



VIABILIZAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA LAVRA CONTÍNUA DE MINÉRIO DE FERRO COM USO DE SISTEMA DE BRITAGEM MÓVEL *IN PIT* AUTO PROPELIDO¹

José Raimundo Lopes²
Valdir Costa e Silva³

Resumo

Os métodos de lavra empregados nas minas de minério de ferro de todo o mundo concentram-se na lavra convencional por caminhões de pequeno a grande porte. A partir do ano de 1977, um processo inovador foi implantado na mina de minério de ferro itabirítico da Samarco Mineração S/A, localizada em Mariana, Minas Gerais. O método denominado de “lavra por sistema de correias transportadoras” substituiu os caminhões por correias móveis de bancada e com isso as carregadeiras pneumáticas alimentavam o minério diretamente no sistema de correias através de um silo de alimentação que fazia a transferência do minério. O método vem sendo usado até hoje com sucesso, com custos operacionais significativamente inferiores aos custos da lavra convencional. A presente pesquisa descreve uma iniciativa de inovação tecnológica focada no desafio de reduzir os custos operacionais a um patamar inferior àqueles da lavra por sistema de correias transportadoras. O objetivo principal da pesquisa é comprovar a viabilização técnica e econômica do método de britagem móvel *in pit* auto propelido em comparação à lavra convencional por caminhões e ao sistema de correias por carregadeiras. A abordagem de pesquisa foi baseada na comparação dos índices operacionais e econômicos obtidos após a implantação do sistema com os valores projetados por ocasião do estudo original de viabilidade do método. Os resultados comprovaram que a britagem móvel se manteve altamente competitiva em relação aos métodos analisados. Os ganhos projetados no estudo de viabilidade foram validados e foram considerados adequados em relação aos estudos de caso internacionais avaliados no trabalho.

Palavras-chave: Britagem móvel; Britagem na cava; Lavra por correias; Britagem autopropelida.

TECHNIQUE AND ECONOMIC AVAILABILITY OF CONTINUOUS IRON ORE MINING USING “IN PIT” SELF PROPELLED MOBILE CRUSHING

Abstract

The conventional mining methods employed in most iron ore mines around the world are based in truck haulage. Starting in 1977, Samarco S/A has successfully introduced an innovative mining method in its iron ore mine located in Mariana, MG, Brazil. Samarco's mining method, known as “belt conveyor-based mining”, has replaced haul trucks for belt conveyors on the benches, with the front-end loaders feeding the ore directly into the conveyor system through a ore-transfer silo. This method has been used successfully ever since, delivering operational costs significantly lower than those of conventional mining methods. The present research describes a technological innovation effort focused on the challenge of further reducing the mining costs of the belt-conveyor-based mining method. The main objective is to validate the feasibility of the “in-pit” self-propelled crusher method against the conventional mining method using haul trucks, and against the current “belt conveyor-based mining”. The approach is based on the comparison of the operational and economic indicators achieved after the implementation of the “in-pit” crusher method against the forecasts on the original feasibility study. The results have shown that the “in-pit” crusher method is highly competitive in comparison to the other methods analyzed. The cost savings estimated in the original feasibility study have been validated and were considered appropriate in relation to the international case-studies evaluated as part of the research.

Key words: Mobile crushing; In-pit crushing; Belt-conveyor mining; Self propelled crusher.

¹ Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

² Mestre em Engenharia Mineral – Samarco Mineração S/A

³ Doutor em Engenharia Mineral – Universidade Federal de Ouro Preto



1 INTRODUÇÃO

O método de lavra predominante nas operações das minas de minério de ferro a céu aberto é a lavra convencional por caminhões carregados por carregadeiras ou escavadeiras. A maior parte dos custos das operações de extração está no transporte por caminhões.

A crescente necessidade das empresas do ramo minerador de reduzirem os custos operacionais das atividades de lavra para se manterem competitivas no mercado mundial de minério de ferro, cujos preços oscilam, dispara uma busca por novas tecnologias de lavra, que resultam em menores custos finais, garantindo a competitividade das empresas.

Os aumentos dos preços dos combustíveis fósseis e as dificuldades de aquisição de pneus para caminhões de grande porte oneram os custos de produção. A pressão da sociedade para a redução das emissões de carbono faz com que as tecnologias de lavra que dependem menos destes insumos sejam bem vistas pelas mineradoras.

O trabalho consiste em estudar a viabilidade técnica e econômica do uso de britagem móvel *in pit* em uma mina de minério de ferro itabirítico de propriedade da mineradora Samarco Mineração S/A, comparando com os atuais métodos em operação desenvolvidos há mais de 30 anos: o sistema de lavra por correias transportadoras alimentado por carregadeiras pneumáticas e o método de lavra convencional por caminhões de grande porte.

A viabilização técnica e econômica da britagem móvel *in pit* para lavra a céu aberto de minério de ferro, será evidenciada como parte fundamental deste trabalho e os resultados, relativos, dos custos alcançados, serão apresentados nas operações após implantação.

A análise final compara os resultados da viabilidade econômica do projeto com a viabilização técnica e econômica da britagem móvel, utilizando-se as produtividades e custos reais dos três métodos estudados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Métodos de Lavra Analisados

2.1.1 Método de lavra convencional por caminhões

A lavra convencional consiste basicamente de desmonte do material *in situ* que normalmente é executado por meio de perfuração e desmonte por explosivo ou mecanicamente por tratores.

Outra possibilidade, dependendo da geologia do minério lavrado é a própria escavadeira ou carregadeira escavar e carregar o caminhão e este descarrega no silo e retorna até a frente de lavra, finalizando o ciclo do método.

2.1.2 Método de lavra por sistema de correias

A utilização de sistemas de correias transportadoras para transportar o minério (ROM) proveniente das minas para as estações de britagem é cada vez mais acentuada, tanto por sistemas de transporte de longa distância como curtas, ou mesmo para a execução da própria lavra de minério em substituição total ou parcial da frota de caminhões.

As correias transportadoras são compostas de um sistema motorizado que movimenta um tapete que circula por um leito apoiado a roletes e rolos, formando



um sistema de fluxo de material que se inicia no carregamento, passa pelo transporte e termina na descarga.

O sistema de alimentação direta do minério de ferro itabirítico utilizado pela Samarco Mineração S/A se dá através de carregadeiras nas frentes de trabalho. O método consiste basicamente na retirada dos caminhões que são substituídos por lances de correias transportadoras móveis.

As carregadeiras alimentam diretamente os carregadores, chamados carregadores simples, os quais são locados junto às frentes de lavra. Tais carregadores descarregam o minério em correias transportadoras que alimentam a britagem. A distância máxima entre carregador e frente de lavra, para alimentação direta com carregadeira, é de 95 m. Acima desta distância, torna-se mais vantajoso o uso de caminhões. Ao atingir a distância máxima, providencia-se então o prolongamento ou realocação das correias, feita em média de 2 dias a 3 dias. Durante esse período lavram-se outras frentes de minério, ou no caso de dependência da frente em questão, por motivos de quantidade de massa ou qualidade, utilizam-se os caminhões para o transporte.

2.1.3 Método de lavra por sistema de britagem móvel *in pit*

“O termo móvel é genericamente usado para qualquer tipo de equipamento que pode ser movido”.⁽¹⁾

Basicamente, os conjuntos de britagens móveis *in pit* disponíveis no mercado são bastante diversificados, porém, o conceito se resume em um sistema que recebe a alimentação direta do equipamento de carregamento e o material é britado no próprio sistema, que é instalado dentro da cava, acompanhando o avanço das frentes de lavra. Na maioria dos modelos o material britado é transportado por meio de sistema de correias transportadoras. A capacidade de tratamento também é variada e pode em alguns casos, direcionar o tipo e tamanho do equipamento para o carregamento do minério.

As britagens móveis se distinguem das demais por serem auto propelidas, geralmente sobre esteiras. Um dificultador da aplicação da britagem móvel *in pit* estava justamente centralizado na ligação entre o equipamento de britagem móvel e as correias transportadoras. Gastava-se tempo para a realocação das correias transportadoras para atender o avanço da operação de lavra.

A busca por uma solução de interligação entre o sistema móvel e as correias transportadoras foi rapidamente solucionado pelos fabricantes.

Segundo Zimmermann and Kruse,⁽²⁾ o equipamento de carga que melhor se adapta à alimentação da britagem móvel é a escavadeira (*backhoe*). Por poder operar sobre a pilha de minério detonado, o alcance à moega de alimentação é facilitado encurtando o tempo de ciclo. Outra vantagem é oferecer bom controle de alimentação e facilidade de separação dos blocos de tamanhos excessivos para alimentação do britador primário. É o equipamento de carga que oferece menor custo operacional na alimentação.

O método é composto de um equipamento auto propelido que se movimenta por meio de esteiras (*Lokotrack*), este por sua vez, alimenta um sistema de correias móveis sobre pneus, que transfere a produção por meio de uma moega para a correia transportadora montada no banco em lavra. A alimentação é feita por uma escavadeira. À medida que a frente de produção avança o sistema de britagem móvel acompanha a lavra. Quando o sistema alcança sua extensão máxima a correia transportadora é realocada e as operações reiniciadas.



Figura 1. Britagem móvel auto propelida em operação.

2.2 Estudo de Viabilidade Econômica

A decisão de se aplicar o conceito de britagem móvel *in pit* ou o método convencional de caminhões com britagem fixa; depende de muitos fatores. Como não existem situações iguais em mineração, cada caso requer estudos individualizados.

Para auxiliar no processo de decisão, programas de computador são utilizados, nos quais os custos de capital, operação e manutenção são levados em consideração para determinar o período de retorno do investimento.⁽³⁾

O cenário atual da situação econômica brasileira, com a queda dos juros e elevação dos custos de combustível e pneumáticos, tende a tornar a opção do uso de britagem móvel *in pit* bastante promissora.

Os estudos de caso não detalham os indicadores econômicos utilizados. Estes índices podem variar dependendo da empresa e do país onde está situada.

2.3 Estudo de Casos

2.3.1 Estudo de caso 01

Estudo genérico apresentado pela empresa Metso, em 2005, fabricante do sistema de britagem móvel (*Lokotrack*). Equipamento que está sendo estudado neste trabalho.

Uma massa prevista de minério alimentado anual de 2.000.000 toneladas, uma produção horária de 600 toneladas e uma vida útil da mina de 20 anos.

Alternativas estudadas:

Alternativa A – lavra convencional por caminhões;

Alternativa B – Lavra por britagem móvel *in pit* e correias transportadoras.

2.3.2 Estudo de caso 02

Estudo genérico apresentado por Schroder.⁽⁴⁾ ThyssenKrupp Foerdertechnik empresa fabricante da britagem móvel.

Uma massa prevista de minério alimentado anual de 20.000.000 toneladas, uma produção horária de 6.000 toneladas e uma vida útil da mina de 20 anos.

Alternativas estudadas:

Alternativa A – Lavra convencional por caminhões.

Alternativa B – Lavra por britagem móvel “in pit” e correias transportadoras.

2.3.3 Estudo de caso 03

Estudo apresentado por Trueman.⁽³⁾ Empresa Metso, fabricante do sistema de britagem móvel.

Uma massa prevista de minério alimentado anual de 2.000.000 toneladas, uma produção horária de 1.000 toneladas e uma vida útil da mina de 30 anos.

Alternativas estudadas:

Alternativa A – Lavra convencional por caminhões

Alternativa B – Lavra por britagem móvel *in pit* e correias transportadoras LOCOTRACK modelo LT 160 alimentado por escavadeira

Alternativa C - Lavra por britagem móvel *in pit* e correias transportadoras LOCOTRACK modelo LT 140 alimentado por escavadeira

Alternativa D - Lavra por britagem móvel *in pit* e correias transportadoras LOCOTRACK modelo LT 160 e MAF(alimentador móvel de sapatas) alimentado por carregadeiras pneumáticas.

2.3.4 Estudo de caso 04

Estudo apresentado pela empresa Metso Minerale em 2006 para a mina de Muruntau Mine/ República do Uzbequistã.

Uma massa prevista de minério alimentado anual de 9.000.000 toneladas, uma produção horária de 3.300 toneladas e uma vida útil da mina de 17 anos

Alternativas estudadas:

Alternativa A – Lavra convencional por caminhões

Alternativa B – Lavra por britagem móvel *in pit* e correias transportadoras alimentados por carregadeiras pneumáticas.

2.3.5 ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASOS

A Figura 2 apresenta um resumo dos estudos de casos em discussão, sendo possível a análise comparativa entre os métodos de lavra convencional por caminhões e a lavra por britagem móvel *in pit*.

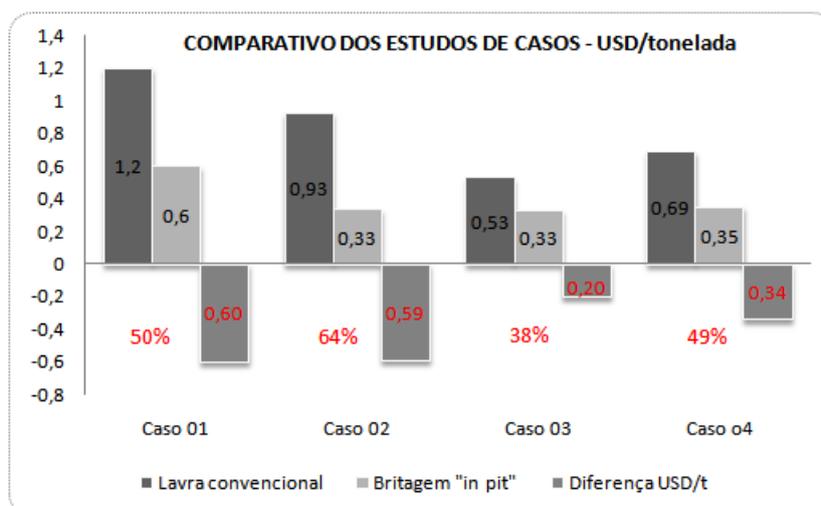


Figura 2. Gráfico comparativo dos custos específicos dos casos analisados.⁽⁵⁾

A análise comparativa dos custos específicos dos estudos de casos evidencia uma diferença média de 50% para menor da britagem móvel em relação à lavra convencional por transporte de caminhões.

As diferenças entre os custos específicos discretizados nos casos não devem ser enfatizados. As massas movimentadas, os portes dos equipamentos, os cenários econômicos e políticos não são parametrizados, e podem-se cometer enganos técnicos se comparados niveladamente, porém observa-se um equilíbrio dos custos específicos dos casos 02 a 03.

A viabilidade técnica e econômica da aplicação do método de britagem móvel *in pit* baseia-se em uma redução dos custos específicos bastante representativos em comparação a lavra convencional por caminhões, evidenciando-se a crescente procura das empresas mineradoras em estudar e aplicar esta tecnologia em suas operações mineiras, com foco no avanço tecnológico e redução dos custos da lavra.

2.4 Estudo da Britagem Móvel

2.4.1 Premissas para os dados de produção

A massa de ROM programada para o estudo foi limitada em uma frente de lavra de minério itabirítico, localizada na Mina de Alegria, de propriedade da Samarco Mineração S.A. Foi programada uma movimentação de 6,0 milhões de toneladas de minério por ano que representa 15% de todo o minério movimentado pela mineração. O Quadro 1 apresenta as características do minério e da frente de lavra planejada.

Quadro 1. Premissas de Movimentação de Minério⁽⁵⁾

Movimentação de Minério Anual	6.000.000 t/m
Retidos >150 mm	2,5%
Densidade "in situ"	2,4 t/m ³
Distância média de transporte para caminhões no Minério/Carregador	1.500 m
Distância média de transporte para caminhões no Retidos/Pilha de Estéril	1.500 m
Horas programadas de operação (24h/dia, 365dias/ano)	8760 h/ano

2.4.2 Premissas para os dados econômicos e financeiros

Os valores econômicos apresentados no Quadro 2 serão utilizados nos cálculos do fluxo de caixa para a análise econômica.

Quadro 2. Premissas para os dados econômicos e financeiros.⁽⁵⁾

Vida útil da Mina	20 Anos
Taxa de juros	12% ao Ano
Investimentos	1° Ano
Início de Operação	Jan – 2° Ano
Depreciação dos Equipamentos Móveis	10 Anos
Valor residual dos equipamentos Móveis	10%
Depreciação dos Equipamentos industriais	20 Anos
Valor residual dos equipamentos industriais	0%

2.4.3 Alternativas propostas para o estudo

- *Alternativa 01 LCC – lavra convencional por caminhões* - O método consiste de desmonte mecânico do minério por tratores, carregamento com carregadeiras pneumáticas e transporte por caminhões até um carregador denominado de "Hopper". O minério alimentado é classificado em uma peneira vibratória com malha 150mm. O passante alimenta o sistema de



correias transportadoras móveis e fixas sendo estocado em uma pilha pulmão. O retido da peneira é considerado estéril e será transportado e estocado em local programado para posteriormente ser utilizado no sistema de drenagem da mina e nas pilhas de estéril.

Para garantir a massa programada de minério na usina de beneficiamento, o minério lavrado deve ser acrescido, passando de 6.000.000 para 6.153.846 tmn/ano a diferença de 153.846 tmn/ano se refere à porcentagem de retidos de 2,5% que são descartados como estéril. Assim o balanço de massa do método fecha corretamente.

A frota de equipamentos móveis composta de Carregadeiras CAT 992GHL de 9,5m³, caminhões CAT 785C de 150t e tratores CAT D11R 34,4 m³.

- *Alternativa 02 LCT – lavra por sistema de correias transportadoras* - O método consiste de desmonte mecânico por tratores, carregamento e transporte por carregadeiras pneumáticas até um carregador simples montado dentro da cava a uma distância entre 20 a 95 metros de distância da frente de lavra. O minério alimentado é classificado numa peneira vibratória com malha de 150mm. O passante alimenta o sistema de correias móveis e fixas sendo estocado na pilha pulmão. Os retidos na peneira somados ao da grelha horizontal seguem o mesmo destino do método anteriormente citado.

O balanço de massa terá os mesmos valores do método LCC sendo o minério movimentado da ordem de 6.153.846 tmn/ano para uma alimentação na usina de beneficiamento de 6.000.000 tmn/ano.

A frota de equipamentos móveis composta de Carregadeiras CAT 992GHL de 9,5m³, caminhões CAT 785C de 150t e tratores CAT D11R 34,4 m³.

- *Alternativa 03 LBM – lavra por britagem móvel* - O método consiste em escavação e carregamento por escavadeira hidráulica tipo retro. O minério alimentado é classificado em uma peneira vibratória de malha 150mm. O retido da peneira alimenta um britador de mandíbulas regulado para 100mm. Tanto o minério britado como o passante da peneira alimentam um sistema de correias móveis articulados sobre pneus que transfere o material para o sistema de correias transportadoras móveis e fixas. O minério será estocado na pilha pulmão. Este método não gera retidos, sendo o minério totalmente aproveitado para alimentação da usina de beneficiamento.

O balanço de massa do método não necessita de ajustes sendo a alimentação de 6.000.000 tmn/ano da britagem móvel igual à requerida na alimentação da usina de beneficiamento.

A frota de equipamentos móveis composta de escavadeira Terex (O&K) RH90-C de 10m³ e britagem móvel Metso LT140E com capacidade de 830m³/h ou 2.000 t/h.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Viabilidade Técnica e Econômica das Alternativas

3.1.1 Desempenho de produtividade

A fórmula de cálculo da produtividade (tmn/h) consiste na razão entre a massa total movimentada dividida pelo número de horas efetivamente operadas na produção. Pelos resultados apresentados na Figura 3, observa-se que a produtividade da lavra

por britagem móvel é menor que a convencional por caminhões em 11% e maior que a lavra por correias em 19% mantendo-se intermediária entre as alternativas comparativas.

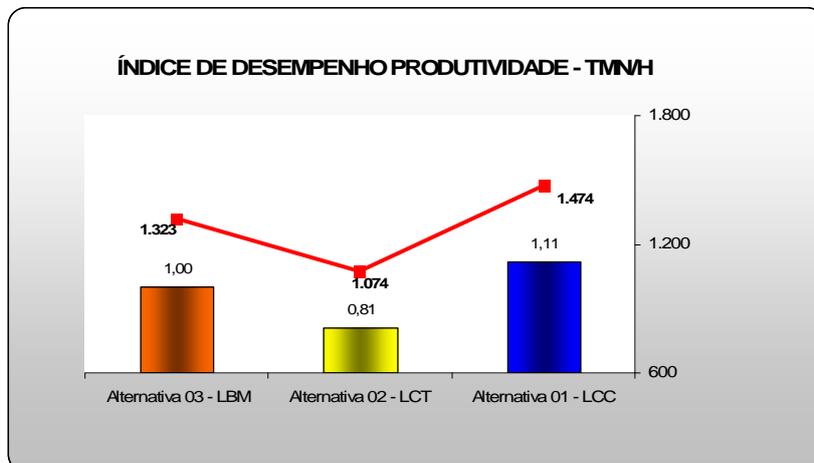


Figura 3. Gráfico do Desempenho de Produtividade de projeto. ⁽⁵⁾

3.1.2 Desempenho de custos

Os índices de custo específico (\$/tmn) estão representados na Figura 4 em valores relativos sendo a alternativa 03 fixada em 1,0 \$/tmn. As comparações seguem proporcionalmente a base fixada.

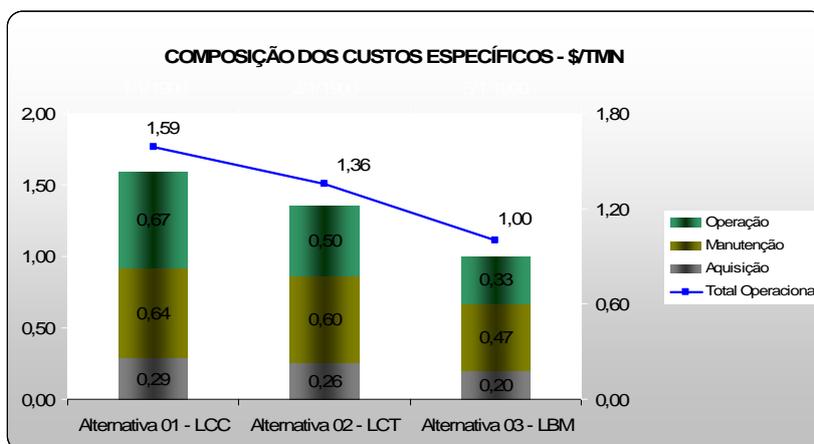


Figura 4. Gráfico a distribuição dos custos operacionais anuais de projeto. ⁽⁵⁾

Comparando os custos específicos, conclui-se que a alternativa 03 apresenta um custo reduzido em relação às alternativas comparativas. Os custos específicos das alternativas 01 e 02 são 59% e 36% respectivamente maiores que a alternativa 03, resultando no menor custo específico para a lavra por britagem móvel (Figura 4).

3.1.3 Atratividades econômicas

Na avaliação econômica estudaram-se dois indicadores: o valor presente líquido (VPL) e o valor anual equivalente (VAE). Em ambos, o valor resultante será sempre negativo devido à montagem do fluxo de caixa sem a consideração de receitas sendo as alternativas montadas apenas com gastos. Esta condição não mascara os resultados visto que as receitas serão as mesmas para as três alternativas.

A alternativa que obter o menor VPL e VAE, em valor absoluto, será a de melhor atratividade econômica. A Figura 5 apresenta o resultado econômico.

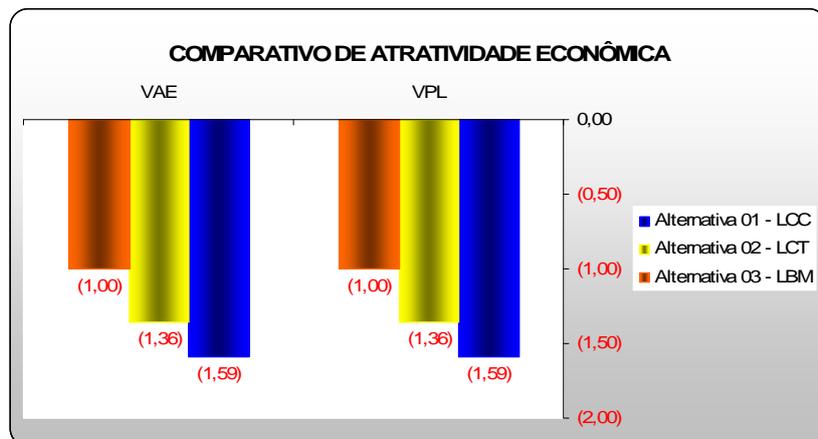


Figura 5. Gráfico comparativo de Atratividade Econômica de projeto. ⁽⁵⁾

Avaliando os resultados econômicos advindos dos fluxos de caixa (Figura 5), observa-se que a alternativa 03 obteve o menor VPL e VAE, em valor absoluto, seguido da alternativa 02 com resultados intermediários sendo 36% mais oneroso que a anterior e 17% menor que a alternativa 01. A maior diferença observada foi entre as alternativas 01 e 03 sendo a primeira 59% mais onerosa que a última. Resumidamente pode-se afirmar em conclusão que a alternativa 03, lavra por britagem móvel, possui a melhor atratividade econômica entre as três consideradas no estudo.

3.2 Viabilização Técnica - Operacional do Método de Lavra LBM

3.2.1 Desempenho de produtividade

Observa-se na Figura 6 que as produtividades aumentaram em 14% nas alternativas 03 e 02 e 3% na Alternativa 01, se comparadas aos valores de projeto. A diferença entre as alternativas 03 e 01 foi praticamente nula.

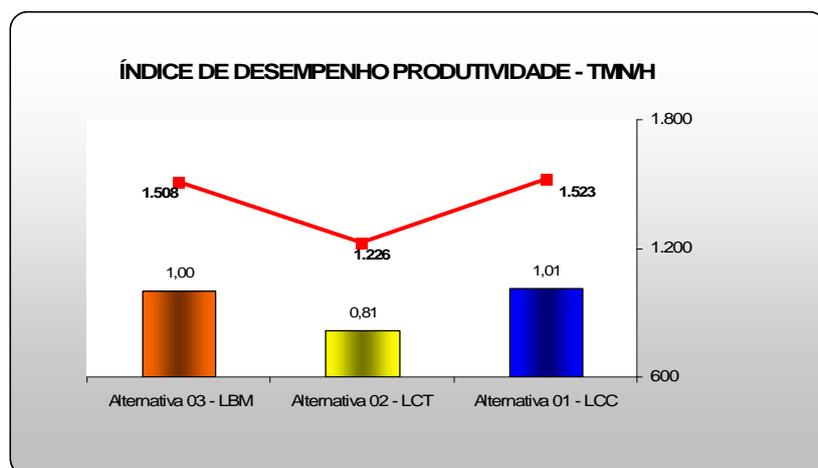


Figura 6. Gráfico comparativo de desempenho de produtividade, dados reais. ⁽⁵⁾

3.2.2 Atratividade econômica

Os resultados obtidos na realimentação dos fluxos de caixa do projeto com os resultados reais, observa-se que a atratividade da Alternativa 03 em relação as demais se manteve. As posições das demais alternativas não se alteraram. Verifica-se também uma redução nas diferenças entre a Alternativa 03 em comparação as alternativas 01 e 02 (Figura 7).

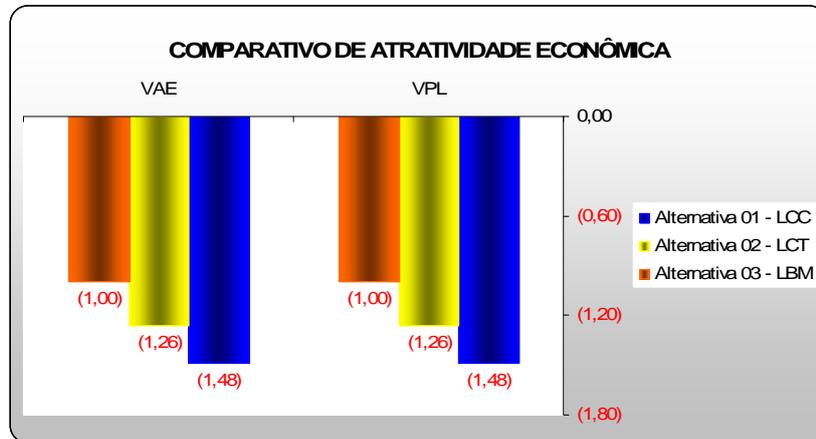


Figura 7. Gráfico comparativo de desempenho de produtividade, dados reais.⁽⁵⁾

3.2.3 Desempenho de custo específico

Comparativo pelas médias de produtividade

Verifica-se que as diferenças dos custos específicos das alternativas 01 e 02 reduziram em comparação a alternativa 03. Houve uma redução de 59% para 48% e de 36% para 26% das alternativas 01 e 02, respectivamente, se comparadas à alternativa 03.

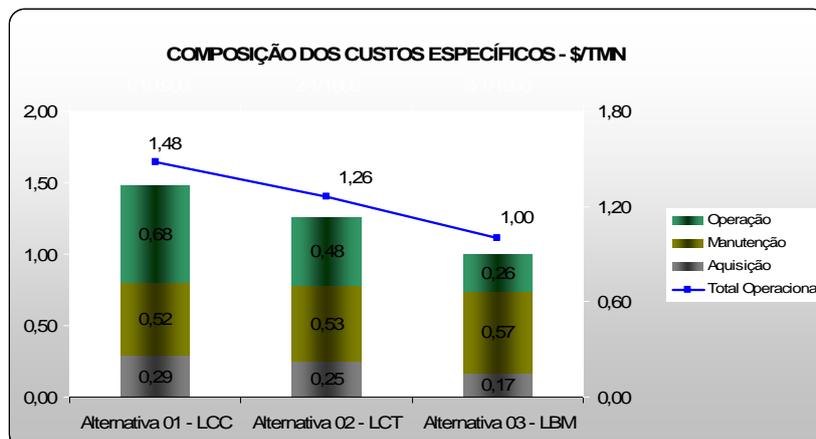


Figura 8. Gráfico comparativo dos custos específicos, dados reais.⁽⁵⁾

Quando comparadas as composições de custos, verifica-se uma redução no custo de manutenção das alternativas 01 e 02, ao contrário da alternativa 03 que registrou um aumento de 21% (Figura 8).

4 CONCLUSÕES

As comparações da atratividade econômica entre os resultados advindos do projeto e os reais operacionais se confirmam permitindo concluir que a alternativa 03, lavra



por britagem móvel, obteve o menor VPL em valor absoluto, tanto na viabilidade do projeto como na operacionalização. Os ganhos econômicos em implantar a lavra por britagem móvel são significativos em comparação aos métodos de lavra convencional por caminhões e lavra por correias transportadoras.

Os resultados dos custos específicos considerando-se ou não os custos de aquisição, acompanharam os resultados econômicos, porém o aumento nos custos operacionais da alternativa 03, ocasionados pelo aumento do custo de manutenção, deixa uma janela de oportunidade de melhoria na redução dos custos se analisando que os métodos comparativos possuem uma maturidade operacional que leva a uma estabilização dos custos. Sendo o método de lavra por britagem móvel uma atividade em desenvolvimento de aprendizagem tanto para a operação como para a manutenção, as possibilidades de redução dos custos ao longo do tempo advindas do conhecimento adquirido devem ser consideradas.

Comparando os resultados dos estudos de casos, a diferença de 48% entre a lavra por britagem móvel em relação à lavra convencional por caminhões obtida com os valores reais, encontra-se dentro da faixa dos casos estudados que estão entre 38% a 64%, e próximo dos resultados dos casos 1 e 2 com 50% e 49% respectivamente.

A operacionalização da lavra por britagem móvel, que contempla a escavação, alimentação e deslocamentos foi viabilizada. Os 14% de aumento de produtividade obtidos na média real em relação ao calculado no projeto embasam esta conclusão.

Não se deve concluir que os métodos de lavra convencional por caminhões e lavra por correias transportadoras devam ser substituídos pela britagem móvel. Cada método tem suas particularidades, o planejamento de mina e a operação de produção necessitam buscar um ponto ótimo de aplicação dos métodos visando os melhores resultados econômico e de produção.

Como conclusão final pode-se afirmar que a viabilização técnica e econômica da britagem móvel "in pit" auto propelida para minério de ferro foi alcançada, gerando uma nova alternativa para a lavra contínua nas minas.

REFERÊNCIAS

- 1 EARL M. FRIZZEL & THOMAS W. MARTIN, 1992. 2260p. cap 13.5, p. 1343-1351.18p. in HARTMAN, H. SME Mining Engineering Handbook. 2ª edição, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. In: In-pit crushing and Conveyng. Inc. Colorado:
- 2 ZIMMERMANN, E. & KRUSE, W. Mobile Crushing and Conveying in quarries – a change for better and cheap production!. Alemanha, 2006. 7p.
- 3 TRUEMAN, E. In pit Crushing: The Application and Benefits of Track Mounted Crushing Equipment. In: Goldfields Mining Expo. Western Austrália, 2001. 26p. In: National Seminar on New Trends in Cost Effective Iron Ore Mining. Noamundi, Bhar, Índia. 2001. 27p.
- 4 SCHORDER, A. L. The use of in-pit crushing and conveyng methods to significantly reduce transportation costs by truck. In: COALTRANS ASIA.,9,2003. Bali, Indonésia. 12p.
- 5 LOPES, JOSÉ RAIMUNDO. Viabilização Técnica e Econômica da Lavra Contínua de Minério de Ferro com uso de Sistema de britagem Móvel "IN PIT" Auto Propelido. In Dissertação de Mestrado, 90., 2010, Universidade Federal de Ouro Preto.