

RECUPERAÇÃO DE SULFETOS DE NÍQUEL DE UM REJEITO POR MEIO DE FLOTAÇÃO EM COLUNA

VINÍCIUS DIMETRE FERNANDES SALOMÃO

Aluno de Graduação de Engenharia Metalúrgica, 9º período, UFRJ

Período PIBIC/CETEM: agosto de 2012 a agosto de 2013, vdimetre@cetem.gov.br

SÍLVIA CRISTINA ALVES FRANÇA

Orientadora, Eng^a. Química, D.Sc.

sfranca@cetem.gov.br

HUDSON JEAN BIANQUINI COUTO

Coorientador, Eng. Químico, D.Sc.

hcouto@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Com a escassez de reservas minerais e a crescente conscientização de proteção ambiental, cresce a necessidade de aproveitar ao máximo os recursos minerais, isso implica no processamento de minérios com teores cada vez menores e reaproveitamento de rejeitos.

A flotação é uma técnica amplamente empregada na indústria metalúrgica, historicamente utilizada na recuperação de sulfetos, especialmente com o emprego dos xantatos. Entre as técnicas de concentração industrialmente utilizadas, é o processo físico de concentração mineral com maior tolerância a finos (BALTAR, 2008). Além disso, é possível a separação de minerais com densidade e granulometria bastante semelhantes.

Em conhecimento dessas e outras características, reconhece-se a flotação, e particularmente a flotação em coluna, como uma opção tecnológica para a concentração de minérios de baixo teor, especialmente de sulfetos minerais (Ni, Cu, Co, Fe).

2. OBJETIVOS

Avaliar a eficiência da flotação em coluna na recuperação de sulfetos de níquel contidos em um rejeito de baixo teor do metal, além de processá-lo pensando no processo pirometalúrgico subsequente de produção do *matte* de níquel. Foi traçado como meta teores de concentrado contendo Ni > 2,0% e Mg < 9%.

3. METODOLOGIA

O procedimento experimental se deu conforme o fluxograma apresentado na Figura 1, onde as operações tracejadas foram utilizadas em apenas alguns ensaios.

3.1 Análise Granulométrica

A análise de distribuição granulométrica da amostra foi realizada por peneiramento a úmido utilizando uma série de peneiras *Tyler*, com aberturas variando de 20 a 600 µm.

3.2 Moagem e Classificação

A moagem foi realizada em um moinho Denver D24, utilizando barras de aço como corpo moedor. A utilização de barras visou à geração da menor quantidade possível de finos para não prejudicar o processo de flotação. Foi utilizada para classificação uma peneira vibratória com tela de abertura de 150 µm, de forma que a fração retida na peneira era realimentada, continuamente, no moinho em circuito fechado.

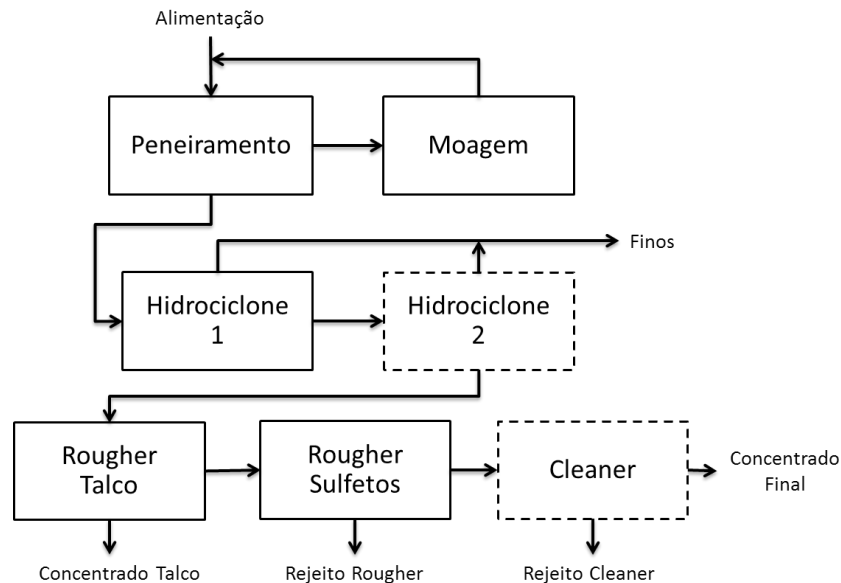


Figura 1. Diagrama do circuito de beneficiamento

3.3 Deslamagem

O material classificado foi submetido a deslamagem, para remoção das partículas muito finas (- 20 μm) que prejudicam a flotação. Foram utilizados hidrociclones da AKW, com 1,5" e 2" de diâmetro da parte cilíndrica e pressão de alimentação de polpa de 100 kPa.

3.4 Análise Química

As amostras foram quarteadas para retirada de alíquotas de 20 g, as quais foram enviadas para análise química para determinação de teores dos seguintes elementos: Ni, Cu, Co, Fe, Mg, Mn, S, Ca e Si, pelas técnicas de fluorescência de raios-X e espectrometria de absorção atômica.

3.5 Ensaios de flotação em coluna

Os ensaios de flotação foram realizados nas colunas de flotação da unidade piloto do CETEM, de 6" de diâmetro e 6 m de altura (volume total de 110 L) com sistema de dispersão do ar via dispersor poroso e controladores PID de nível. Os experimentos na coluna de flotação foram realizados com condições operacionais recomendadas na literatura (Aquino *et al.*, 2004; Finch e Dobby, 1990) e pelo fabricante das colunas (*Canadian Process Technologies Inc*), com diversas condições de alimentação.

As condições operacionais utilizadas são apresentadas a seguir:

- Tempo de residência médio: 15 min;
- Vazão da alimentação de 5,5 L/min;
- Vazão da água de lavagem (AL): 1,0/2,0 L/min (0,1/0,2 cm/s);
- Vazão de rejeito variável, ajustada pelo controlador PID de nível;
- Bias: 0,10 cm/s;
- Vazão de ar: 5,3/10,6/15,9 L/min, (0,5/1,0/1,5 cm/s);
- Altura da camada de espuma: 50/60 cm.

Sistema de reagentes:

- Coletores: Amil xantato de potássio (AXK) da Flomin[®]; Mercaptobenzotiazol da Nord Chemie[®];

- Depressor: Carboximetil celulose (CMC) da Flomin[®];
- Ativador: Sulfato de cobre (CuSO₄) de VETEC[®];
- Espumantes: Metil Isobutil Carbinol (MIBC) e Flotanol D25 da Clariant[®];
- Reguladores de pH: solução de H₂SO₄ (20% m/v) e de NaOH (10% m/v)

As condições que implicaram nos resultados mais significativos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições empregadas nos ensaios de flotação do rejeito de Ni

Ensaio	% sol.	Rougher Talco (Esp./Dispers.)	Depressor	Ativador	Coletor	Espumante	Ar (cm/s)	AL (cm/s)
E9	21,5	Flotanol (50 g/t) Silicato (200 g/t)	CMC (500 g/t)	-	AXK/Mercapto (50/50 g/t)	Flotanol (25 g/t)	1,0	0,1
E10	25,2	Flotanol (50 g/t) Silicato (200 g/t)	CMC (500 g/t)	-	AXK/Mercapto (50/50 g/t)	Flotanol (25 g/t)	0,5	0,1
E11	23,9	Flotanol (50 g/t) Silicato (200 g/t)	CMC (500 g/t)	-	AXK/Mercapto (50/50 g/t)	Flotanol (25 g/t)	1,0	0,2
E12	23,5	Flotanol (50 g/t) Silicato (200 g/t)	CMC (500 g/t)	CuSO ₄ (50 g/t)	AXK/Mercapto (50/50 g/t)	Flotanol (25 g/t)	1,0	0,2

Os parâmetros adotados para avaliação de eficiência foram, recuperação metalúrgica de níquel no concentrado (RM), Equação 1, e os teores de níquel (%Ni) obtidos por análise química.

$$RM(\%) = \left(\frac{\%Ni_{conc} \cdot m_{conc}}{\%Ni_{alim} \cdot m_{alim}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra de rejeito é constituída essencialmente por silicatos e óxidos de ferro e magnésio, possuindo cerca de 0,32% de níquel, proveniente, quase que exclusivamente, da pentlandita (FeNi)₉S₈, contida. Na Tabela 2 são apresentados os resultados de análise química da amostra.

Tabela 2 – Análise química do rejeito (principais elementos)

Teores (% mássica)							
Ni	Cu	Co	Fe	MgO	S	Ca	SiO ₂
0,32	0,02	0,01	21,7	11,1	5,5	4,7	32,8

É importante observar que o teor de magnésio elevado é devido à presença do talco, que é um mineral deletério no processo metalúrgico subsequente, que utilizará o concentrado de níquel para a produção do *matte*. Dessa forma, o beneficiamento deverá focar o aumento no teor de Ni e redução de MgO (< 9%).

Por se tratar de um rejeito, grande parte das partículas de pentlandita ainda encontrava-se na forma mista, daí a necessidade de moagem da amostra antes da concentração por flotação. A análise de liberação mineralógica do produto da moagem indicou um P₉₀ em 150 µm.

Como forma de remover o MgO, foi realizada uma etapa de flotação *rougher*. O talco, naturalmente hidrofóbico, adere às bolhas de ar e é separado no topo da coluna de flotação, enquanto a pentlandita continua preferencialmente em direção ao fundo. A primeira etapa de flotação reduziu os teores de Mg para faixa 8~10%. Ao final da segunda etapa esse teor ficou entre 7~9%, o que está dentro dos parâmetros necessários à pirometalúrgia do concentrado.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para as flotações de sulfetos, a taxa de enriquecimento (τ), a recuperação metalúrgica global (RM-G) e por etapa (RM-E).

Tabela 3. Teores de Ni médios para cada etapa realizada, recuperação metalúrgica global e razão de enriquecimento.

Ensaio	Talco				Rougher			RM-G(%)	τ
	Alim.	Rej.	Conc.	RM-E(%)	Rej.	Conc.	RM-E(%)		
9	0,31	0,23	0,5	15,6	0,1	1,40	43,6	25,0	4,5
10	0,31	0,16	0,30	24,65	0,16	1,52	58,2	26,8	4,9
11	0,31	0,23	0,4	29,73	0,13	2,41	26,9	12,1	7,8
12	0,31	0,27	0,53	33,4	0,12	1,72	34,8	19,6	5,5

A flotação em coluna se mostrou eficiente como técnica de recuperação de sulfetos de níquel, atingindo boas taxas de enriquecimento e boas recuperações metalúrgicas para esta etapa. Porém, recuperações metalúrgicas globais relativamente baixas foram obtidas para todos os ensaios. Isso porque parte considerável do níquel contido no rejeito estava presente na fração mais fina do material (-20 μm) e foi perdida na etapa de deslamagem em hidrociclones.

O melhor resultado de concentração de Ni foi atingido no ensaio 11 (2,41% Ni), que também manteve os níveis de MgO dentro dos estabelecidos. Como esperado, este ensaio apresentou também a menor recuperação metalúrgica dentre os apresentados e sua aplicação industrial depende de estudos conjuntos de viabilidade econômica.

5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica – BIC, e principalmente aos meus orientadores Silvia França e Hudson Couto, além dos profissionais do CETEM.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, J. A., Oliveira, M. L. M., Fernandes, M. D., Flotação em coluna. In: **Tratamento de Minérios** (Luz, A. B., Sampaio, J. A., Almeida, S. L. M., Editores), CETEM/MCT, 4a Edição, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

BALTAR, C.A.M. **Flotação no Tratamento de Minérios**. 1.ed., Recife, BRASIL: Departamento de Engenharia de Minas/UFPE, 2008. 201p.

CHAVES, A.P.; FILHO, L.S.L.F.; BRAGA, P.F.A. Flotação. In: LUZ, A.B; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A. (Eds). **Tratamento de Minérios**. 5 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2010, p.465-512.

FINCH, J. A., DOBBY G. S., Column Flotation, **Pergamon Press**, 1^a edição, 1990.

NUNES, D. G., FRANÇA, S. C. A., COUTO, H. J. B., Aplicação da flotação em coluna na recuperação de finos da indústria mineral In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CETEM, 2010, Rio de Janeiro. **Anais do XVII Jornada de Iniciação Científica do CETEM**.