

ESTUDO DE CASO: “ESTUDO TÉCNICO ECONÔMICO DE ALTERNATIVAS DE LAVRA E BENEFICIAMENTO DE CAULINS PARA A INDÚSTRIA PAPELEIRA – APLICAÇÃO DA TÉCNICA DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO PARA TOMADA DE DECISÃO”.

Edison Antonio Petter Filho, Carlos Otávio Petter

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Laprom
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Demin

RESUMO

O presente trabalho faz uso das técnicas básicas de avaliação econômica de projetos de mineração aplicadas a um estudo de caso em jazida de caulim. Tais técnicas foram utilizadas na definição do melhor sistema de lavra e equipamentos. Comparou-se entre as opções de instalação de um *blunger* fixo (misturador) ou um *blunger* móvel na área a ser lavrada ou, a manutenção da estrutura atual (*blunger*) localizada no “Área 1”, de modo que e o minério fosse transportado por caminhões ou transportador de correia da nova jazida “Área 2” até o pré-tratamento em operação atualmente. Foram quantificados e comparados o investimento inicial e reinvestimento necessários para dez anos de operação da mina, assim como, o custo de operação com equipamento próprio e terceirizado para uma produção anual de 1.650.000 t de *run-of-mine*. Na etapa seguinte foram aplicados o DCF (Fluxo de Caixa Descontado) e o Estudo de Sensibilidade; sugeriu-se o aprofundamento desse estudo na direção da instalação de um *blunger* móvel ou fixo na futura zona de lavra, isto é, no “Área 2”. Com relação ao equipamento de lavra, este trabalho definiu a utilização do sistema caminhão – retroescavadeira como o melhor conjunto para a descobertura e extração do minério.

INTRODUÇÃO

A apresentação deste estudo de caso tem por objetivo difundir as técnicas básicas de avaliação econômica de projetos de mineração; levando-as a fazer parte da rotina de um maior número de profissionais ligados à mineração. Neste estudo, são apresentadas algumas opções de lavra e pré-tratamento de caulim. São comparadas as alternativas de exploração (lavra e pré-tratamento) apresentadas sob a forma de fluxogramas. As opções de lavra e pré-tratamento são analisadas sob a forma de Fluxo de Caixa do projeto.

Na avaliação das alternativas apresentadas são comparados:

- investimento inicial e reinvestimento ao longo da vida útil do projeto;
- custo operacional;
- retorno do capital próprio investido através da técnica do Fluxo de Caixa Descontado (DCF).

Para finalizar, auxiliando na tomada de decisão, onde se pergunta:

Qual é a alternativa mais viável do ponto de vista econômico?

A resposta é encaminhada a partir do estudo de sensibilidade que simula a relação de fatores que afetam a rentabilidade de um projeto (NPV): variáveis internas e externas. Entende-se por variáveis internas, custo de operação, escala de produção, teor, capital inicial entre outras; e como variáveis externas, o preço de venda do produto e produção comercializada.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

É aplicada a técnica proposta por *Duchene* (1993) onde, se apresenta de forma ordenada e sistematizada toda a informação necessária à execução de um estudo de pré-viabilidade econômica. Basicamente são abordados quatro itens principais para realização do estudo proposto:

- Informação sobre o depósito;
- Seleção do método de lavra e métodos de processamento;
- Estimativa dos custos de capital e operação;
- Análise econômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Informação sobre o depósito

Volumes e tonelagens da jazida “Área 2”

Para efeito de dimensionamento dos equipamentos de lavra e pré-tratamento e determinação da vida útil da mina (Área 2) adotaremos para a jazida os valores da **Tabela I:**

Tabela I

(*) em milhões	Cobertura	Estéril	Minério
Volume (M ³ m ³)	8,07	4,79	8,56
Tonelagem (M ³ t)	14,12	9,34	16,69
Densidade	1,75	1,95	1,95

A relação estéril/minério é 1,50 : 1, ou o equivalente 0,77 m³_{estéril} : 1 t_{minério}.

Escala de produção e vida da mina

A *Fórmula de Taylor (Goetz, 1997)* foi utilizada para determinação de vida útil da mina e escala de produção para reservas lavráveis de 16,7 milhões de toneladas na Área 2:

$$\text{Vida da Mina} = 0,2 \times 16,7 \text{ Mt}^{0,25} = 12,8 \text{ anos} \quad e,$$

$$\text{Produção Anual} = 5 \times 16,7 \text{ Mt}^{0,75} = 1,31 \text{ Mt/ano de caulim ROM.}$$

Será adotada a escala planejada que é de 1,65 Mt/ano; apesar da estimativa por Taylor sugerir 1,31 Mt anual como a melhor relação entre investimento e escala de produção para uma reserva de 16,7 Mt. A vida da mina ou período de lavra projetado na avaliação da Área 2 será de 10 anos; período considerado marginal para a recuperação do investimento e principalmente transpor as flutuações de mercado. Períodos em torno de 15 anos são mais indicados.

Produção requerida

A **Tabela II** apresenta as taxas horárias, diárias, mensais e anuais de produção objetivando a exaustão da jazida num período de 10 anos com base em 3840 h/ano (1 turno diário de 12 horas) e, 5120 h/ano (2 turnos de 8 horas) para a opção de transporte do minério por caminhão até o *blunger* atual:

Tabela II

		1 turno-12 h	2 turnos-8 h
Capeamento (m³)	Anual	807.000	-
	Mensal	67.250	-
	Diária	2.242	-
	Horária	210	-
Estéril (m³)	Anual	479.000	-
	Mensal	39.917	-
	Diária	1.330	-
	Horária	125	-
Minério (t)	Anual	1.650.000	1.650.000
	Mensal	137.500	137.500
	Diária	5.156	5.156
	Horária	430	322

2. Seleção do método de lavra e métodos de processamento

Seleção do método de lavra

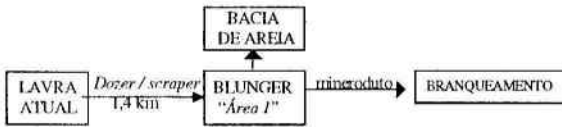
A lavra da *Área 1* é realizada na sua totalidade, capeamento (cobertura), estéril intermediário e minério ROM (*run-of-mine*), com *motorscrapers* assistidos por trator-de-esteiras (*pusher*). Os equipamentos atualmente em operação são três unidades Terex S-24 e dois tratores Caterpillar D-8L. Para um trajeto de aproximadamente 1.400 m entre o carregamento na frente de lavra e a descarga nas pilhas de ROM (duas). As atividades de lavra são desenvolvidas em um turno único diário de 12 horas e 7 dias por semana com 2 equipes. Todas as operações de lavra são terceirizadas. A lavra atual é desenvolvida em bancadas em número de 5 com altura de 10 m entre as cotas 165 e 115. O sistema de remoção da cobertura e estéril intermediário é o do tipo *haul back*, onde, o material descartado é depositado em bota-fora que se desenvolve no mesmo sentido da lavra no espaço vazio deixado pela extração do minério. A topografia original é dificilmente mantida em função do grande volume de minério lavrado. A retomada das pilhas de ROM (pilha 1 e pilha 2) é executada por um trator-de-esteiras CAT D-8N e uma pá-carregadeira sobre pneus CAT 938G. A produção atual é de aproximadamente 1,2 milhões de toneladas anuais de minério ROM. A produção prevista de ROM para a Área 2 é de 1,65 Mt anuais.

Modificações propostas ao método de lavra e pré-tratamento

Foi realizado um teste para a operação de lavra do caulim e estéril intermediário com o sistema *truck/shovel* usando caminhões articulados *rear dump* CAT 250 de 25 t e tração integral (6x6) em conjunto com escavadeira hidráulica do tipo *back shovel* CAT 320 com concha de 1,5 m³ de capacidade. O objetivo do teste foi de observar a operação desse conjunto a fim de obter informações que levem a prováveis ganhos como, maior seletividade e uma cava com dimensões menores. Espera-se também, custo operacional unitário menor do sistema *truck/shovel* em relação ao sistema atual com *scraper* e trator-de-esteiras e, o aumento da produtividade em função da melhoria do fator de utilização pelo *caminhão articulado 6x6* em relação ao equipamento atual (*scraper*) quando operando em regiões de clima tropical onde, chuvas torrenciais que ocorrem entre os meses de janeiro e junho quando fica bastante prejudicada a operação do *motorscraper*.

Alternativas para exploração da “Área 2”, novo corpo mineral

Fluxograma atual da “Área 1”:

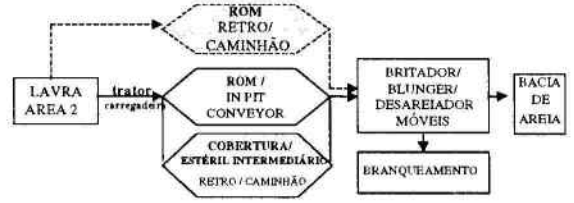


Fluxogramas propostos para lavra da Área 2 :

- a) Britador/blunger/desareciamento permanecendo na posição atual, o ROM lavrado/ transportado por retro/ caminhão ou sistema feeder-breaker (Fb) / transportador de correia (Tc):
- b) Britador / blunger / desareciamento situados na base do platô do “Área 2”:



- c) Britador / blunger / desareciador móvel na cava do “Área 2” e transportador de correia móvel (Tc) alimentado por pá-carregadeira que opera em conjunto com trator-de-esteiras ou retro-caminhão:



Projeto da cava

O perfil geológico médio da jazida mostra para a Área 1 e, que pode ser extrapolado para a Área 2, que existem basicamente duas zonas distintas, a zona laterítica chamada de cobertura e a zona caulínica que é a mineralização de interesse. A zona laterítica é composta na parte superior por uma argila aluminosa de espessura aproximada de 15 m e logo abaixo por um banco de argila aluminosa caulínica de 10 m de espessura, totalizando aproximadamente 25 m de capeamento. A zona caulínica com 30-35 m de espessura é subdividida, em caulim superior, caulim arenoso e caulim inferior. Independente dos equipamentos empregados a lavra é do tipo *Contour Mining* com recuperação simultânea das áreas mineradas (*haul back method*). O método de lavra *Area Mining* com o uso de *walking dragline* ou *bucket-wheel excavator* foi descartado em função da topografia acidentada da região (em platôs) e pela pequena área do platô avaliado – Área 2 - (1.300 m x 500 m). Se forem utilizadas retroescavadeira CAT 325B, as bancadas deverão necessariamente ter altura máxima de 4 m, isto em função das dimensões do equipamento. A retro deverá escavar e carregar a partir do topo da bancada e o caminhão posicionado na praça inferior. O ângulo de inclinação da face da bancada poderá chegar a 70°-80° em função da pequena altura daquela, melhorando o desempenho do equipamento. A inclinação final do *pit* será mantida em 30°. Em razão da mina ser de encosta, a drenagem do fundo da cava é por gravidade através de manilhas de concreto em passagens de nível, não necessitando de bombeamento.

3. Estimativa dos custos de capital e operação;

Os custos de operação horários e mensais para melhor comparação dos fluxogramas propostos, são expressos em US\$/m³ (capeamento e estéril) e US\$/t_{ROM} (minério, pré-tratamento e gerais). Através das Tabelas

III e IV tem-se como exemplo respectivamente, os custos de capital e de operação (horário) e a respectiva vida útil dos equipamentos de lavra e transporte; além, do investimento necessário calculado pela *Estimação Fatorada por Mular (1990)* para um *blunger* fixo (Tabela IV).

Tabela III

Equipamento	Vida útil (h)	Valor de tabela (US\$)	Custo de capital (US\$)
Scraper, standard - 330 hp; cap 21,7 t	16000	433.000,00	478.465,00
Trator de esteiras - 405 hp; 102 t (CAT D-9)	20000	546.000,00	715.232,70
Retro-escavadeira - 177 hp; 28,1 t; 4,21 m alcance	12000	262.700,00	290.283,50
Caminhão articulad - 218 hp; 25 T; 6x6	15000	299.000,00	391.675,05
Trator de esteiras - 240 hp; 24,4 t (CAT D-7)	15000	352.600,00	389.623,00
Retro-escavadeira - 134 hp; 20,7 t; 4,02 m alcance	12000	191.000,00	211.055,00
Pá carregadeira - 800 hp; 87 t; capacidade 10,4 m ³	20000	1.102.000,00	1.443.564,91
Correia transportável - 200 hp; 672 t/h; 762 mm x 300 m	60000	697.845,00	771.118,73
Correia transp (<i>overland</i>) - 600 hp; 672 t/h; 762 mm x 1700 m	120000	1.987.482,00	2.196.167,6
Feeder-breaker - 322 t/h; 175 hp	120000	141.500,00	156.357,50

Tabela IV

Nº Ord.	ÍTEM	EQUIPAMENTOS (US\$) x FATOR	CUSTO (US\$)
1-	Preço de compra dos principais equipamentos		828.363,00
2-	Instalação dos equipamentos	828.363,00 0,22	182.239,86
3-	Instalação das tubulações	828.363,00 0,10	82.836,30
4-	Instalação elétrica	828.363,00 0,15	124.254,45
5-	Instrumentação	828.363,00 0,03	24.850,89
6-	Prédio de processo	828.363,00 0,15	124.254,45
7-	Preparação do terreno	828.363,00 0,10	82.836,30
8-	Equipamentos e Instalação	(Somatório de 1. até 7.)	1.449.635,25
9-	EPCM Custos (Eng., Procur., Constr. e Gerenciamento)	1.449.635,25 0,12	173.956,23
10-	Custo Total Instalado	(Somatório de 8. e 9.)	1.623.591,48
CUSTO TOTAL DE CAPITAL			1.623.591,48

A tarefa seguinte foi definir em função do investimento inicial, reinvestimento e custo operacional, quais equipamentos serão usados na lavra, isto é, decapeamento, estéril e, minério. Isto foi obtido com a simples comparação entre investimento inicial, reinvestimento e custo operacional entre as várias alternativas comparadas na ordem seguinte:

- Truck/shovel x scraper/dozer
- Truck/shovel x wheel loader/dozer

- Lavra e transporte do minério ROM: caminhão x correia transportadora

Chegou-se à conclusão sobre a vantagem operacional e econômica da lavra pelo sistema *truck/shovel*. Já, o transporte do minério por caminhão levou vantagem apenas no item investimento inicial (-36 %) e, o transportador de correia é mais atrativo (-20 %) no investimento total (inicial + reinvestimento). Os custos de operação se equivaleram. No caso, optou-se pelo transporte do minério com caminhão até o *blunger* fixo

na Área 1, já que não houve nítida vantagem por parte do TC e as distâncias são curtas ($\pm 2,5$ km).

A outra etapa da avaliação, mais difícil, consistiu na comparação entre *blunger* fixo x *blunger* móvel onde:

- Alternativa 1- manter o *blunger* na posição atual, não necessitando de qualquer investimento inicial relativo ao pré-tratamento.
- Alternativa 2- transferir para a base do platô da Área 2, os equipamentos do *blunger* atual (Área 1) para montá-los em uma nova estrutura (fundações, prédio, canalizações, comandos e fiação elétrica e instrumentação) somente reutilizando os equipamentos principais. O custo aproximado dessa transferência foi estimado, utilizando *Mular* (1990), em US\$ 725 mil.
- Alternativa 3- instalar no interior da cava da Área 2, um *blunger* móvel ao custo inicial de US\$ 1,46 milhões.

4. Análise econômica.

É proposta a aplicação do Método do Fluxo de Caixa Descontado (DCF) onde é simulada a rentabilidade de cada alternativa, acrescida dos demais custos de produção como custo de capital e operação para o decapeamento, estéril, minério, equipamentos auxiliares de lavra, alimentação da moega, pré-tratamento, supervisão e apoio, administrativo, taxas sobre vendas, capital de giro e pré-desenvolvimento. A metodologia consiste na geração de um fluxo de caixa simples (sem imposto e sem empréstimo) para 10 anos de produção referente a cada alternativa onde, o preço de venda do produto é estimado para o produto semi-acabado. Para todas as alternativas, a operação da mina é com equipamento próprio; exceto a **alternativa 1** que tem fluxo de caixa para as duas situações, operação contratada e própria.

Resultados econômicos gerados pelo Fluxo de Caixa Descontado (DCF)

Os parâmetros econômicos, na **Tabela. V**, são comparados entre si e com os da Alternativa 1:

Tabela V

Principais parâmetros	Alternativa 1	Alternativa
Obtidos a partir do fluxo de caixa descontado	Lavra terçoeriz	Lavra eq.próp
Soma dos fluxos de caixa (MUS\$):	40,52	109,59
Soma flx. de caixa atualizados (MUS\$):	29,28	77,81
Taxa de Atualização (%):	6,09	6,09
Taxa Interna de Retorno do C.P. (%):	220,00	133,50
Intensidade de capital:	0,05	0,26
Margem (%):	11,69	35,02

Entre as opções que restaram: a **alternativa 1** com lavra de operação própria (a opção com a lavra contratada está descartada), e as **alternativas 2 e 3**, todas são competitivas e equivalentes em termos econômicos, com certa vantagem para as duas últimas; isto é, a transferência do *blunger* atual para a base do platô da Área 2 ou instalação de um *blunger* móvel na cava da Área 2

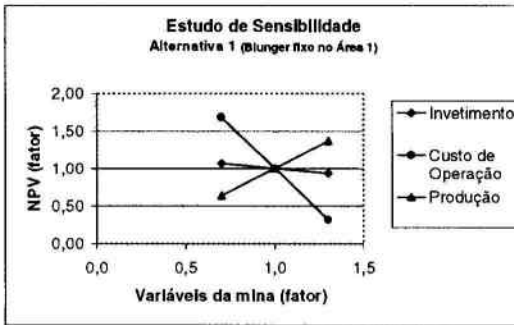
CONCLUSÃO

Estudo de sensibilidade

Nesta etapa, é testada a sensibilidade das opções propostas (alternativas 1, 2 e 3) com relação a oscilação das **variáveis de projeto** ou **da mina** como, investimento, custo de operação e produção e seu respectivo reflexo no NPV de cada alternativa. Foram consideradas taxas de variação entre -30 % e +30 % para os parâmetros. A variável preço do produto não foi incluída, por ter sido utilizada uma estimativa do preço para um "produto" de uma etapa intermediária do processo, portanto, não interessava avaliá-la quanto à sensibilidade. A **Figura 1** mostra que a opção de manter

o *blunger* na posição atual (Área 1) é a mais afetada em seu NPV, sendo bastante sensível à variação do custo de operação e escala de produção. Nota-se que a variável investimento tem pouca influência na avaliação deste projeto em relação ao NPV.

Figura 1



Como tomada de decisão sugere-se, o aprofundamento dos estudos na direção da instalação do *blunger* na **Área 2**, fixo ou móvel, com preferência pelo *blunger* móvel, opção que poderá ser trabalhada com novos estudos ao nível de detalhe, como por exemplo, o melhor conhecimento dos parâmetros de performance e custo do equipamento avaliado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Branch, S. Cost Estimation Handbook of the Australian Mining Industry - The Australian Institute of Mining and Metallurgy - 1993 - Victoria - 412 p.
- Duchene, M. Economie de l'Entreprise Minière - 3^{ème} Edition - 1993 - Fontainebleau - ENSMP - CGES.
- Duchene, M. Critères de Rentabilité pour un Investissement - 1995 - Fontainebleau - ENSMP - CGES.
- Goetz, D. Quick Estimation for Mining Projects Preselection - 1997 - Fontainebleau - ENSMP - CGES.
- Kennedy, B. A. (Editor). Surface Mining - 1990 - Baltimore - AIME Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc. - 1194 p.
- Ruhmer, W. T. Handbook on the Estimation of Metallurgical Process Costs - 2nd Edition 1996 - Randburg - MINTEK - 173 p.
- Western Mine Engineering, Inc. Mine and Mill Equipment Costs, An Estimator's Guide - 1995 - Spokane, Washington.