

CARACTERIZAÇÃO GEOMETALÚRGICA DA MINA DE FÁBRICA NOVA ¹

Antônio Delfonso Ferreira²
Neymayer Pereira Lima³
Valéria Ribeiro⁴

Resumo

A mina de Fábrica Nova faz parte do complexo minerador de Mariana possui recurso de 1915 Mt, com teor de Fe médio de 43,82%. Várias litologias podem ser identificadas, com distintas características químicas, granulométricas, mineralógicas e tecnológicas. Atualmente 24 milhões de toneladas/ano de ROM são transportados de Fábrica Nova para a usina de tratamento de minérios, visando a produção de granulados, “sinter feed” e “pellet feed”. As litologias reconhecidas e mapeadas foram amostradas para caracterização e testes tecnológicos com foco na previsibilidade e otimização de processos, além de aumento dos conhecimentos geológicos do depósito, possibilitando um melhor aproveitamento do minério e aumento de reserva. Os resultados permitiram a individualização de 11 unidades tipológicas, com diferentes composições granuloquímicas, mineralógicas e tecnológicas, resultando assim em diferentes respostas às operações unitárias de tratamento de minérios. O acompanhamento de diferentes pilhas de ROM e a comparação com resultados previstos, com base nas características tecnológicas, mostrou a possibilidade de previsibilidade dos processos e operações unitárias. Os seguintes ganhos foram quantificados com a aplicação da geometurgia em Fábrica Nova: melhoria na qualidade química do “pellet feed”, aumento de recuperação metálica na flotação e redução no consumo de coletor.

Palavras-chave: Caracterização; Geometurgia; Previsibilidade.

GEOMETALURGICAL CHARACTERIZATION OF FABRICA NOVAS'S MINE

Abstract

Fabrica Nova's mine belongs to Mariana mining complex with total reserve of 1915 Mt and 43,82% of iron (Fe). Several lithologies can be identified with different chemical / mineralogical composition, size distribution and technological behavior. Nowadays, 24 Mta of ROM have being mined and transported from the mine to the beneficiation facilities, aiming the production of natural pellet ore, sinter feed and pellet feed. The different lithologies were sampled aiming their technological characterization focusing process forecast and optimizations as the improvement of geological knowledge. Eleven lithologies were individualized after complete characterization resulting different responses in the unit operations of mineral processing, showing the possibility of forecasting these operations after the comparison with industrial results. The application of geometurgy in Fabrica Nova's mine and mineral processing facilities allowed several earnings, as: improvement of pellet feed chemical quality, increase of flotation metallurgical recovery and decrease of amine consumption.

Key words: Characterization; Geometurgy; Forecasting.

¹ *Contribuição técnica ao VIII Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Analista de Processo, Gerência de Engenharia de Processo, CVRD, Brasil.*

³ *Msc. Engenheiro de Processo, Gerência de Engenharia de Processo, CVRD, Brasil.*

⁴ *Msc. Engenheira Geóloga, Gerência de Planejamento de Lavra, CVRD, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento geometalúrgico é uma nova metodologia que descreve a variabilidade de depósitos minerais e quantifica o impacto de parâmetros geológicos e mineralógicos sobre as operações de tratamento de minérios e processos metalúrgicos. A quantificação espacial que resulta pode ser integrada a modelos tridimensionais de blocos e às atividades de planejamento de lavra. Assim, é uma importante ferramenta aplicada à redução de riscos de negócios associados a novos projetos ou expansões.⁽¹⁾

A geometalurgia geralmente é desenvolvida e aplicada durante as fases de pré-viabilidade ou viabilidade, sendo o primeiro passo a revisão de parâmetros geológicos, mineralógicos e outros críticos para então construir a matriz geometalúrgica. Esta matriz pode ser um guia para a definição de amostragens para caracterizações e testes metalúrgicos.⁽¹⁾

Segundo Williams e Richardson,⁽¹⁾ a construção do mapeamento geometalúrgico consiste das seguintes etapas:

- 1- Desenvolvimento da matriz geometalúrgica usando o modelo geológico do depósito;
- 2- Utilização da matriz geometalúrgica como guia de amostragens para caracterizações e testes metalúrgicos;
- 3- Caracterização das amostras ou composições;
- 4- Utilização das informações em modelos de blocos tridimensionais para planejamento de lavra e projeções econômicas.

Atualmente, o conceito de geometalurgia empregado pela CVRD é a metodologia multidisciplinar que integra o conhecimento geológico do depósito mineral com as atividades de mina, processamento, meio ambiente e mercado, visando à redução do risco dos negócios, otimização dos ativos e aumento de competitividade dos produtos, através da previsibilidade de processos. Um dos principais objetivos da abordagem geometalúrgica é o aumento da previsibilidade, e para tanto devem ser considerados os seguintes aspectos multidisciplinares: geológicos, mineralógicos, geoestatísticos, de lavra, de processamento mineral, de engenharia, comercial e outros. A integração das diversas áreas permite um melhor planejamento das atividades e a redução de risco do projeto.

Vieira et al.⁽²⁾ mostraram a abordagem geometalúrgica aplicada a processos de aglomeração de minérios de ferro, com significativo aumento de produtividade dos processos de sinterização e pelotização. Diferentes tipos de hematitas foram estudadas neste trabalho, tendo sido avaliadas suas características mineralógicas e texturais e o efeito destas nos processos de aglomeração, bem como o efeito dos processos geológicos para formação destas características.

Os principais depósitos mundiais de minério de ferro foram agrupados genética e petrograficamente por Goldring⁽³⁾ com foco nos processos metalúrgicos (alto-forno e redução direta) de produção de aço. Este trabalho mostra que o alto-forno tende a continuar sendo a principal rota de produção de aço, com inovações tecnológicas. Os processos de redução direta continuarão em expansão, porém limitados às exigências de qualidades das matérias primas (concentrados e pelotas). Rotas hidrometalúrgicas poderão ser desenvolvidas para aproveitamento de minérios mais complexos, principalmente com elevados teores de fósforo (P).

O efeito da variabilidade de minérios no processo de flotação foi avaliado por Dobby et al.⁽⁴⁾ Os resultados obtidos do estudo de variabilidade foram utilizados para

previsibilidade de recuperação metálica e teor de concentrados, bem como para melhor dimensionamento dos equipamentos de flotação.

Trabalho publicado por Ashley e Callow⁽⁵⁾ mostra a importância da abordagem geometalúrgica através do conhecimento da variabilidade de depósitos minerais, além da formação de equipes multidisciplinares no desenvolvimento e otimização de projetos. Como exemplo, os autores citam problemas de capacidade do circuito de moagem em Minnesota durante o início do projeto. A falta do estudo de variabilidade, a utilização de amostras médias e a ausência de equipe multidisciplinar durante a condução do projeto foram destacadas como causas principais. Estudos complementares foram realizados com o reagrupamento das amostras pela equipe formada, gerando modificações no plano de lavra e ganhos de capacidade no circuito de moagem. Este exemplo e outros citados pelos autores mostram a importância de uma abordagem geometalúrgica na condução de projetos de mineração, sendo avaliados muitas vezes após a implantação dos mesmos, gerando assim perdas e até mesmo inviabilizando unidades já em operação. Além de melhor avaliação da representatividade de amostras, os autores sugerem os seguintes itens:

- Testar cada amostra separadamente e realizar composições matemáticas dos resultados;
- Os testes iniciais devem ser em escala de bancada antes da coleta de amostras de grande volume;
- Compor amostras após certeza do comportamento similar das mesmas;
- Formação de equipe multidisciplinar.

O circuito de tratamento de minérios de Fábrica Nova possui operações unitárias de britagem e peneiramento, classificação, deslamagem, concentração magnética de média intensidade, flotação, espessamento e filtração. A Figura 1 abaixo mostra um fluxograma simplificado. Este fluxograma possibilita a obtenção de granulados (-31,5+8,0mm), “sinter feed” natural (-8,0+1,0mm), “sinter feed” fino (-1,0+0,15mm) concentrado por separação magnética de média intensidade e “pellet feed” obtido por flotação. As 11 litologias reconhecidas na mina de Fábrica Nova foram amostradas, cada qual representada por aproximadamente 10 amostras, as quais foram caracterizadas (química, granulométrica e mineralogicamente) e submetidas a testes em bancada conforme o fluxograma industrial. A Figura 2 mostra o fluxograma de tratamento das amostras.

A pilha de homogeneização existente no circuito é formada por aproximadamente 100.000 toneladas de ROM britado a < 40 mm, tendo objetivo principal de manter a estabilidade operacional do circuito.

A fração -1,0+0,150mm (“underflow” do classificador espiral) é concentrada por separadores magnéticos de média intensidade tipo WDRE (“wet drum of rare earths”) com o objetivo de recuperação de toda magnetita reliquiar (presente livre ou associada as demais hematitas) e assim a obtenção de “sinter feed” fino.

O circuito de flotação visa à obtenção de concentrados (“pellet feed”) com teor de SiO₂ máximo de 0,80%.

O circuito de deslamagem é composto por três baterias de ciclones de 8 e 6 polegadas, sendo a lama espessada para reaproveitamento e maior recirculação de água.

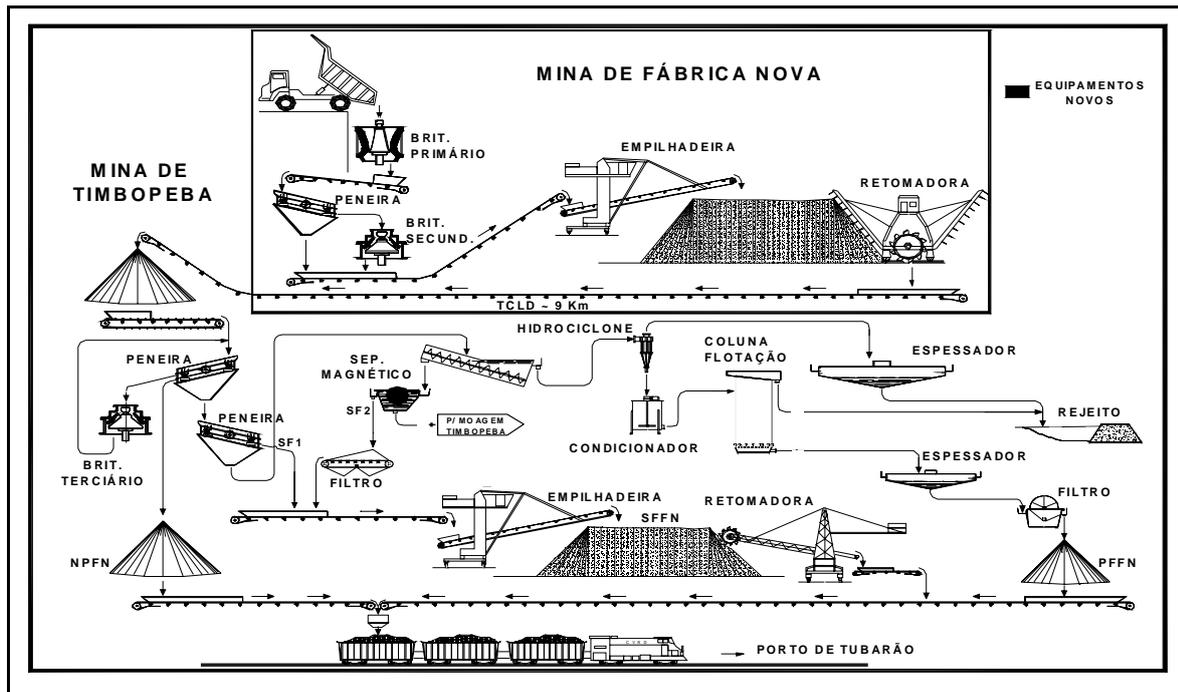


Figura 1- Fluxograma de tratamento de minérios de Fábrica Nova

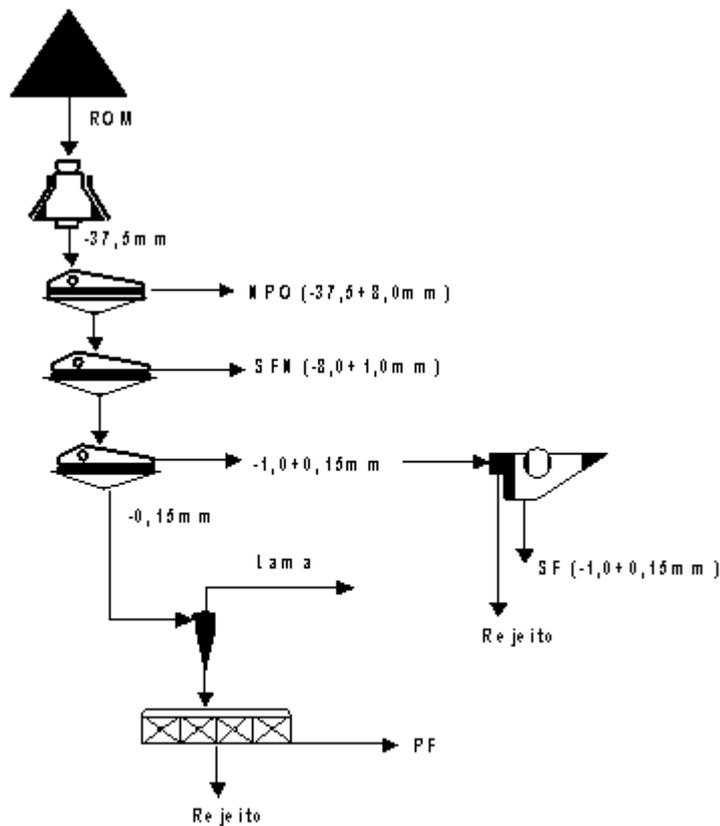


Figura 2- Fluxograma de tratamento das amostras em escala de bancada

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas aproximadamente 10 amostras de cada uma das litologias de minério, não contemplando o minério de canga. As litologias foram subdivididas em

17 tipologias de minério pela área de ocorrência dos corpos de minério, sua mineralogia, sua química e contaminantes. O conhecimento litológico (local de ocorrência, química e mineralogia) aliado ao conhecimento estrutural do depósito, permitiram subdividir a mina de Fábrica Nova em três setores: norte, centro e sul.

Foram realizadas análises granulométricas e mineralógicas das seguintes frações: -37,5+8,0mm; -8,0+1,0mm; -1,0+0,150mm e 0,150mm.

Testes de concentração magnética foram realizados com a fração -1,0+0,150mm, simulando equipamento industrial (WDRE).

A fração -0,150mm foi submetida a ensaios de deslamagem e flotação, visando à obtenção de concentrado com máximo de 0,80% de SiO₂, sendo realizados também estudos de dispersão x pH e avaliação da dosagem de coletor.

A análise mineralógica foi realizada através de microscópio ótico de luz refletida, sendo quantificados os minerais e respectivas associações mostradas na Tabela 1.

Tabela 1- Minerais quantificados

Legenda	Descrição
HE	Hematita especular
HL	Hematita lamelar
HG	Hematita granular
HS	Hematita sinuosa
HM	Hematita martítica
MA	Magnetita
GO	Goethita
GT	Goethita terrosa
QZ	Quartzo
OT	Outros

A Figura 3 ilustra a metodologia empregada durante o trabalho, com início na seleção das amostras.



Figura 3- Metodologia de trabalho

Após aplicação do teste padrão e interpretação dos resultados foram feitas avaliações em escala industrial buscando otimizações do processo ou mesmo identificação de litologias com aspectos críticos, conforme mostra a Figura 4.

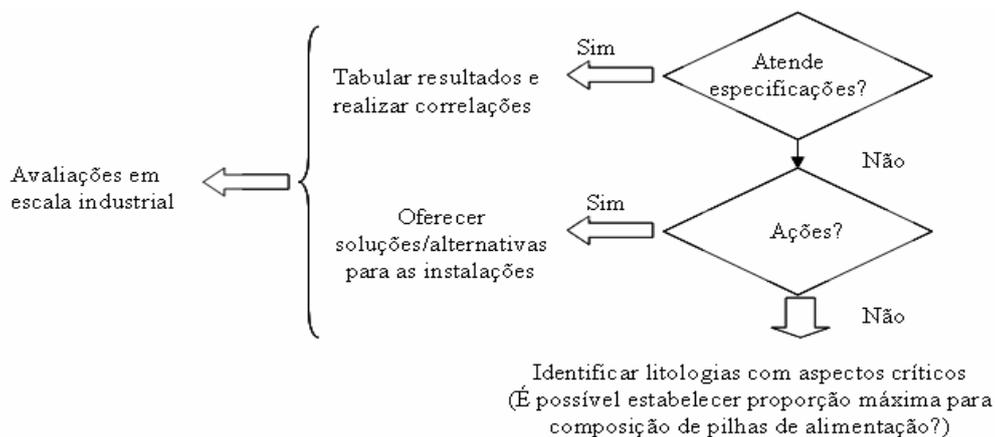


Figura 4- Avaliações em escala industrial

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após caracterização e aplicação dos testes em bancada as diferentes litologias foram classificadas segundo suas características geológicas, estruturais, mineralógicas e tecnológicas, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2- Resumo das características geológicas, mineralógicas, estruturais e tecnológicas das litologias

Litologia	Condicionantes geológicos	Gênese	Mineralogia	Granulado (%)	Sinter feed natural (%)	Rec. Conc. Magnética (%)	Lama (%)	Rec. Massa flotação (%)	Moabilidade (cm ² /g.wh)
1	Falhas rúpteis	Cenozóicos	Especularítico, martítico e goethítico	> 20%	> 30%	20 a 40%	> 10%	> 90%	1,5 a 2,5
2	Zona Bandada	Supergênico	Especularítico, martítico e goethítico	10 a 20%	< 20%	< 20%	5 a 10%	> 90%	> 2,5
3	Zona Bandada	Supergênico	Especularítico, martítico	< 10%	< 20%	20 a 40%	5 a 10%	< 50%	1,5 a 2,5
4	Zona Foliada / Zona Bandada	Supergênico e estrutural	Especularítico, goethítico	> 20%	> 20%	< 20%	< 1%	< 50%	> 2,5
5	Zona Bandada	Supergênico	Especularítico, martítico	< 10%	< 10%	> 40%	< 5%	50 a 90%	< 1,5
6	Zona Foliada / Zona Bandada	Supergênico e estrutural	Hematita granular	10 a 20%	10 a 20%	> 40%	< 5%	50 a 90%	> 2,5
7	Zona Bandada	Supergênico	Especularítico, martítico	10 a 20%	10 a 20%	> 40%	5 a 10%	> 90%	< 1,5
8	Zona Foliada / Zona Bandada	Supergênico e estrutural	Especularítico	10 a 20%	10 a 20%	20 a 40%	5 a 10%	> 90%	< 1,5
9	Zona foliada com intrusões	Estrutural e hidrotermal	Especularítico	10 a 20%	10 a 20%	20 a 40%	5 a 10%	> 90%	< 1,5
10	Zona falhada	Supergênico e estrutural	Especularítico, goethítico	> 20%	> 20%	20 a 40%	5 a 10%	< 50%	< 1,5
11	Zona bandada	Supergênico	Goethítico martítico	10 a 20%	10 a 20%	< 20%	> 20%	> 90%	> 2,5

Os resultados industriais de diferentes pilhas foram comparados com valores previstos com base nos testes tecnológicos das respectivas litologias. A Figura 5 abaixo mostra os teores de SiO₂ no “pellet feed” das pilhas de ROM de julho a novembro de 2006.

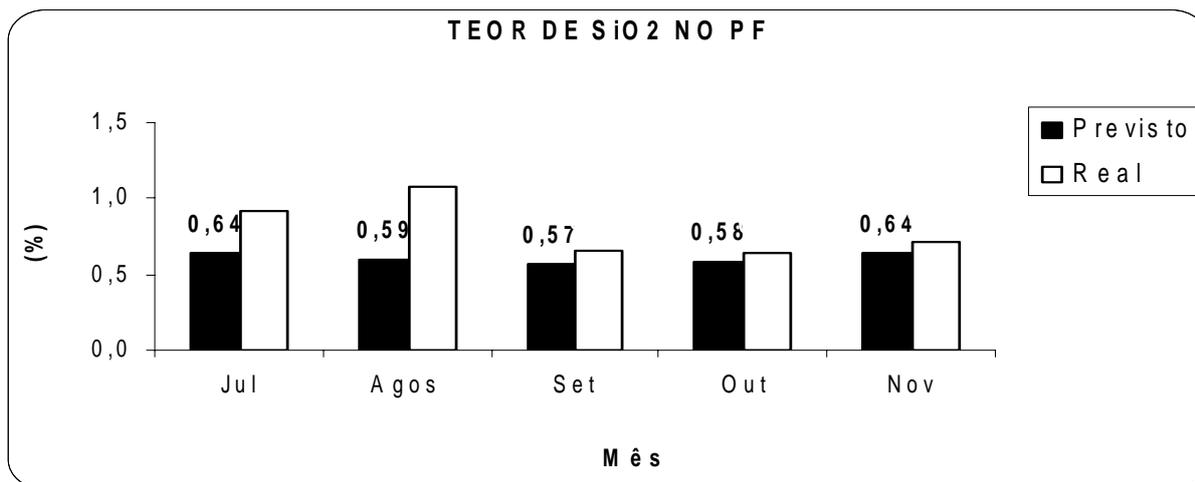


Figura 5- Valores previstos x realizados para teores de SiO₂ no “pellet feed”

Os testes em bancada indicaram a necessidade de restrição/minimização de algumas litologias no ROM, pois estas dificultam a obtenção de “pellet feed” redução direta (SiO₂<0,8%). Para as demais litologias, os resultados indicaram a possibilidade de obtenção deste produto desde que a deslamagem fosse realizada com ajuste de pH (para remoção de cobertura ferruginosa sobre as partículas de quartzo) além da devida adequação da dosagem de coletor.

Otimizações industriais das operações unitárias de deslamagem e flotação foram feitas, com base nos testes tecnológicos, a partir de julho de 2006, levando a um aumento no índice de acerto na produção de “pellet feed” redução direta, conforme mostra a Figura 6.

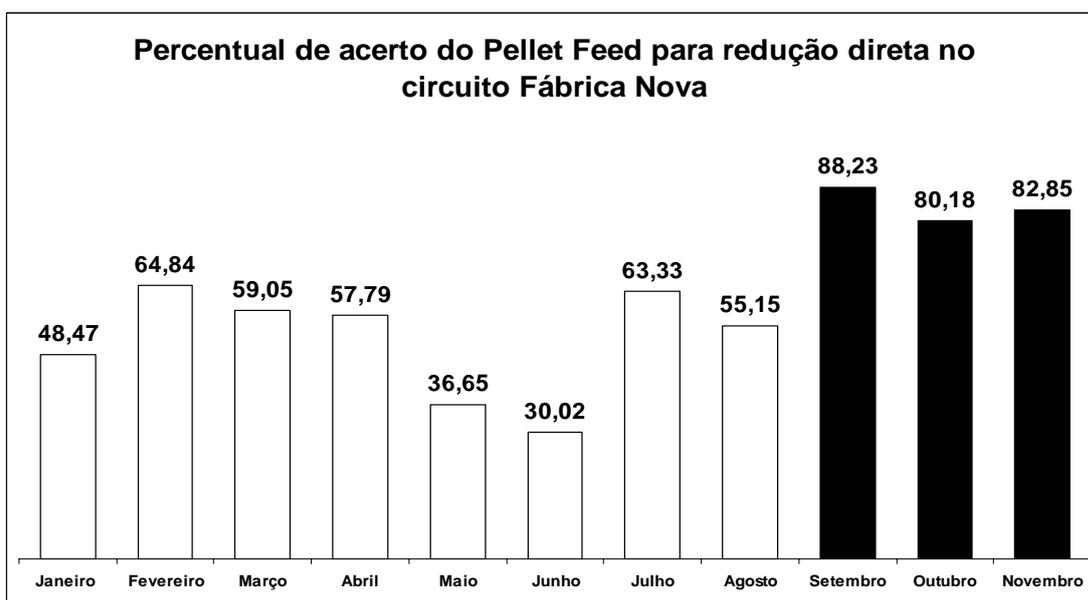


Figura 6- Índice de acerto na produção de “pellet feed” redução direta

As modificações realizadas possibilitaram ainda redução na dosagem de coletor e aumento na recuperação metálica da flotação, conforme ilustra a Figura 7.

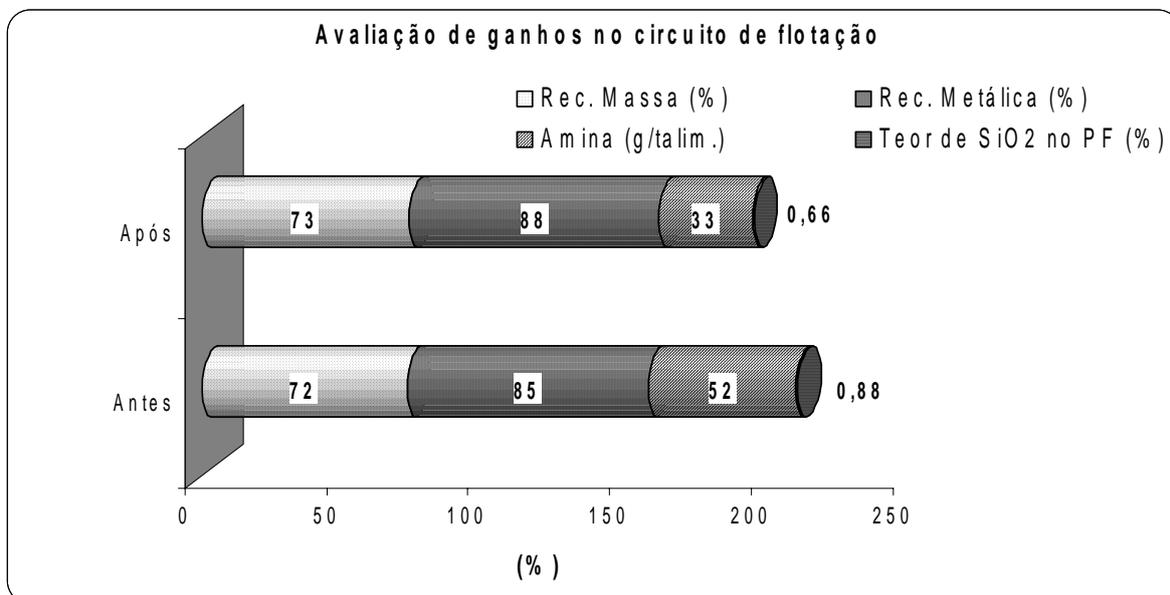


Figura 7- Evolução de parâmetros da flotação

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem o mapeamento dos dados adquiridos ao modelo tridimensional de blocos usado pelo planejamento de mina e seqüenciamento de acordo com as características mineralógicas e comportamentos tecnológicos das tipologias existentes;

O acompanhamento de pilhas industriais indica ser possível a previsibilidade dos processos existentes;

A aplicação da previsibilidade do processo de flotação, em andamento desde de julho/06, indicou os seguintes ganhos:

Aumento do índice de acerto na produção de PF redução direta;

Redução no teor de SiO₂ do PF de 0,88 para 0,66%;

Aumento na recuperação metálica de 85 para 88%;

Redução no consumo de amina de 52 para 33g/t_{alim.}

REFERÊNCIAS

- 1 WILLIAMS. S.R.; RICHARDSON. J.M. Geometallurgical Mapping: A New Approach That Reduces Technical Risk. Proceedings 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors. The Westin, January 20-20, 2004, Ottawa, Ontario, Canada.
- 2 VIEIRA. C.B.; ROSIÉRE, C.A.; SESHADRI, V.; ASSIS, P.S.; COELHO. L.H.; PENA. H.Q. Geometallurgical Approach For Quality Control Of Iron Ores For Agglomeration In Iron And Steel Industry. International Symposium On Beneficiation, Agglomeration And Environment – ISBAN 99, 20-22 January, 1999, Bhubaneswar.
- 3 GOLDRING, D.C. Iron Ore Categorisation for the iron ore and steel industry. Applied Earth (Trans. Inst. Min. Metall. B), April 2003, Vol. 112.
- 4 DOBBY, G.; KOSICK, G.; AMELUNXEN, R. A Focus on variability within the ore body for improved design of flotation plants. Canadian Mineral Processors Meeting, January, 2002, Ottawa, Canada.
- 5 ASHLEY, K.J.; CALLOW, M.I. Ore Variability: Exercises in Geometallurgy. Engineering & Mining Journal, February, 2000.