



FLOTAÇÃO FRACIONADA: AUMENTO DO RENDIMENTO DA FLOTAÇÃO ATRAVÉS DA DIVISÃO DA ALIMENTAÇÃO EM DUAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS*

Marcello Rodrigues Cruz¹
Antonio Eduardo Clark Peres²

Resumo

O presente estudo objetivou avaliar as diferenças no processo de flotação entre as frações -0,150 +0,038 mm e -0,038 mm, bem como a redução de custo no processo de flotação. Verificou-se que as frações apresentam resultados bem distintos em recuperação mássica, recuperação metalúrgica, seletividade, razão de enriquecimento e teor de sílica no concentrado, condições ideais de adição de reagentes e qualidade final de concentrado e rejeito entre as frações e também se comparada a ao experimento controle, composto com a mesma amostra sem ser fracionada. Através dos testes executados segundo o planejamento fatorial, foram estabelecidos os pares de variáveis ótimas para a flotação para cada fração distinta e as possíveis otimizações utilizando-se a ferramenta estatística. Os resultados obtidos dos testes de bancada apontaram que a amostra composta e as frações separadas apresentam comportamentos distintos quanto às variações dos fatores dosagem de amina, dosagem de amido e pH de flotação e que os resultados do processo melhoram significativamente em relação ao processo sem o tratamento fracionado.

Palavras-chave: Flotação; Flotação fracionada; Planejamento fatorial.

FLOTATION IN TWO SIZE RANGES: INCREASING THE YIELD OF FLOTATION Abstract

The investigation aimed at evaluating the flotation performances of the size fractions -0,150 +0,038 mm and -0,038 mm, as well as the possibility of costs reduction in the flotation process. The fractions yielded distinct results concerning mass recovery, metallurgical recovery, selectivity index, enrichment ratio, and silica content in the concentrate. The best conditions of reagents addition and the quality of concentrate and tailings were also different in the case of each size fraction and the overall feed sample comprising both size ranges. The experiments were planned with the use of the factorial design method. Optimized variable pairs and possible optimizations were established with the aid of the statistical tool. The achieved results in laboratory scale experiments pointed to different performances of the overall and splitted samples regarding the factors amine dosage, starch dosage, and flotation pH. Splitting the feed in two size ranges, significantly improved the flotation performance.

Keywords: Flotation, Fractioned flotation; Factorial design.

¹ Engenheiro de Minas, Metso Minerals; marcello.cruz@metso.com

² Professor Doutor, curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil; aecperes@demet.ufmg.br

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



1 INTRODUÇÃO

A utilização da ferramenta estatística como o planejamento fatorial é primordial para entendermos ainda que empiricamente todos os fenômenos físicos e químicos relativos ao processo de flotação.

Os resultados quando comparados, comprovam as diferenças de cada fração em relação às melhores condições nas quais a alimentação deve ser submetida, e com isso demonstra que estas condições são completamente distintas para as frações grossa e fina.

Partículas finas e ultrafinas estão normalmente presentes nos diversos litotipos de minérios. Os processos de flotação estão sendo cada vez mais estudados com o objetivo de aprimorar o processo no que diz respeito à recuperação metálica ou mássica, à melhor qualidade do concentrado final, ao menor teor de ferro no rejeito final e à redução do consumo específico de reagentes.

2 OBJETIVO

Pretendeu-se avaliar a interferência, causada no processo de flotação catiônica reversa de minério de ferro, de partículas finas contidas na polpa a ser flotada e também investigar se separando a alimentação em termos granulométricos, pode-se obter um melhor rendimento da flotação.

3 METODOLOGIA

Utilizou-se no estudo um conjunto de três alíquotas retiradas de uma mesma amostra da alimentação do o circuito de flotação da usina de Vargem Grande. A primeira alíquota representa amostra composta, a segunda a fração granulométrica -100# +400# e, a terceira, a fração -400#. O planejamento fatorial considerou oito porções de cada uma destas alíquotas descritas.

Os incrementos foram coletadas usando amostradores de mangote na alimentação do espessador de regularização, que por sua vez, alimenta a flotação. Em seguida, a amostra foi homogeneizada- e quarteada-. Foi tirada a primeira alíquota da amostra, denominada 'amostra composta'; posteriormente o restante do material foi peneirado em 400#, homogeneizado e quarteado de maneira a obter porções de aproximadamente 1 kg para todos os três tipos de material. Portanto os estudos foram realizados em três amostras sendo elas: amostra composta, amostra >400# e amostra <400#.

A flotação foi feita em célula de bancada Denver a 1300 rpm. A porcentagem de sólidos de condicionamento do amido foi de 60% e da flotação foi de 40%. O tempo de condicionamento do amido foi 5 minutos e da amina 1 minuto. Foram utilizados como reguladores de pH soluções de HCl e NaOH.

O planejamento dos testes de flotação, para cada alíquota, está apresentado na Tabela 1 e figura 1.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



Tabela 1 – Níveis dos fatores dos testes de flotação

Amina (g/t)	Amido (g/t)	pH
30	500	9,5
30	500	10,8
30	1200	9,5
30	1200	10,8
60	500	9,5
60	500	10,8
60	1200	9,5
60	1200	10,8

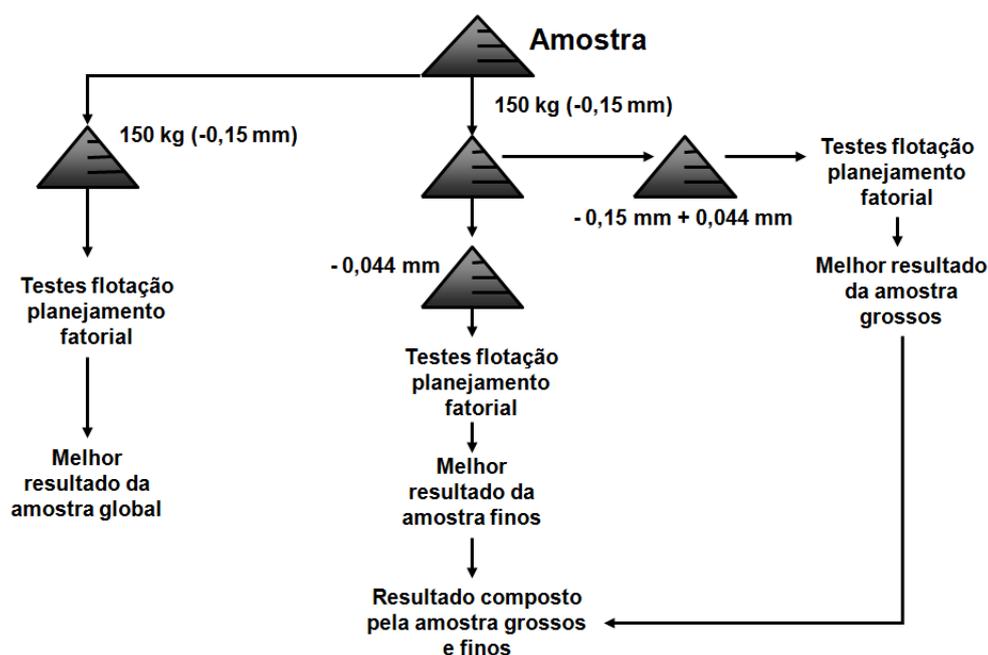


Figura 1 – Fluxograma da composição da mostra e das duas alíquotas e a comparação entre elas.

O planejamento do experimento foi realizado usando-se o *software* estatístico Statgraphics Plus versão 3.0. As variáveis respostas foram: Teor de sílica no concentrado final, Recuperação metálica de ferro, Índice de seletividade e Razão de enriquecimento de ferro no concentrado.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, para cada alíquota, detectou-se, os dois fatores que apresentaram efeito mais significativo na variável resposta (no caso, o teor de SiO₂ no concentrado), através da análise de gráficos como o representado na Figura 2. A inclinação da reta é diretamente proporcional à magnitude do efeito causado pelo fator.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



Main Effects Plot for SiO₂ Conc

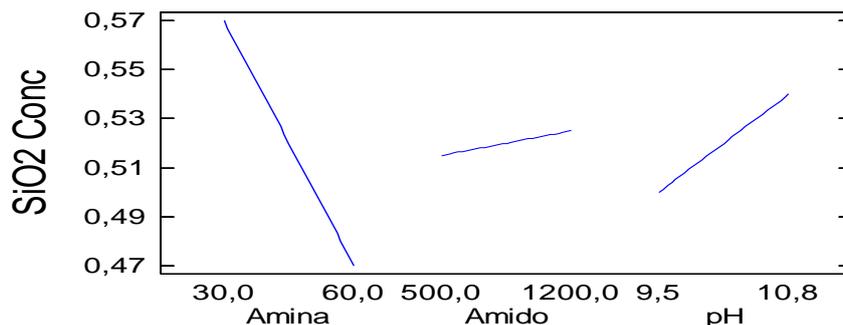


Figura 2 – Efeitos principais sobre o teor de SiO₂ para Alíquota –400#

Em seguida, fez-se a análise do comportamento do teor de SiO₂ no concentrado em função dos fatores obtidos anteriormente, através das curvas de contorno das superfícies de resposta, como exemplificado na Figura 3.

Contours of Estimated Response Surface

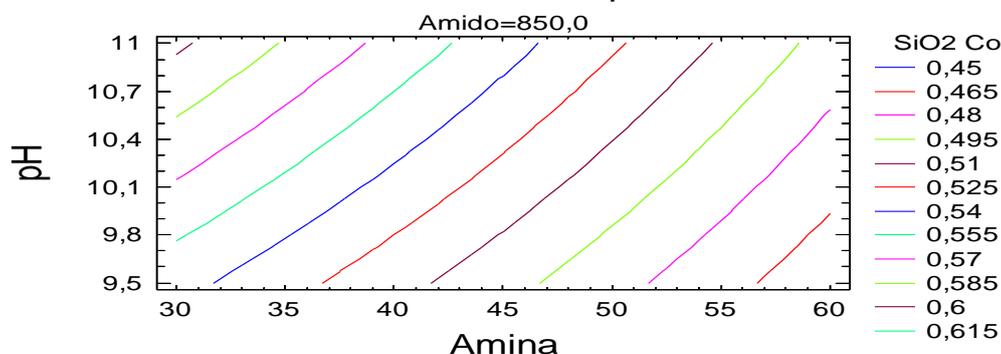


Figura 3 – Gráfico do teor de SiO₂ no concentrado em função da amina e do pH para a alíquota composta

Estas análises foram feitas para a alíquota composta e para as frações –100# +400# e -400#, conforme representado na Tabela 2.

Tabela 2 – Comportamento das amostras observados nos teste de flotação

	Amostra composta				Fração (-100# +400#)				Fração (-400#)			
	SiO ₂ Conc.	Rec. Met.	Ind. Seletiv.	Razão Enriq.	SiO ₂ Conc.	Rec. Met.	Ind. Seletiv.	Razão Enriq.	SiO ₂ Conc.	Rec. Met.	Ind. Seletiv.	Razão Enriq.
Condições de flotação para se alcançar os melhores resultados	pH ↓ amina ↑	amido ↑ amina ↓	pH ↑ amido ↑	amina ↑ amido ↑	amido ↑ amina ↑	amido ↓ amina ↓	pH ↓ amina ↑	amido ↓ amina ↑	pH ↓ amina ↑	amido ↑ amina ↑	pH ↑ amido ↑	amido ↓ amina ↓
Melhor resultado possível de se obter	0,49	95,7	7,65	1,03	0,86	99,3	15,97	1,04	0,45	94,2	8,07	1,02
Pior resultado possível de se obter	0,89	70,4	3,77	1,02	3,65	93,5	5,26	1,01	0,60	62,7	3,31	1,01
Amplitude entre o melhor e o pior resultado	0,40	25,3	3,88	0,01	2,79	5,8	10,71	0,03	0,15	31,5	4,76	0,01

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



Na Tabela 2, comparando os resultados apresentados na linha das condições para melhores resultados, observa-se que a alíquota composta e as frações possuem comportamentos distintos, sendo então viável dividi-las para um melhor desempenho da flotação.

O próximo passo foi sobrepor os gráficos de teor de sílica no concentrado e recuperação metalúrgica facilitando a visualização de regiões onde seria possível compor um melhor produto, ou seja, não ultrapassando o teor de sílica especificado, e ainda, observando a melhor recuperação metalúrgica. Esta sobreposição é mostrada na Figura 4.

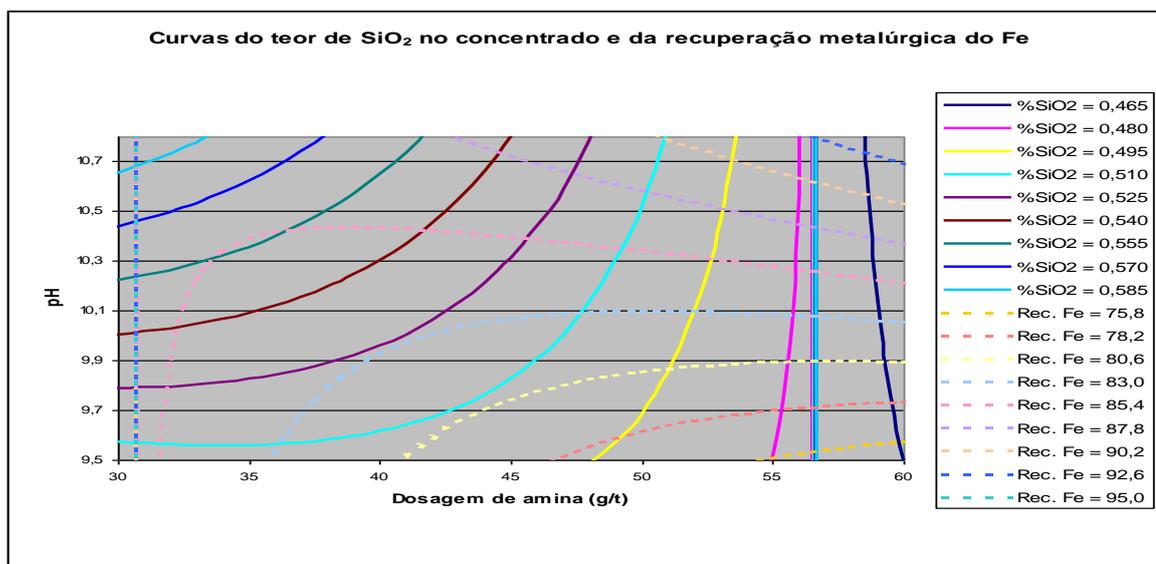


Figura 4 – Respostas do teor de SiO₂ e recuperação metalúrgica no concentrado em função das concentrações da amina e do pH para a fração -400#

% Massa	Resultados Isolados	Dosagem específica de reagentes para obtenção dos melhores desempenhos da Flotação por resultado isolado			Dosagem específica de reagentes para melhor resultado da flotação para resultado global			Resultados Flotação		
		Amina	pH	Amido	Amina	pH	Amido			
-0,15 mm	100%	Recuperação metalúrgica Fe	30	10,8	1200	30	10,8	1200	95,7	Flotação Convencional
		SiO ₂ Concentrado	30	10,8	1200				0,49	
		RE	30	10,8	1200				1,03	
		Índice Seletividade Fe-Si	60	9,5	500				7,65	
-0,15 + 0,044 mm	47,14%	Recuperação metalúrgica Fe	30	10,8	1200	30	10,8	1200	99,3	Resultado Final
		SiO ₂ Concentrado	30	10,8	1200				0,86	
		RE	30	10,8	1200				1,04	
		Índice Seletividade Fe-Si	60	9,5	500				15,95	
-0,044 mm	52,86%	Recuperação metalúrgica Fe	60	10,8	1200	60	10,8	1200	94,2	Flotação Fracionada
		SiO ₂ Concentrado	60	10,8	500				0,45	
		RE	30	10,8	1200				1,02	
		Índice Seletividade Fe-Si	30	9,5	1200				8,07	

Figura 5 – Comparação entre a flotação convencional e a fracionada.

5 CONCLUSÕES

As alíquotas nitidamente apresentaram diferentes comportamentos se flotadas em conjunto ou separadamente, indicando que há influencia deletéria de uma fração em relação à outra quando estão na alíquota composta.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



Os parâmetros de eficiência da flotação se modificam para cada alíquota da amostra dependendo da fração granulométrica.

É possível estabelecer os parâmetros ótimos para a flotação de um minério de ferro contendo partículas finas e ou ultrafinas com seus contaminantes químicos e mineralógicos, através de ensaios padronizados de flotação e utilizando análises fatoriais para determinação do índice de influência para cada uma das variáveis múltiplas envolvidas no processo.

Foi indicada uma melhora de recuperação metalúrgica de ferro da ordem de 1% considerando a flotação fracionada comparada ao processo sem fracionamento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Araujo AC. 1982 – Influência de Íons de Alumínio e Caolinita na Flotação Catiônica de Quartzo e Hematita – UFMG – Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas. 41:42.
- 2 Brandão PRG. 1995 – Curso de Flotação – Realizado internamente na Minerações Brasileiras Reunidas – MBR.
- 3 Souza JrM, Brandão PRG. 1996 - Minério de Ferro Anfíbolítico da Mina de Alegria, Caracterização Tecnológica. In: I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, Ouro Preto, 14 a 17 de outubro de 1996, p. 1-18.
- 4 Souza CC, Araújo AC. 1999 - A Influência do Tamanho da Partícula de Lama na Flotação de Minério de Ferro. In: II Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, Ouro Preto, 17 a 20 de outubro de 1999, p. 73-88.

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*