visto que se pode no ciclo de transporte do caminhão levar a carga de estéril da frente de remoção deste até à cava e voltar com o minério extraído da cava até um ponto de descarga dentro do trajeto percorrido pelo mesmo. Dessa forma tem-se um ganho com o retorno do caminhão carregado com o minério explorado da reserva remanescente na parte do percurso em que o mesmo estaria percorrendo vazio; pelo menos enquanto se lava o banco remanescente.

Para o cálculo do valor do ganho no transporte foi utilizado o programa FPC, Fleet Production and Cost Program da CATERPILLAR, onde, depois de selecionados os equipamentos de carga e transporte, são alimentados dados de custo, perfil e distância de transporte, produção, principalmente, e outros tantos referentes aos equipamentos e ao operador e de onde o custo unitário do caminhão pode ser retirado, tornando a operação do cálculo, em seguida, bem simplificada.

Abaixo está o cálculo do ganho com a operação conjugada de transporte:

Produção a ser transportada = 1.413.281 t.

Custo com o transporte extraído do FPC = 0,307 US\$/t.

A x B = Ganho com a operação conjugada.

Sendo:

A = Quantidade de minério remanescente em toneladas.

B = Custo com caminhão em US\$/t.

Efetando os cálculos, obtém-se:

$$1.413.281t \times 0,307 \text{ US\$/t} = \text{US\$433.877,27}$$

Somando-se os dois valores em negrito, tem-se a receita total conseguida com a metodologia proposta (**US\\$21.039.514,25**).

Ainda é possível outros ganhos econômicos ligados à redução da área total a ser revegetada e a não construção do dreno de fundo para a pilha de estéril, mas advindos da disposição de estéril em cava e não da metodologia proposta.

3. Conclusões

Como foi visto, essa proposta de metodologia, baseada no método de corte e enchimento, possibilita a recuperação do minério remanescente nos taludes de uma cava exaurida. Dessa forma, gera-se receita em uma etapa, normalmente, de desem-

bolso, com a lavra do minério extra cava, maximizando a recuperação dessa jazida.

No caso particular da mina de Alegria da Samarco Mineração S/A, o minério a ser recuperado é composto por um Itabirito pobre; um minério de ferro de baixo teor (algo em torno de 50%) que demanda um custo considerável para sua concentração e aglomeração. Ainda assim, esta metodologia proporciona um retorno de capital bastante representativo, permitindo um lucro operacional considerável.

Minas que apresentem, em seus taludes finais, bancos com minério remanescente com maior valor agregado se tornarão ainda mais atraentes para a aplicação dessa metodologia.

Dessa forma, vislumbra-se a aplicação de metodologias similares a minas outras desativadas, que não tiveram a adequada reabilitação, e que poderão, talvez, ser retomadas e reintegradas ao meio ambiente em uma operação economicamente rentável.

Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Coletânea de normas de mineração e meio ambiente*. Rio de Janeiro, p. 48-49, 1993.
- BRITO, S. *Avaliação da possibilidade de recuperação do minério remanescente nos taludes da cava da Mina de Alegria 3, 4 e 5*. Belo Horizonte: Samarco Mineração S/A, 1999. 18p. (Relatório Interno).
- KUYUCAK, N. *Acid mine drainage, prevention and control*. Ottawa: Mining environmental management, 2001. p.12-15.
- LAGE, E. R. *Utilização do método de corte e enchimento no fechamento de uma mina a céu aberto: proposta de metodologia para o caso da Mina de Alegria 3, 4 e 5 da Samarco Mineração S/A*. UFOP: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2001. (Dissertação de Mestrado).
- RITCEY, G. M. *Tailings management, problems and solutions in the mining industry*. New York: 1989. p.2-76.
- WATERLAND, J. K. Introduction to open cut-and-fill stoping. In: *Underground mining methods handbook*. New York: Hustrulid W. A. Editor, 1982. p. 523-525.

Artigo recebido em 28/10/2002 e aprovado em 15/12/2002.