

## Avaliação de capacidade de um depósito típico de níquel laterítico aproveitado através de rota de lixiviação ácida sob pressão

(Capacity assessment of a typical PAL lateritic nickel deposit)

Ruy Lacourt Rodrigues

Engenheiro de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto  
E-mail: ruy.lacourt@vale.com

Valdir Costa e Silva

Professor Associado, Universidade Federal de Ouro Preto  
E-mail: valdir@demin.ufop.br

### Resumo

Avaliou-se a capacidade de produção de uma operação de níquel laterítico, aproveitado através de rota de processo de lixiviação ácida sob pressão, para escalas de produção entre 45000 t/ano Ni e 300000 t/ano Ni, usando parâmetros da indústria.

A análise econômica foi feita utilizando a metodologia de fluxos de caixa descontados e análise de sensibilidade. Os indicadores de desempenho foram interpretados no contexto de avaliação de empreendimentos em mineração, o que permitiu delinear cenários para a recomendação de escala.

A escala recomendável é de 120000 t/ano Ni, que representa a melhor solução de compromisso tendo em vista a rentabilidade do empreendimento, a maturação da tecnologia e o tamanho do mercado.

**Palavras-chave:** Avaliação econômica em mineração, definição de capacidade, níquel laterítico, lixiviação ácida sob (alta) pressão (PAL, HPAL, HiPAL).

### Abstract

*The economic evaluation of production capacity for a lateritic nickel operation using pressure acid leach was performed for capacities from 45000 t/year Ni to 300000 t/year Ni using industry parameters.*

*The economic analysis was performed using discounted cash flow and sensitivity analyses. Performance indicators were interpreted in a mine valuation context, allowing to establish scenarios for capacity recommendation.*

*The recommended capacity is 120000 t/ano Ni, which represents the best compromise considering profitability, the maturation of the technology and market size.*

**Keywords:** Mining valuation, capacity definition, lateritic nickel, (high) pressure acid leaching (PAL, HPAL, HiPAL).

## 1. Introdução

As lateritas de níquel, em especial aquelas em que o aproveitamento é feito através de rotas de lixiviação ácida sob pressão, são a maior fonte potencial para o crescimento da oferta do metal.

Os projetos que vêm sendo desenvolvidos através dessa linha tecnológica são de grande porte, a fim de que sejam capturadas economias de escala e diluídos os gastos com utilidades e infra-estrutura.

A definição da capacidade desses empreendimentos é complexa, pois envolve uma tecnologia que ainda está em amadurecimento, grande capital investido e operações com baixo teor de alimentação.

## 2. Metodologia e premissas

Considerando a qualidade, tamanho e localização de cada depósito mineral, não há procedimentos bem estabelecidos para a definição de capacidade de empreendimentos em mineração. A escolha da escala de produção é, em geral, delineada através de tentativa e erro a partir dos parâmetros para a definição

de capacidade, ponderada pela análise do cenário estratégico que afeta cada projeto.

Uma revisão sobre o aproveitamento de níquel laterítico através das várias rotas de processo pode ser encontrada em Dalvi, Bacon e Osborne (2004), onde são feitas referências à capacidade mínima para projetos de aproveitamento de níquel laterítico por rotas de lixiviação ácida sob pressão para as condições de mercado da época.

Um depósito-tipo de tamanho médio foi definido a partir dos dados dos projetos em desenvolvimento e implementação e estabeleceu-se o plano de aproveitamento para várias escalas de produção a partir de parâmetros da indústria (Rodrigues, 2007).

Em seguida, desenvolveu-se a análise econômica do depósito para várias escalas de produção, utilizando a metodologia de fluxos de caixa descontados, o que permitiu estabelecer cenários que levam à recomendação de escala.

As premissas e fontes de dados principais para a análise econômica são mostradas na Tabela 1.

A análise de sensibilidade foi feita através da técnica de Monte Carlo, os parâmetros variáveis são, também, mostrados na Tabela 1.

## Considerações sobre as escalas de produção estudadas

Foram feitos estudos para cinco escalas de produção diferentes (em 1000 t/ano Ni): 45, 60, 120, 200 e 300.

A despeito de grande variação quanto ao tamanho dos recursos, o limite superior de capacidade para os projetos em estudos e implementação é de 60000 t/ano Ni, conforme mostra a Figura 1.

A implementação do empreendimento em escalas muito grandes implica investimentos muito altos e o fornecimento de uma fatia de mercado muito expressiva a partir de uma única operação, dependente de tecnologia ainda em maturação, aumentando os riscos e limitando a escala dos empreendimentos.

Portanto as simulações a escalas muito elevadas consistem em um exercício que se justifica para se estabelecer uma amplitude de escala suficiente, a fim de se definir a capacidade recomendável.

Tabela 1 - Premissas e fontes de dados.

Parâmetro (unidade)		Fonte	Valor / Cenário	
			Caso base	Análise de sensibilidade
Taxa de desconto			12%	8% a 20%
Preços (USD/lb)	Ni	Adaptados de Neudorf e Huggins (2004)	5,5	4,5 a 8,0
	Co		10	8 a 15
Investimentos iniciais (USD/lba)		Adaptados de Dolan e Nendick (2004)	20	16 a 25
Custos operacionais (USD/lb)		Hand (2006), ajustes conforme Johnston (2006)	2,0	1,5 a 3,0
Taxação		DNPM (2000)	Toda a produção para exportação	
Financiamento		Barbosa (2007)	40% dos investimentos a juros de 6,5% a.a. com 3 anos de carência e 5 anos para amortização do principal	

### 3. Resultados e discussão

A Figura 2 mostra as relações entre o valor presente líquido e os investimentos iniciais e a escala de produção.

A análise a partir do valor presente líquido indica como recomendável a escala de 200000 t/ano Ni. Entretanto os investimentos são muito altos e a fatia de mercado fornecida é, também, muito grande.

Os investimentos iniciais para as escalas até 60000 t/ano Ni ou 120000 t/ano Ni, embora elevados no contexto da indústria de mineração, têm suporte na base de dados da indústria (Rodrigues, 2007, op. cit.); a partir daí, os valores são muito elevados.

A análise através da eficiência do uso do capital - relação entre o valor presente líquido do empreendimento e o valor presente dos investimentos - e da taxa interna de retorno, mostrada na Figura 3, oferece maiores subsídios para a decisão.

A eficiência de capital é um parâmetro mais adequado que o valor presente líquido para a escolha da escala recomendável, na medida em que esta-

belece a relação entre valor recuperado e os investimentos. Considerando esse parâmetro, a escala recomendável é de 120000 t/ano Ni.

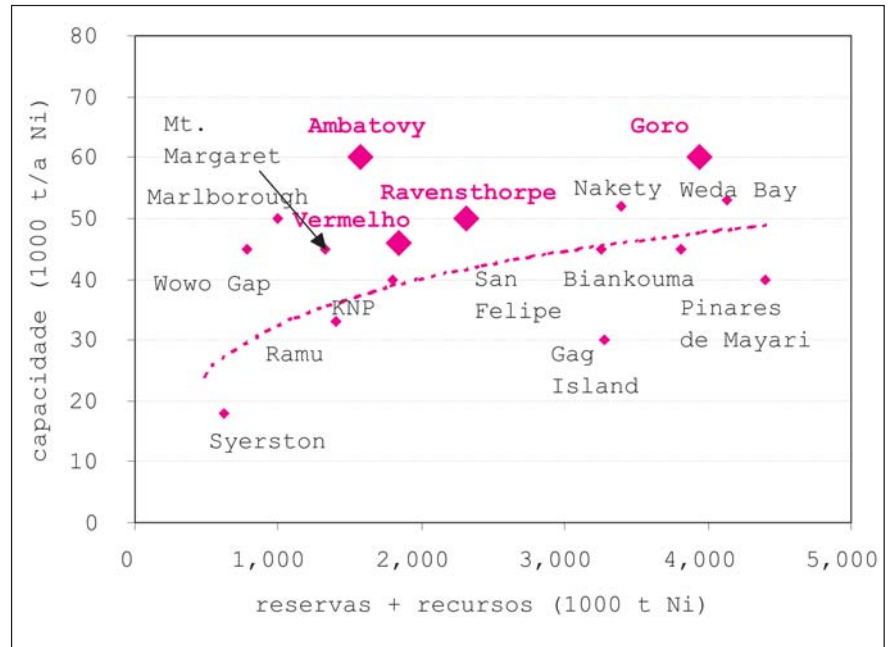


Figura 1 - Capacidade vs. metal contido para os projetos em desenvolvimento e implementação.

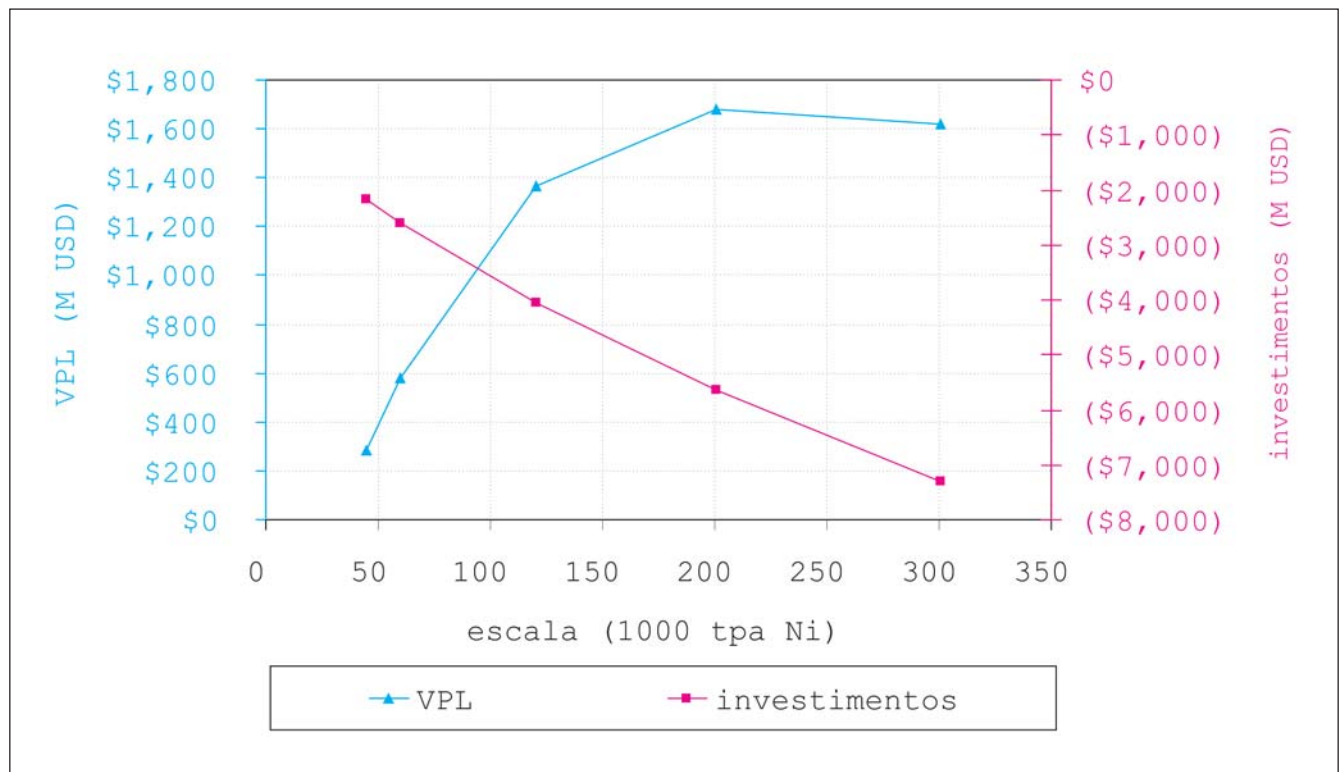


Figura 2 - Valor presente líquido e investimentos vs. escala.

O valor recomendável a partir da taxa interna de retorno é 200000 t/ano Ni, mas uma análise incremental da taxa interna de retorno mostra que os ganhos entre 120000 t/ano Ni e 200000 t/ano Ni são marginais. A taxa interna de retorno é de 14,6% para a escala de 45000 t/ano Ni - um valor no limite de aceitação na indústria de mineração. Para uma taxa de barreira (*hurdle rate*), mais alta, de 20% - que pode se justificar em condições de maiores riscos -, a escala mínima aceitável seria pouco superior a 100000 t/ano Ni.

A Figura 4 mostra os resultados obtidos para a eficiência de capital e para a taxa interna de retorno nas análises de sensibilidade.

Para uma eficiência de capital maior que 0,3, a um risco menor que 20%, a menor escala recomendável é 120000 t/ano Ni. Os riscos de que a eficiência de capital seja menor que 0,3 são de 40% para a escala de 300000 tpa Ni

Para uma taxa interna de retorno superior a 15%, a um risco máximo de 20%, as escalas recomendáveis são superiores a 120000 t/ano Ni.

## 4. Conclusão

A análise feita na discussão dos resultados do caso-base não é conclusiva, tendo em conta que o valor recomendável para a escala de produção a partir da análise de diferentes indicadores não converge. A análise de sensibilidade permite estabelecer cenários onde os riscos podem ser avaliados e a escala recomendada é de 120000 t/ano Ni.

Considerando, ainda, o porte dos investimentos, o tamanho do mercado e o estágio de maturação da tecnologia de aproveitamento, a escala de produção recomendada para o empreendimento é 120000 t/ano Ni.

Em outros contextos, tais como para o aproveitamento de cobre e ouro, uma abordagem comum para grandes depósitos é delinear reservas e estabelecer os investimentos para a implementação dos projetos, visando a uma vida do empreendimento entre 15 e 20 anos, no máximo - uma escolha que é arbitrária, mas é usual. Adotando-se esses parâmetros para o tamanho de depósito definido, o

valor recomendável de escala seria de 90000 t/ano Ni a 120000 t/ano Ni de capacidade, os valores convergem com a conclusão anterior.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao grupo Vale e à Universidade Federal de Ouro Preto pelo apoio durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

## 6. Disclaimer

Os autor principal é empregado do grupo Vale, que apoiou a pesquisa. Os dados utilizados na pesquisa, no entanto, são todos de fontes públicas e não refletem a opinião ou visão do Grupo sobre o tema de pesquisa.

## 7. Referências bibliográficas

BARBOSA, Fabio. 1Q07 results - May 4, 2007: CVRD. Disponível em: <<http://www.cvr.com.br/cvr/meda/>>

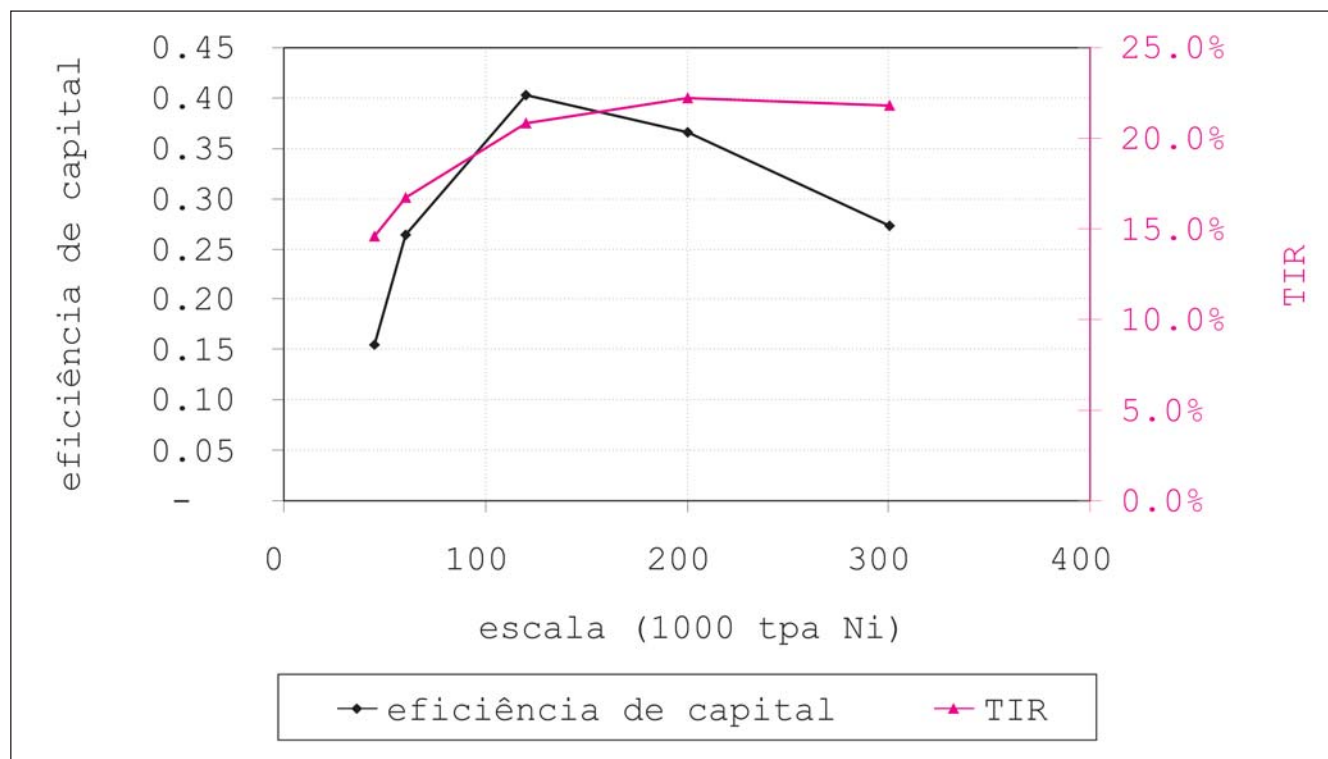


Figura 3 - Eficiência de capital e TIR vs. escala.

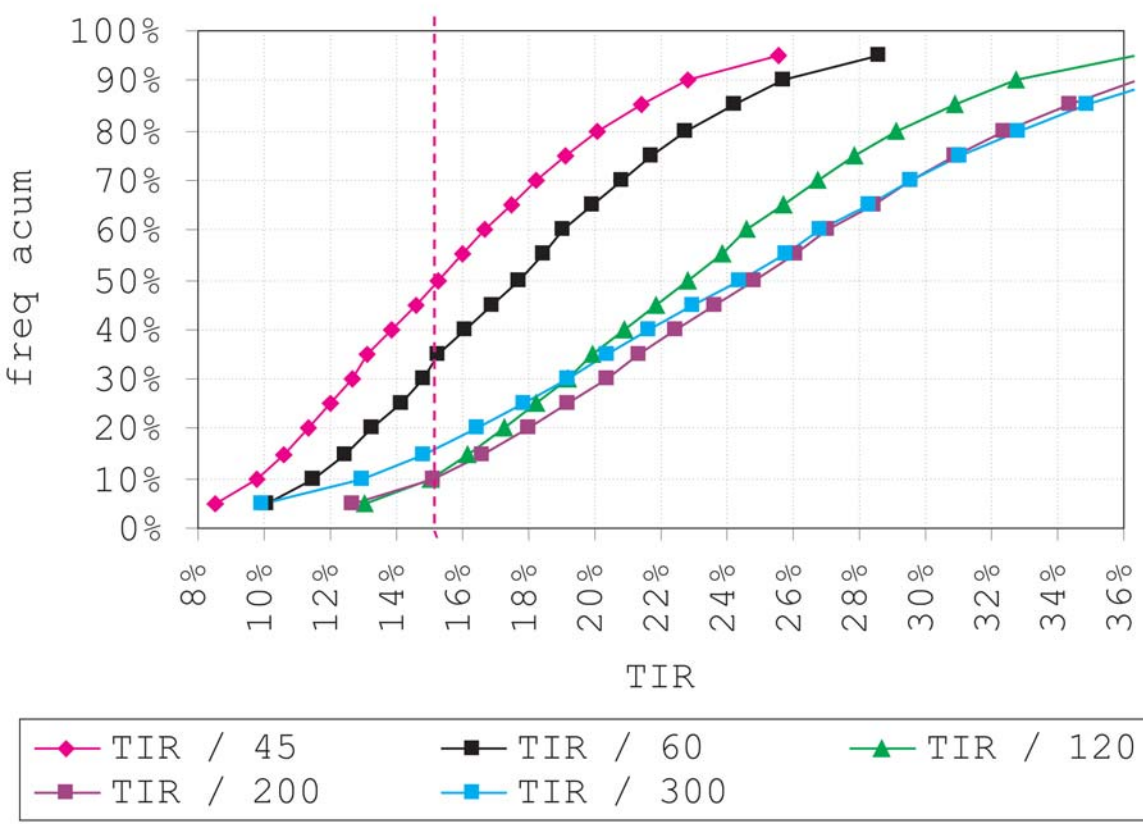
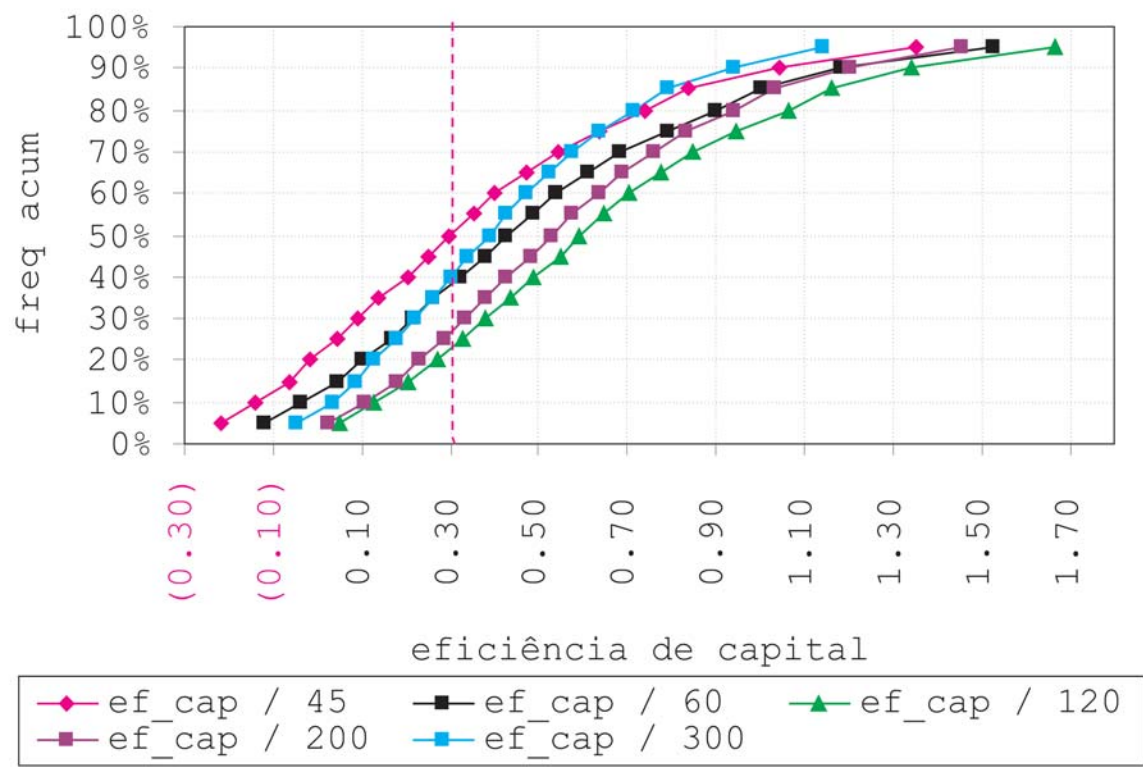


Figura 4 - Eficiência de capital e TIR vs. escala - sensibilidade.

- Cvrdweb1Q07.pdf> Acesso em: 21 Mai. 2007. p. 11.
- DALVI, A., BACON, G., OSBORNE, R.. The past and the future of nickel laterites. In: PDAC 2004 International convention, 2004, Toronto. Toronto: Prospectors and Developers Association of Canada, 2004. Disponível em: <<http://www.pdac.ca/pdac/publications/papers/2004/techprgm-dalvi-bacon.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2006.
- DNPM. Informações básicas para o investidor - tributação da mineração no Brasil - análise da situação atual e das mudanças propostas na reforma tributária - Brasília, 2000. Disponível em: [http://www.dnpm.gov.br/mostra\\_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=368](http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=368). Acesso em: 29 mai. 2006.
- DOLAN, D., NENDICK, R. Beating USD10 per pound of installed capacity for a laterite nickel plant. In: IMRIE, W. e LANE, D. (eds.). International Laterite Nickel Symposium - 2004. Charlotte, NC, U.S.A, Proceedings. Warrendale, PA: TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), 2004. p. 55-62.
- HAND, S. Inco: Inco. Disponível em: <[www.inco.com/investorinfo/presentations/pdf/BMONesbittFebruary27-06slides.pdf](http://www.inco.com/investorinfo/presentations/pdf/BMONesbittFebruary27-06slides.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2006.
- JOHNSTON, Peter. Minara Presentation - February 2006: Minara Resources. Disponível em: <[www.minara.com.au/uploads/060227%20-%20Minara%20presentation%20Final.pdf](http://www.minara.com.au/uploads/060227%20-%20Minara%20presentation%20Final.pdf)>. Acesso em 29 mar. 2006. p. 6.
- NEUDORF, D., HUGGINS, D. An alternative nickel laterite project development model. In: IMRIE, W. e LANE, D. (eds.). International Laterite Nickel Symposium - 2004, Charlotte, NC, U.S.A, Proceedings. Warrendale, PA, USA: TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), 2004. p. 63-76.
- RODRIGUES, R. *Definição de capacidade de um depósito médio de níquel laterítico aproveitado através de rota de lixiviação ácida sob pressão*. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, 2007. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mineral).

Artigo recebido em 07/03/2008 e  
aprovado em 20/04/2008.

# Descubra as muitas informações da: **Geologia, Mineração, Metalurgia & Materiais e Engenharia Civil.**



## Assine e publique na Rem

Conheça o nosso novo site: **[www.rem.com.br](http://www.rem.com.br)**