

FLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO COM OLEATO DE SÓDIO E SILICATO DE SÓDIO

D. R. NASCIMENTO¹, T. F. SOUZA² e R. M. F. LIMA²¹Instituto Federal de Minas Gerais - Campus de Governador Valadares²Universidade Federal de Ouro Preto

debora.nascimento@ifmg.edu.br

Artigo submetido em dezembro/2013 e aceito em julho/2014

DOI: 10.15628/holos.2014.1909

RESUMO

Flotação catiônica inversa de minério de ferro é largamente utilizada no Brasil. Com a contínua diminuição dos teores de ferro nos minérios do Quadrilátero Ferrífero-MG, a flotação direta aniônica dos mesmos seria uma possibilidade a ser considerada. Logo, estudos mais detalhados em termos de reagentes, especialmente depressores, e demais variáveis de processo fazem-se necessários para avaliação da viabilidade de aplicação da mesma para concentrar minérios pobres. Baseado em estudos prévios, esse

trabalho teve por objetivo investigar a influência das variáveis (porcentagem de sólidos, dosagem de coletor (oleato de sódio), dosagem de depressor (silicato de sódio) e deslamagem prévia do minério) em pH 9 sobre a flotação de uma amostra de minério de ferro com teores de Fe e de SiO₂ iguais a 35,5 e 52,4%, respectivamente. Das variáveis estudadas, verificou-se que a deslamagem prévia do minério é de fundamental importância para o processo.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de ferro, flotação, oleato de sódio, silicato de sódio, deslamagem.

IRON ORE FLOTATION WITH SODIUM OLEATE AND SODIUM SILICATE

ABSTRACT

Cationic inverse flotation of iron ores is frequently applied in Brazil. With the continuing decrease of the iron contents of Quadrilátero Ferrífero-MG iron ore, anionic direct flotation of those ores could be considered. So, detailed studies in terms of reagents, especially depressants, and other process variables must be necessary in order to evaluate the viability to concentrate low grade iron ores with anionic direct flotation. Based in

previous studies, this work had as objective to investigate the influence of the variables (solid density, collector dosage (sodium oleate), depressant dosage (sodium metasilicate) and previous ore desliming at pH 9 on the flotation of one iron ore sample with contents of Fe and SiO₂ of 35.5 and 52.4%, respectively. Among studied variables, it was verified that the previous desliming of ore is of fundamental importance for process.

KEYWORDS: Iron ore, flotation, sodium oleate, sodium silicate, desliming.

1 INTRODUÇÃO

Devido às diferenças de densidade, de susceptibilidade magnética e de propriedade superficial induzida entre os minerais de ferro e os minerais de ganga, especialmente o quartzo, a concentração de minério de ferro pode ser efetuada por métodos gravíticos, concentração magnética e flotação, que normalmente é aplicada para as frações granulométricas de pellet feed fino (-0,15mm). No entanto, a escolha do método de concentração mais adequado para um dado minério depende da composição mineralógica e da malha de liberação (Araújo et al., 2003).

Houot (1983) publicou uma revisão sobre flotação de minério de ferro, destacando a flotação inversa ou reversa dos minerais de ganga (quartzo), usando coletor catiônico (amina) e depressão dos minerais de ferro, usando amido. Na flotação direta de minério de ferro podem ser utilizados coletores aniônicos tais como ácidos graxos saponificados (RCOONa), sulfonatos (RSO₃Na) e hidroxamatos (RCONHONa), onde R representa a cadeia de hidrocarbonetos. No entanto, pesquisas de depressores eficazes para flotação direta estão sendo realizadas (Araújo, 2005).

Lopes e Lima (2009) em estudos de microflotação efetuados com amostras de hematita e quartzo, usando oleato de sódio como coletor verificaram que para dosagens a partir de 20 mg/L foram obtidas flotabilidades do mineral acima de 80% para todos os valores de pH testados (2 a 12). Para o quartzo, a flotabilidade máxima foi obtida em pH 9 para dosagens de oleato de sódio de 20 e 70 mg/L. Posteriormente, Nascimento et al. (2013) estudaram a influência do silicato de sódio na flotabilidade da hematita e do quartzo para valores de pH igual a 7 e 9, usando 50 ppm de oleato de sódio como coletor. Nesses estudos verificou-se que a depressão da hematita em pH 7 foi ligeiramente maior do que em pH 9. O inverso ocorreu para o quartzo. Nesses estudos verificou-se também que o silicato de sódio foi mais eficiente na depressão do quartzo em comparação com a hematita para dosagens menores do que 10 ppm.

Em ensaios de flotação em escala de bancada efetuados com um minério de ferro especularítico, contendo 35,34% de Fe e 48,02% de SiO₂ em pH 7, o melhor resultado obtido (recuperação metalúrgica de Fe igual 88%, teor de Fe no concentrado de 58,1% e de SiO₂ igual a 14,1%) foi alcançado para polpa com 60% de sólidos, dosagem de silicato de sódio igual a 600 g/t e 1200 g/t de oleato de sódio (Lopes e Lima, 2009).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tabela 1 está apresentada a análise granuloquímica da amostra de minério de ferro e as composições químicas da amostra deslamada e das lamas.

Pela Tabela 1 observa-se que os teores de todos os compostos analisados, exceto SiO₂, da fração granulométrica abaixo de 38 µm são maiores do que nas outras faixas granulométricas. Os maiores teores e distribuições de Al₂O₃, PPC e menor teor e distribuição de SiO₂ na faixa granulométrica abaixo de 38 µm estão relacionados com os minerais caolinita e goethita, identificados por microscopia ótica e difratometria de raios X (Lima et al., 2008). Observa-se também, que o teor de Al₂O₃ no produto da deslamagem, que representa 11% em peso, foi de 1,7%, provavelmente devido à remoção dos argilominerais, especialmente caolinita.

Tabela 1: Análise granuloquímica da amostra de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero.

Tamanho (µm)	% Peso	Teores (%)					Distribuição (%)				
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	PPC	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	PPC
+105	28,3	31,3	53,3	0,4	0,03	1,6	28,2	28,8	16,1	20,7	24,2
-105+74	22,8	22,1	67,2	0,3	0,02	1,1	16,0	29,3	10,8	12,0	13,4
-74+53	20,3	26,4	60,4	0,4	0,03	1,3	17,0	23,4	13,5	15,5	14,1
-53+38	11,6	35,4	47,3	0,5	0,04	1,8	13,1	10,5	9,5	11,9	11,2
-38	17,0	47,6	24,8	1,9	0,08	4,1	25,7	8,0	50,1	39,9	37,2
A.R.	100,0	31,5	52,4	0,6	0,03	1,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desl.	89,0	30,8	53,3	0,5	0,03	-	-	-	-	-	-
Lama	11,0	33,7	45,6	1,7	0,06	-	-	-	-	-	-

A.R. – Alimentação recalculada. Fonte: Nascimento, 2010.

Os reagentes utilizados nos ensaios de flotação em bancada foram:

- I. Depressor: meta-silicato de sódio (Vantec) - Na₂SiO₃.XH₂O
- II. Coletor: oleato de sódio - CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COONa
- III. Moduladores de pH : NaOH e HCl, ambos fabricados pela Vetec.

O preparo da solução de silicato de sódio (0,5% p/v) foi efetuado pela diluição do reagente em água destilada para a concentração desejada. No caso do oleato de sódio, efetuou-se a saponificação do mesmo com NaOH, conforme metodologia descrita por Nascimento (2010).

Nos testes de flotação em escala de bancada (célula Cimag do Laboratório de Flotação do Departamento de Engenharia de Minas) foram analisadas as variáveis - deslamagem, porcentagem de sólidos, dosagem de coletor e dosagem de depressor - como fatores de influência para as variáveis respostas - recuperação metalúrgica de ferro, teores de Fe e SiO₂ nos concentrados obtidos, usando o planejamento fatorial de experimentos de dois níveis, sem réplicas, conforme apresentado na Tabela 2. Tanto para o planejamento de experimentos quanto para a análise dos resultados dos ensaios de flotação foi utilizado o *software* estatístico Minitab 15.

Nesse trabalho estão apresentados os resultados dos ensaios de flotação direta em escala de bancada efetuados com uma amostra de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero-MG, utilizando oleato de sódio como coletor e meta-silicato de sódio como depressor em pH 9.

Tabela 2: Fatores e respectivos níveis para o planejamento fatorial da flotação.

Fatores	Níveis		Legenda
	-	+	
Deslamagem	Sim	Não	A
Porcentagem de sólidos (%)	30	60	B
Dosagem de oleato de sódio (g/t)	600	1200	C
Dosagem de depressor (g/t)	600	2400	D

O procedimento padrão dos ensaios de flotação em bancada foi o seguinte:

- I. adicionar o minério de ferro na cuba de 1L;
- II. adicionar o volume de água necessário para obtenção da polpa com a porcentagem de sólidos desejada, descontando-se os volumes das soluções de oleato de sódio e de silicato de sódio;

- III. ajustar o rotor da célula de flotação para 1200 rpm;
- IV. adicionar o volume de silicato de sódio (solução a 0,5% p/v) correspondente à concentração desejada;
- V. ajustar o valor de pH para 9 e condicionar por 6 minutos;
- VI. adicionar o volume do oleato de sódio (solução a 1 % p/v) correspondente à concentração desejada e condicionar por 6 minutos, verificando-se o pH (se necessário, reajustar para 9);
- VII. abrir a torneira de ar e flotar por 2 minutos;
- VIII. retirar os produtos flotado e afundado, secá-los e pesá-los;
- IX. após secagem e pesagem dos produtos flotado e afundado, homogeneizar, quarterar e pulverizar para análise química.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos ensaios de flotação em bancada, conforme o planejamento estatístico. Pelos diagramas de Pareto, apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 a porcentagem de sólidos, a deslamagem prévia do minério, a interação entre deslamagem do minério e dosagem de meta-silicato de sódio foram os fatores que foram significativos estatisticamente para recuperação de ferro. Para os teores de Fe e de SiO₂ nos concentrados o único fator que mostrou ser significativo foi a porcentagem de sólidos.

Para melhor visualização dos resultados obtidos, nas Figuras 4, 5 e 6 estão apresentados os gráficos de cubo para os efeitos estudados (deslamagem, % de sólidos, dosagem de metassilicato de sódio e dosagem de oleato de sódio) sobre as variáveis respostas: recuperação metalúrgica de Fe, teores de Fe e SiO₂ nos concentrados obtidos.

Tabela 3: Resultados obtidos dos testes do planejamento estatístico.

Teste	A	B	C	D	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	sim	30	600	600	83,62	30,04	54,43
2	não	30	600	600	71,9	31,7	51,89
3	sim	60	600	600	59,84	42,79	35,59
4	não	60	600	600	48,29	40,46	38,33
5	sim	30	1200	600	80,2	33,87	48,82
6	não	30	1200	600	66,81	28	57,43
7	sim	60	1200	600	61,83	49,28	25,31
8	não	60	1200	600	50,27	41,84	35,94
9	sim	30	600	2400	79,37	30,02	54,65
10	não	30	600	2400	81,83	31,58	52,21
11	sim	60	600	2400	52,91	47,06	28,73
12	não	60	600	2400	57,18	45,14	31,36
13	sim	30	1200	2400	84,36	31,5	52,46
14	não	30	1200	2400	73,05	32,65	50,33
15	sim	60	1200	2400	50,82	47,18	28,48
16	não	60	1200	2400	57,38	49,63	24,44

Y₁ – Recuperação metalúrgica de Fe; Y₂ – Teor de Fe no concentrado e Y₃ – teor de SiO₂ no concentrado

Observa-se de uma maneira geral (Figuras 3, 4 e 5) que os teores de ferro foram maiores para maior % de sólidos, o inverso ocorreu para teores de SiO₂, que está coerente com a literatura (Huout, 1983; Lopes, 2009).

Pela análise de significância (Figuras 1, 2 e 3) e gráficos de cubo (Figuras 4, 5 e 6) ficou evidente a importância da deslamagem prévia do minério para eliminar as partículas menores do que 10 µm, que é a chave do processo de flotação aniônica de minério de ferro (Huout, 1983).

Nascimento (2010) e Nascimento et al. (2013) em estudos de microflotação com os minerais hematita e quartzo, verificaram a possibilidade do uso de silicato de sódio como depressor de quartzo para pequenas dosagens. Logo, poderia ser interessante a programação de novos experimentos para níveis menores de dosagem de silicato de sódio além da deslamagem para remoção das partículas de lama presentes no minério.

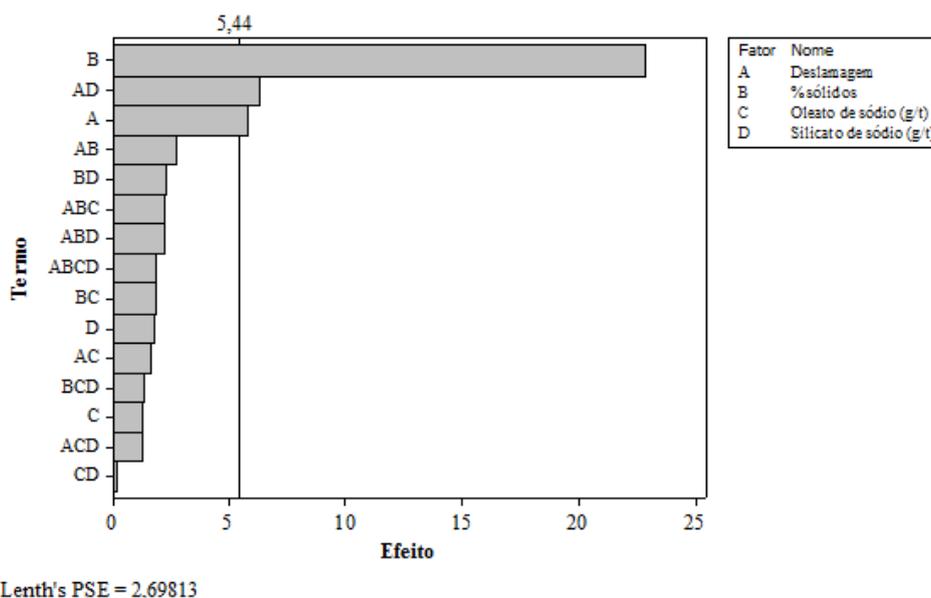


Figura 1: Gráfico Pareto para variável resposta recuperação metalúrgica de ferro ($\alpha = 0,10$).

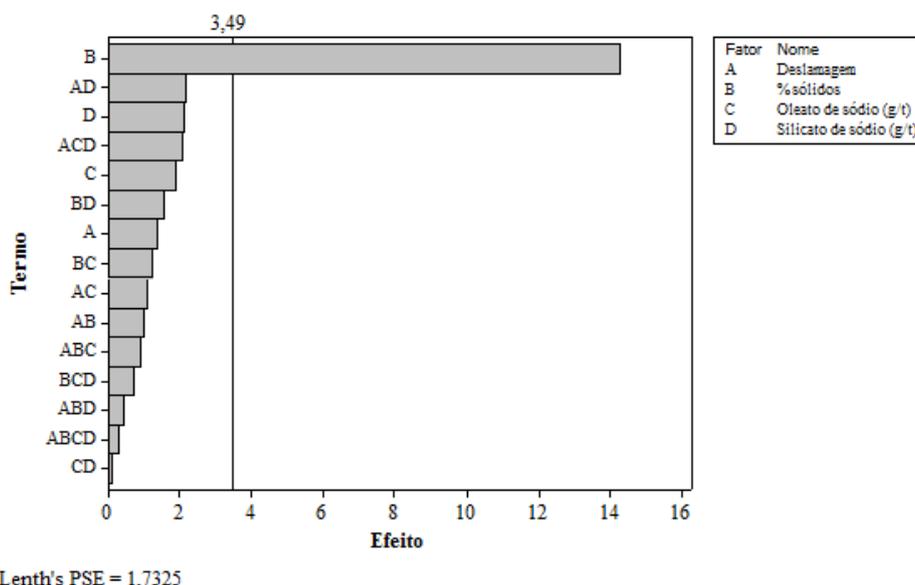
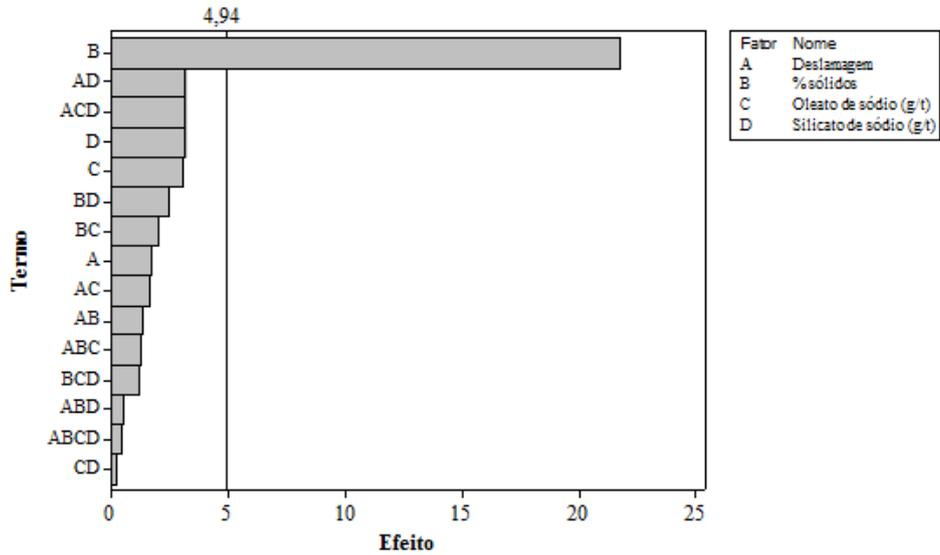


Figura 2: Gráfico Pareto para variável resposta teor de Fe no concentrado ($\alpha = 0,10$).



Lenth's PSE = 2,45062

Figura 3: Gráfico Pareto para variável resposta teor de SiO₂ no concentrado ($\alpha = 0,10$).

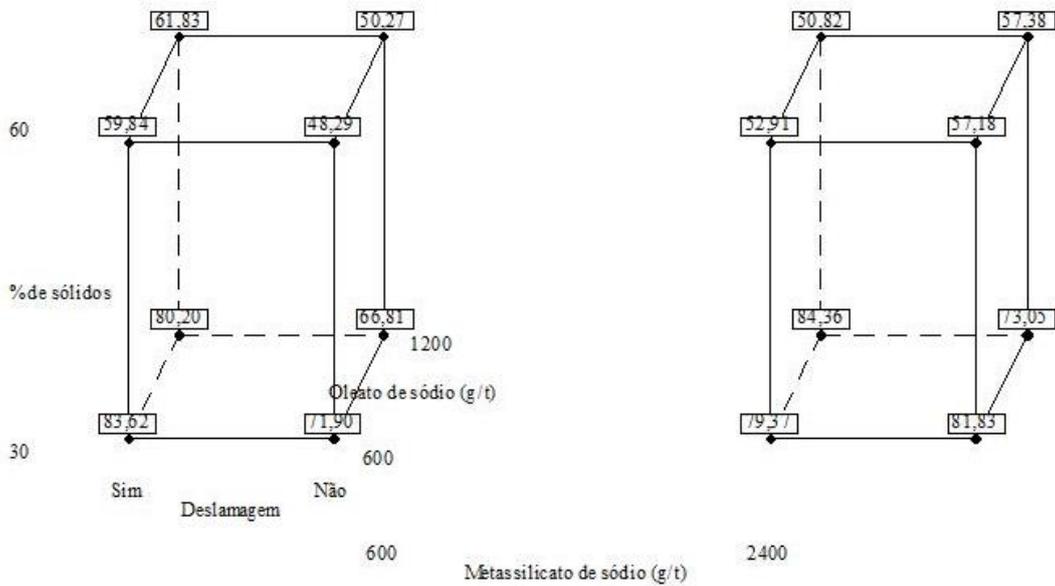


Figura 4 – Gráfico de cubos para recuperação metalúrgica de Fe.

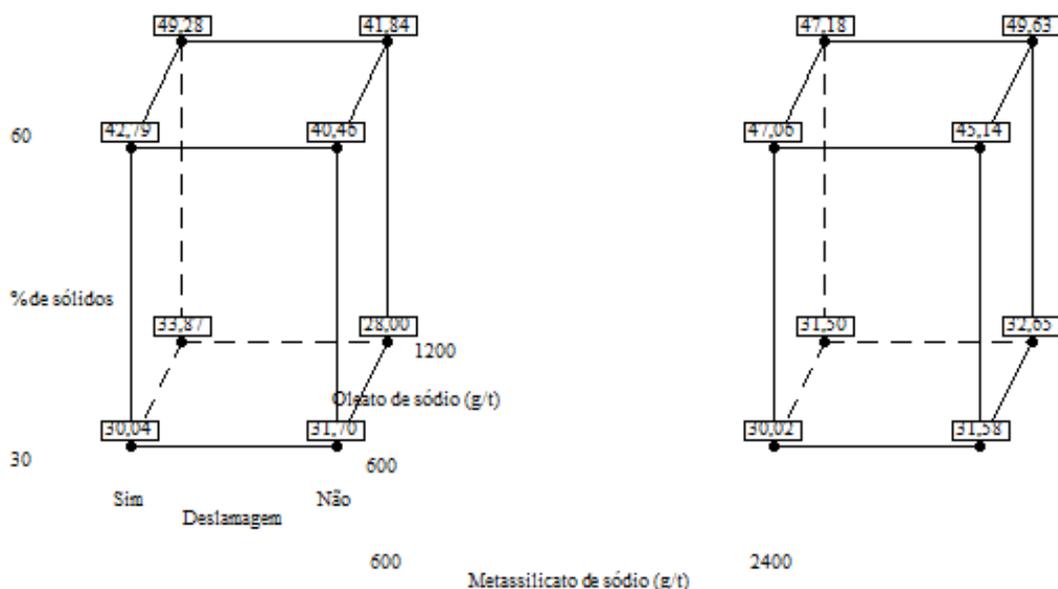


Figure 5 – Gráfico de cubos para teor de Fe no concentrado.

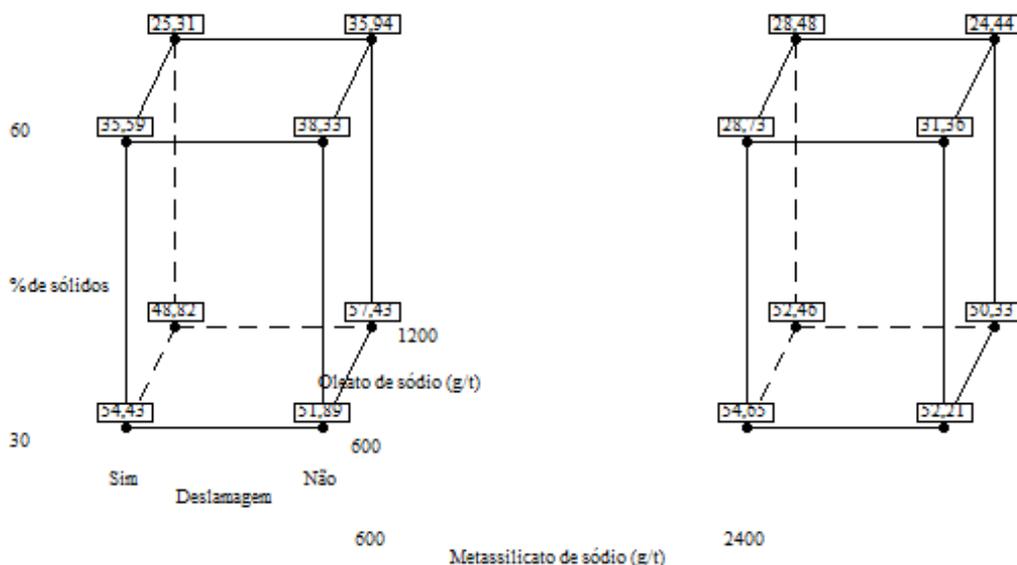


Figura 6 - Gráfico de cubos para teor de Fe no concentrado.

4 CONCLUSÕES

Através dos resultados de flotação direta obtidos com amostra de minério de ferro em pH 9, a porcentagem de sólidos, a deslamagem prévia do minério, a interação entre deslamagem do minério e dosagem de meta-silicato de sódio foram os fatores que foram significativos estatisticamente para recuperação de ferro. Para os teores de Fe e de SiO₂ nos concentrados o único fator que mostrou ser significativo foi a porcentagem de sólidos.

5 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fapemig e a Vale pelo apoio financeiro, à CAPES e Fapemig pelas bolsas de mestrado e de iniciação científica, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

1. ARAÚJO, A. C., AMARANTE, S. C., SOUZA C. C., SILVA, R. R. R. Ore mineralogy and its relevance for selection of concentration methods in processing of Brazilian iron ores. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy (Trans. Inst. Min. Metall. C)*. Vo.112,. pp. C44-C64 (2003).
2. ARAÚJO, A.C., VIANA, P.R., PERES, A. E. Reagents in iron ore flotation. *Minerals Engineering*. Vol. 18. pp. 219-224 (2005).
3. HOUOT, R. Beneficiation of iron ore by flotation – review of industrial and potential applications. *International Journal of Mineral Processing*, 10(3), pp.182-204 (1983).
4. LIMA, R.M.F., LOPES, G. M., FRANCO, G. P. E COELHO P. A. Flotação de minérios de ferro de baixos teores. Relatório parcial. Laboratório de Propriedades Interfaciais. DEMIN. Universidade Federal de Ouro Preto. 73 p. (2008).
5. LOPES, G.M. , LIMA, R. M. F. Flotação direta de minério de ferro com oleato de sódio. *REM: R. Esc. Minas*, Vol. 62(3), pp. 323-329 (2009).
6. NASCIMENTO, D. R. Flotação aniônica de minério de ferro. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Mineral. UFOP. Ouro Preto – MG, 115p. 2010.
7. NASCIMENTO, D. R., PEREIRA, R. D., LIMA, R. M. F. Influence of sodium silicate on floatability and charge of hematite and quartz with sodium oleate. *Latin American Applied Research*. 43:189-191 (2013).