

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARTÍCULA NA FLOTAÇÃO DE DOLOMITA EM FUNÇÃO DO TIPO DE COLETOR

BALTAR, C.A.M.¹, MEDEIROS, A.R.S.²

¹Universidade Federal de Pernambuco. camb@ufpe.br

²Universidade Federal de Pernambuco. ailma.engminas@gmail.com

RESUMO

Estudou-se a influência do tamanho das partículas, na flotação de dolomita, em função do tipo de coletor. Os testes de flotação foram realizados em Tubo de Hallimond modificado, usando-se como coletor dodecilamina (adsorção física) ou oleato de sódio (adsorção química). Uma amostra de dolomita foi purificada, em separador magnético, e depois peneirada, resultando em quatro faixas granulométricas com D_{50} de 77, 61, 31 e 14 μm . Os resultados mostraram que a flotação com amina é mais sensível ao tamanho de partícula. A flotabilidade diminuiu substancialmente com o aumento da área superficial, passando de 82,6% (fração mais grossa) para 52% (fração mais fina). Ao contrário, a flotação com oleato manteve-se, praticamente, inalterada nessa faixa de variação de tamanho.

PALAVRAS-CHAVE: flotação de dolomita; flotação de finos; oleato de sódio; dodecilamina.

ABSTRACT

It was studied the influence of the particle size in the dolomite flotation in regard to collector type. The flotation experiments were carried out in a modified Hallimond Tube, using as collector dodecylamina (physical adsorption) and sodium oleate (chemical adsorption). A sample of dolomite was purified, in a magnetic separator equipment, and then sieved in order to generate four granulometric fractions, which presented D_{50} in 77, 61, 31 e 14 μm . The results showed that the amine flotation is more sensitive to particle size. The dolomite floatability was substantially reduced by the superficial area increment, falling from 82,6% (coarser fraction) to 52,0% (finer fraction). Unlike the floatability with oleate remained almost unaffected in this range of particle size variation.

KEYWORDS: dolomite flotation; fine particles flotation; dodecylamine; sodium oleate.

1. INTRODUÇÃO

Considera-se como “fina” a partícula cujo tamanho pequeno causa problema no processo. Esse tamanho varia de acordo com o sistema de flotação, porém, está sempre abaixo de 37 μm . As características inerentes às partículas finas (pequena massa, elevada área superficial e elevada energia superficial) resultam em maior dificuldade para a flotação, trazendo problemas diversos para o controle da operação (BALTAR, 2010): (1) menor probabilidade de colisão bolha-partícula; (2) maior consumo de reagentes; (3) maior arraste mecânico e (4) maior solubilidade dos minerais, só para citar as mais importantes.

A probabilidade de colisão bolha-partícula (P_c) foi relacionada ao diâmetro da partícula (D_p) e ao diâmetro da bolha (D_b), por Reay e Ratcliff (1973), através da relação:

$$P_c \propto (D_p/D_b)^2 \quad (1)$$

A probabilidade de colisão está diretamente relacionada com a velocidade de flotação, o que significa que as partículas finas são mais lentas (MIETTINEN, T. *et al.*, 2010).

Por sua vez, a necessidade de maior consumo de reagente resulta da maior área superficial característica dos finos. Como não é possível se aumentar, proporcionalmente, a concentração de reagente, a densidade de adsorção do coletor diminui progressivamente à medida que o tamanho da partícula diminui. A redução da densidade de adsorção do coletor pode afetar fortemente a probabilidade de adesão da partícula à bolha de ar, refletindo no valor da recuperação (no caso de flotação direta).

As partículas finas presentes na película de água, aprisionada na espuma, têm maior dificuldade para retornar à zona de polpa. Isso implica em maior arraste mecânico de partículas hidrofílicas, com reflexo no teor do concentrado (no caso de flotação direta).

Por fim, a maior superfície específica resulta no aumento da concentração de espécies iônicas dissolvidas na polpa, o que pode trazer sérios problemas para o controle do processo de flotação (RAO e FINCH, 1989; NANTHAKUMAR, *et al.*, 2009).

A prática mostra que esses problemas tornam-se mais perceptíveis quando se usa alguma amina como reagente coletor. A maior dificuldade das aminas pode estar relacionada ao fato de que a adsorção física por atração eletrostática é pouco seletiva. Por isso, alguns autores sugerem o uso de coletor que atue por adsorção específica (TRAHAR, 1981). No processo de flotação reversa para minério de ferro, por exemplo, é feita uma deslamagem antecedendo a flotação do quartzo com amina (ARAÚJO *et al.*, 2005; TOTOU, *et al.* 2011).

A dolomita pode flotar com uma amina, em pH acima do seu ponto isoelétrico (adsorção física), e também com oleato (adsorção química), por meio da formação de um composto químico, com o cálcio ou o magnésio, na superfície do mineral (BALTAR, 2010).

O trabalho apresenta resultados de um estudo para dissertação de mestrado, ainda em andamento, que pretende contribuir para um melhor entendimento da razão que determina a maior sensibilidade das aminas, com relação aos finos, quando comparado com outros tipos tradicionais de coletor.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Material

2.1.1. Amostra

Usou-se uma amostra de dolomita, de elevada pureza, proveniente do município de Pedra Lavrada (Paraíba).

2.1.2. Equipamentos

Para a fragmentação da amostra foram usados britadores de mandíbula e de rolos, além de um moinho com bolas de porcelana; a purificação da amostra foi feita em separador magnético de rolo induzido da EQUIMAG; os testes de flotação foram realizados em Tubo de Hallimond modificado com as dimensões apresentadas na Figura 1; para a identificação da amostra usou-se um difratômetro de raios-X da marca Bruker, modelo D2 PHASER. A análise da distribuição granulométrica foi feita em granulômetro a laser, marca MALVERN, modelo Mastersizer 2000.

2.1.3. Reagentes

Usou-se uma dodecilamina (DDA) fornecida pela SIGMA-ALDRICH; um oleato de sódio produzido a partir de ácido oleico e hidróxido de sódio, ambos fabricados pela QUIMIBRAS e um metilisobutilcarbinol (MIBC) comercial fornecido pela FLOMIN.

2.2. Metodologia

2.2.1. Preparação da Amostra

A amostra foi toda fragmentada a uma granulometria abaixo de 200 malhas. Em seguida, foi separada em quatro faixas granulométricas: 200x270 ($53 \times 74 \mu\text{m}$), 270x325 ($44 \times 53 \mu\text{m}$), 325x400 ($37 \times 44 \mu\text{m}$) e -400 malhas ($37 \mu\text{m}$). Em seguida foram determinadas a distribuição granulométrica, tamanho médio e área superficial, de cada fração.

2.2.2. Purificação da Amostra

A amostra fragmentada foi passada em separador magnético de rolo induzido para a remoção de contaminantes magnéticos. A quantidade de material magnético removido foi insignificante.

2.2.3. Identificação dos Constituintes Mineralógicos

A análise por DRX foi realizada com o equipamento operando com uma voltagem de 30 kV e corrente de 10 mA, com irradiação de $\text{Cu-K}\alpha_1 = 1.54060 \text{ \AA}$, usando-se o detector Bruker-Lynxeye. A faixa para leitura foi de 2θ : $4-70^\circ$; passo: $0,0202^\circ/\text{s}$; tempo de contagem por passo: 1 s; fenda na saída dos raios x: 0,2 mm.

2.2.4. Testes de Flotação

Os ensaios de microflotação foram realizados em tubo de Hallimond modificado (Figura 1), alimentado com uma vazão de nitrogênio de 80 mL/min. Usou-se 2 gramas de dolomita. O ajuste do pH foi feito com hidróxido de sódio (NaOH). Como coletor usou-se uma dodecilamina (DDA) ou um oleato de sódio, mantendo-se para ambos a concentração de 10^{-3}M . O tempo de

condicionamento foi de 1 minuto para a DDA e de 5 minutos para o oleato de sódio, enquanto o tempo de flotação foi de 2 minutos. Os testes foram feitos em duplicata. Após a flotação, os produtos foram filtrados, secados e pesados.

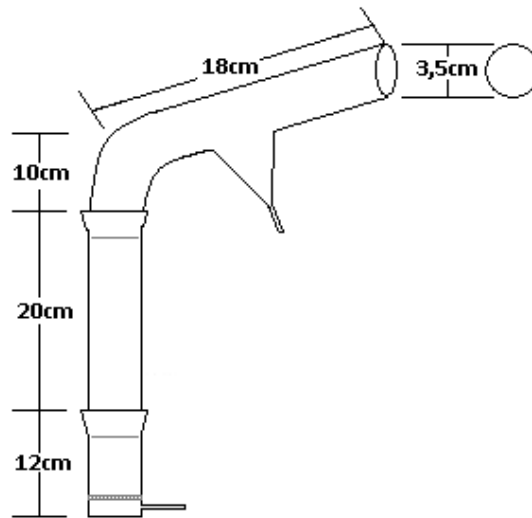


Figura 1. Ilustração com as dimensões do Tubo de Hallimond modificado usado nos testes de flotação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Distribuição Granulométrica da Amostra

A Tabela I apresenta características granulométricas das quatro amostras resultantes do peneiramento da dolomita.

Tabela I. Características granulométricas das amostras de dolomita.

AMOSTRA	FAIXA GRANULOMÉTRICA (MALHAS)	D ₅₀ (μm)	ÁREA SUPERFICIAL (m ² /g)
1	200x270	77	0,08
2	270x325	61	0,10
3	325x400	31	0,47
4	-400	14	1,12

A fração mais fina (- 400 malhas) tem um D₅₀ de 14 μm e uma área superficial de 1,12 m²/g. Isso significa que essa fração tem uma área superficial 14 vezes maior do que a área superficial da fração mais grossa (200x270 malhas), que tem um D₅₀ de 77 μm. Figura 2 mostra a distribuição granulométrica da amostra abaixo de 400 malhas.

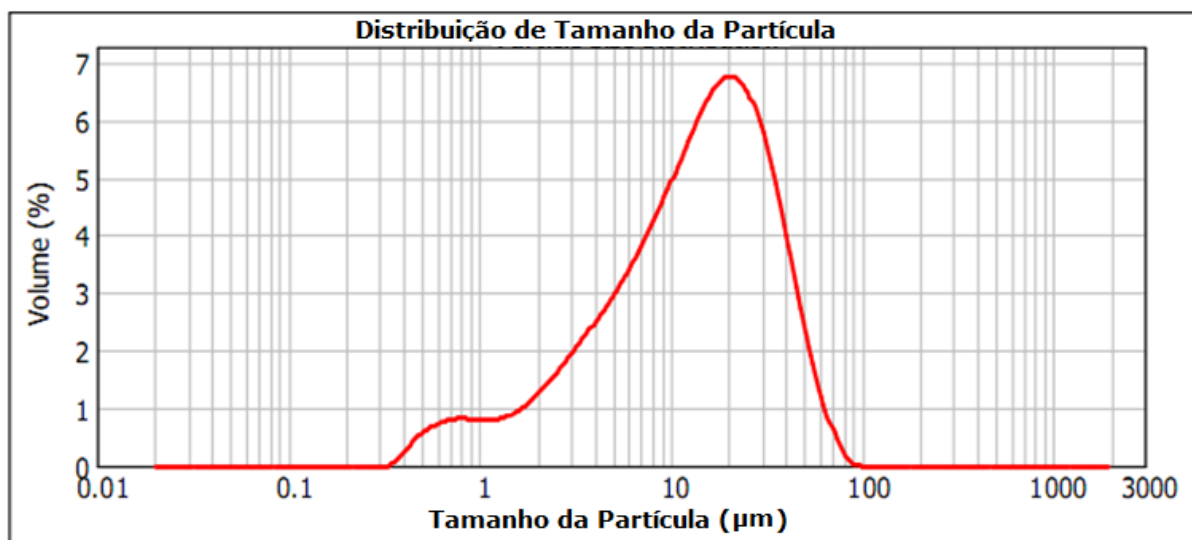


Figura 2. Distribuição de tamanho das partículas de dolomita na fração mais fina (abaixo de 400 malhas).

3.2. Identificação da amostra

A Figura 3 mostra o resultado da análise por difração de raios X (DRX) para identificação dos constituintes mineralógicos da amostra. O resultado comprovou o elevado grau de pureza da amostra de dolomita usada nos testes de flotação.

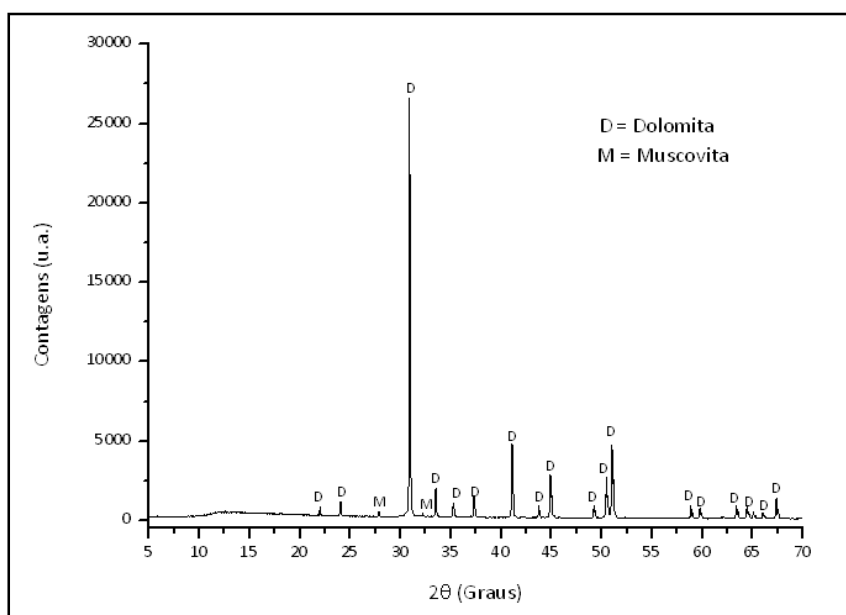


Figura 3. Espectro de difração de raios X para a amostra de dolomita.

3.3. Flotação

Os principais resultados obtidos nos testes de flotação são apresentados nas Figuras 3 a 6. A Figura 3-A mostra a influência do tamanho da partícula, na flotação da dolomita, com dodecilamina (adsorção física) e com oleato de sódio (adsorção química) e apresenta uma estimativa da contribuição do arraste mecânico. A estimativa foi feita com base na “flotabilidade” da dolomita na ausência de coletor, mas com a adição de metilisobutilcarbinol (MIBC) para gerar espuma.

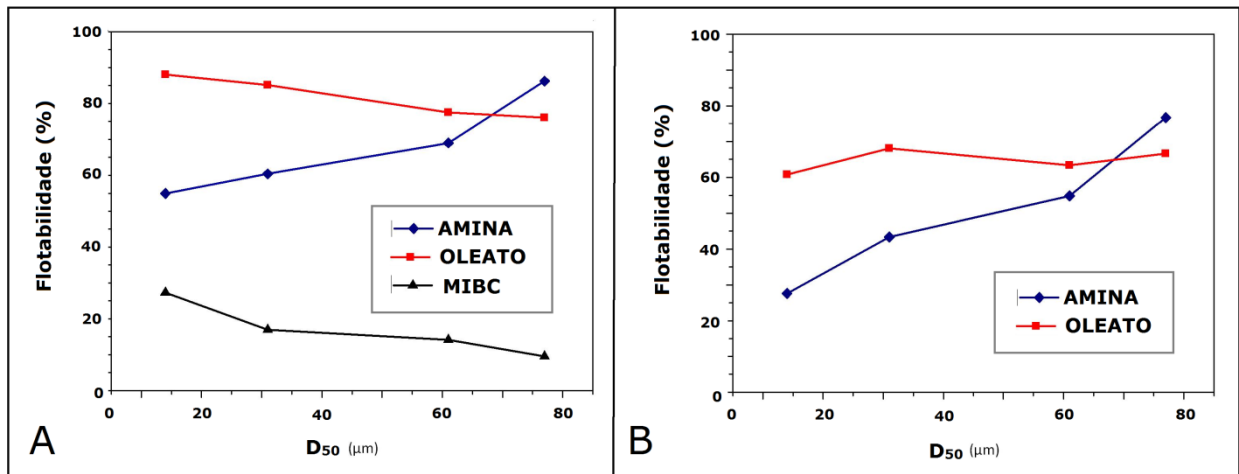


Figura 4. Influência do tamanho das partículas na flotação total (A) e na flotação verdadeira (B) da dolomita, em pH 9, em função do tipo de coletor ($10^{-3}M$).

Os resultados, mostrados na Figura 3-A, indicam que a flotação com DDA (adsorção física) é mais dependente do tamanho das partículas, quando comparada com a flotação com oleato (adsorção química). A flotabilidade da dolomita com DDA aumenta com o D_{50} da amostra, passando de 52,6% para 82,6% quando o D_{50} aumenta de 14 μm para 77 μm . Na contramão, a flotabilidade da dolomita com oleato foi maior na amostra mais fina (88,0%) caindo para 76,1% na amostra mais grossa. O resultado é atribuído à participação do arraste mecânico (mais intenso na presença de finos). Observa-se que a curva de flotabilidade com oleato tem um aspecto parecido com a curva que representa a flotabilidade sem coletor, sugerindo uma maior participação do arraste na flotação com esse tipo de coletor, conhecido por sua propriedade espumante.

Para eliminar o efeito do arraste mecânico, plotou-se a flotabilidade verdadeira (“*true flotation*”) da dolomita em função do tamanho da partícula (Figura 3-B). A flotabilidade verdadeira foi estimada subtraindo-se, da massa total removida na espuma, a massa flotada sem coletor (atribuída ao arraste mecânico). Esse procedimento evidenciou a relação entre o tipo de coletor e o tamanho das partículas: (1) A flotação com amina é fortemente dependente do tamanho da partícula, sendo insignificante na fração abaixo de 400 malhas e (2) A amostra mais fina (-400 malhas) tem uma área superficial 14 vezes maior do que a da amostra mais grossa (200x270 malhas). Como a concentração do reagente foi mantida constante, obviamente, a densidade de adsorção do coletor é significativamente menor na amostra fina. Esse fato, curiosamente, não afetou a flotabilidade da dolomita com oleato, a qual se manteve praticamente constante para qualquer valor do D_{50} .

As Figuras 5 e 6 mostram a influência de tamanho das partículas na velocidade de flotação da dolomita. Independentemente do tipo de coletor, a flotação das partículas da faixa mais finas foi sempre mais lenta, o que está de acordo com os resultados obtidos por Jameson (2012) para essa faixa de variação de tamanho entre 14 e 77 μm . Isso se deve à menor probabilidade de colisão das partículas com as bolhas de ar. Na Figura 5 observa-se que as partículas mais grossas ($D_{50}=77 \mu m$) atingem a flotabilidade máxima em apenas 60 segundos. A maior flotabilidade dos finos ($D_{50}=14 \mu m$), após 90 segundos de flotação, pode ser atribuída ao arraste mecânico mais intenso nessa faixa de tamanho. Os resultados mostrados, na Figura 6, confirmam a maior dependência da amina com relação ao tamanho das partículas e a dificuldade para a flotação dos finos com esse tipo de coletor.

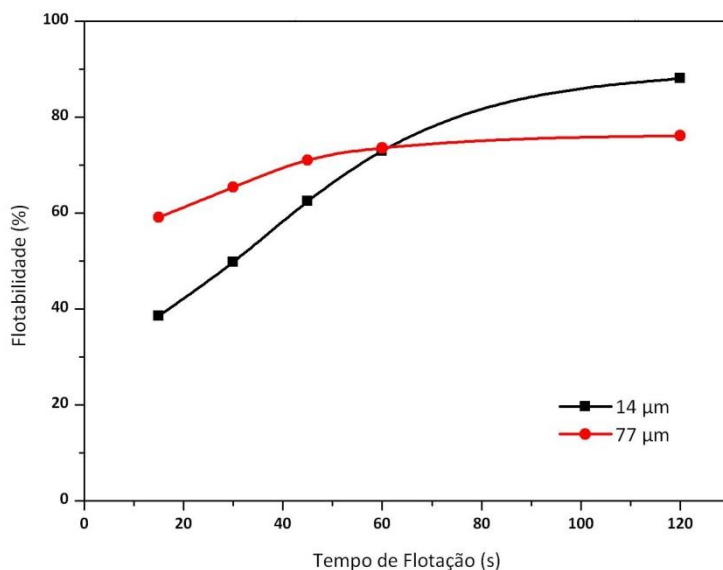


Figura 5. Influência do tamanho da partícula na flotação com oleato de sódio ($10^{-3}M$) em pH 9.

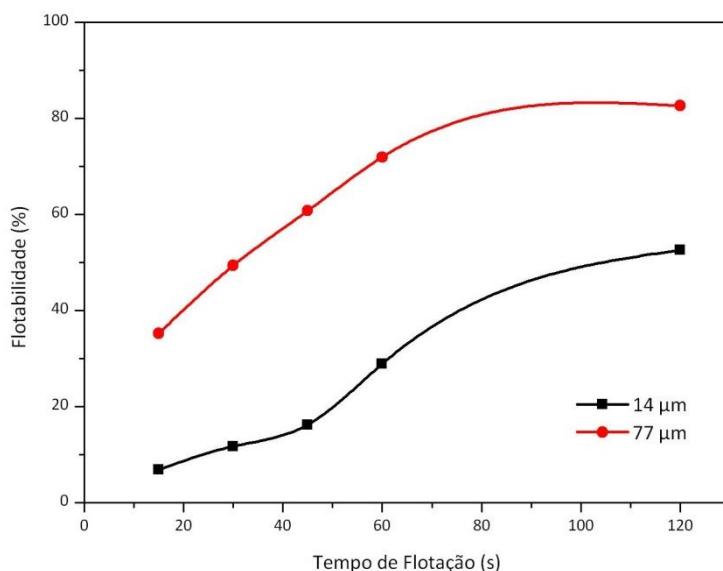


Figura 6. Influência do tamanho da partícula na velocidade de flotação com DDA ($10^{-3}M$) em pH 9.

4. CONCLUSÕES

Estudou-se a influência do tamanho da partícula na flotação com amina e com oleato de sódio, usando-se uma amostra de dolomita com elevado grau de pureza. Os resultados mostraram que:

- A flotação com DDA é mais sensível à influência do tamanho das partículas, não sendo eficiente para a faixa mais fina ($D_{50} = 14 \mu m$);
- Com o oleato de sódio a variação de tamanho das partículas não afetou de forma significativa a flotabilidade da dolomita. Ao contrário do esperado, a massa flotada no teste com a fração mais fina é 15% maior do que a que foi obtida no teste com a fração 200x270 malhas. A diferença é atribuída ao arraste mecânico mais intenso na flotação da amostra mais fina (D_{50} de $14 \mu m$);
- Independentemente do tipo de coletor, a velocidade de flotação sempre aumenta com o tamanho das partículas, dentro da faixa granulométrica estudada, o que é atribuído à maior probabilidade de colisão bolha-partícula.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado à autora Ailma Madeiros, a Marcelo Gomes pelo apoio na preparação da amostra e a Alan Tino pela análise por DRX.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.C., VIANA, P.R.M., PERES, A.E.C. Reagents in iron ores flotation. *Minerals Engineering*, 18, 219-224, 2005.

BALTAR, C.A.M. *Flotação no Tratamento de Minérios*, 2ª Edição, Editora Universitária da UFPE, Recife, 238 p., 2010.

JAMESON, G.J. The effect of surface liberation and particle size on flotation rate constants. *Minerals Engineering*, 36-38, 132-137, 2012.

MIETTINEN, T., RALSTON, J., FORNASIERO, D. The limits of fine particle flotation. *Minerals Engineering*, 23, 420-437, 2010.

NANTHAKUMAR, B., GRIMM, D., PAWLIK, M. Anionic flotation of high-iron phosphate ores – Control of process water chemistry and depression of iron minerals by starch and guar gum. *International Journal of Mineral Processing*, 92, 49-57, 2009.

RAO, S.R., FINCH, J.A. A review of water re-use in flotation. *Minerals Engineering*, 2 (1), 65-85, 1989.

REAY, D., RATCLIFF, G.A. Removal of fine particles from water by dispersed air flotation: Effects of bubble size and particle size on collector efficiency. *Canadian Journal Chemistry Engineering*, 51 (2), 178-185, 1973.

THARAR, W.J. A rational interpretation of the role of particle size in flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 8, 289-327, 1981.

TOTOU, A.R., PEREIRA, C.A., MACHADO, P.G.F., BALTAR, C.A.M. Efeito da dispersão em polpas de minérios itabiríticos. *REM*, 64(2), 227-232, 2011.