

INFLUÊNCIAS DE LAMAS DISTINTAS NA CONCENTRAÇÃO DE MINÉRIO HEMATÍTICO POR FLOTAÇÃO

MARQUES, M.L.S.¹, PERES, A.E.C.²

¹Vale. michelle.marques@vale.com

²Universidade Federal de Minas Gerais. aecperes@demet.ufmg.br

RESUMO

O presente trabalho envolve o estudo do efeito de lamas (partículas com tamanho inferior a 0,010 mm) distintas sobre o desempenho na flotação de uma amostra de minério de ferro constituída essencialmente de hematitas compactas e quartzo. A alimentação da flotação em laboratório foi obtida através do *blend* entre o produto da deslamagem e a lama gerada de quatro minérios distintos, sendo uma delas da própria amostra em questão. Cada *blend* foi efetuado de modo a se obter diferentes proporções de lamas e consequentemente diferentes valores de área de superfície específica. Além disso, optou-se por utilizar realizar os ensaios anteriormente descritos na presença de um dispersante. Os resultados foram bastante sensíveis para obtenção de qualidade no concentrado quando na presença da lama oriunda do próprio minério, obtendo-se teores de SiO₂ maiores que 1,5% para proporções de lama superiores a 3,5%. As demais lamas utilizadas não afetaram a recuperação mássica nem a qualidade do *pellet feed*, não havendo interação entre elas e o minério em questão mesmo quando na presença de um tipo de lama extremamente goethítica. A adição de dispersante melhorou significativamente a qualidade do concentrado quando se trabalhou com a lama do próprio minério e para as demais não promoveu alterações significativas. Além disso, foram efetuados testes com dois níveis de dosagens de coletor indicando que mesmo a dosagens mais baixas a concentração utilizada foi suficiente para remoção do quartzo e, aparentemente, o coletor não interagiu com as lamas presentes na polpa.

PALAVRAS-CHAVE: flotação de minério de ferro; lama; superfície específica.

ABSTRACT

This study addressed the evaluation of the effects of slimes (particle size less than 0,010 mm) on the flotation behavior of an iron ore sample mainly composed of compact hematite and quartz. The laboratory tests flotation feed was obtained by blending the deslimed product with the slurries generated from four distinct ores, one of them the deslimed ore used in the tests. Each blend was prepared to contain different amounts of slimes and consequently different surface areas. Furthermore, it was decided to carry out the previously described tests in the presence of a dispersant. The results were very sensitive regarding obtaining quality in the concentrate in the presence of slimes from the ore itself, yielding SiO₂ content in the concentrate above 1.5% for slimes content higher than 3.5%. The presence of slimes did not affect the mass recovery neither the pellet feed's quality and showed no interaction between them and the ore in question even in the presence of highly goethitic slimes. The addition of dispersant significantly improved the quality of the concentrate when working with slimes from the same ore and in the other cases no significant effect was observed. In addition, tests were performed with two dosage levels of collector indicating that for even the lower dosage was sufficient for removal of quartz and apparently the collector did not interact with the slimes present in the pulp .

KEYWORDS: iron ore flotation; slimes; specific surface.

1. INTRODUÇÃO

O efeito nocivo da lama é bastante difundido e diferentes tipos de lamas, com composições mineralógicas distintas, já foram estudadas na presença de minerais puros. O trabalho de Araujo (1982) demonstrou a influência da presença de lama no processo de flotação de quartzo. Foram avaliados tanto os efeitos da distribuição granulométrica quanto da composição mineralógica. A lama caulínica consome todo o coletor e, assim, reduz a flotabilidade do quartzo no processo de flotação na faixa de pH entre 6 e 7, fato que o autor atribui à superfície específica da caulinita ser superior à do quartzo e o pH 6 ser o pH de maior adsorção da amina sobre esse mineral. O estudo mostra ainda que lamas de minério de ferro quando no sistema envolvendo apenas quartzo e amina deprimem a flotação catiônica do quartzo no intervalo de pH 6 a 10 devido ao fenômeno de *slimes coating*.

Lima (2001) demonstrou que o *by pass* afeta de forma diferente a seletividade de cada uma das amostras estudadas e para muitas delas foi possível a obtenção de um produto com qualidade mesmo com níveis elevados de *by pass*. SILVA (1994) estudou uma amostra de minério de ferro de tamanho inferior a 0,045mm testando diferentes tipos de dispersantes (inorgânicos e orgânicos), alguns reagentes coagulantes e amido de milho. Para todos, o melhor desempenho da dispersão ocorre na faixa de pH mas alcalino. Os valores médios negativos do potencial zeta dos minerais presentes na polpa aumentam significativamente com o aumento do pH.

Contribuindo com os estudos já realizados, buscou-se avaliar o efeito de lamas com composições mineralógicas distintas, em condições físico-químicas similares às condições industriais, ou seja, na presença de todos os reagentes envolvidos no processo de flotação e de uma polpa de minério com toda sua assembleia mineralógica presente. Buscou-se também avaliar se, nessas mesmas condições, a área de superfície específica das lamas ou a concentração das mesmas seriam fatores mandatórios para o desempenho da concentração por flotação.

2. OBJETIVO

Investigar o comportamento na flotação de uma amostra de minério de ferro essencialmente composta por hematita e quartzo quando na presença de lamas com características mineralógicas distintas.

3. METODOLOGIA

Selecionou-se uma amostra de minério de ferro com composição mineralógica predominantemente hematítica que foi moída buscando-se 95% do material abaixo de 0,15 mm, sendo em seguida deslamada de modo a reduzir a quantidade de lama (material inferior a 0,010 mm) para um valor inferior a 1%. O *overflow* foi reservado para os ensaios subsequentes. Ambos os produtos da deslamagem foram caracterizados química e granulometricamente.

As quatro amostras de lamas selecionadas foram obtidas a partir da moagem de quatro minérios com características mineralógicas distintas, sendo um deles oriunda da amostra citada acima. Cada uma das amostras foi moída até que o material estivesse com 5% retido em 0,15 mm e no *overflow* buscou-se apenas 5% retido em 0,010 mm. Todas as amostras de lamas foram homogeneizadas e quarteadas para as seguintes caracterizações: química global, granulometria, área de superfície específica e mineralogia que foi realizada por meio de difratometria de raios-X.

Em seguida, foram formadas amostras compostas pelo minério hematítico e as lamas geradas buscando-se diferentes participações dessas lamas. Cada amostra composta foi analisada em termos de granulometria, composição química e área de superfície, sendo a determinação desta, efetuada para a amostra composta e o material passante em 0,045 mm.

Toda caracterização química foi realizada pelo método de fluorescência de raios-X e utilizando-se pastilhas fundidas, sendo analisados os seguintes elementos e compostos: Fe₂O₃, SiO₂, P, Al₂O₃, MnO, TiO₂, CaO, MgO. O teor de PPC é obtido por calcinação. A figura 1 apresenta um fluxograma da caracterização das amostras de lama e dos ensaios realizados.

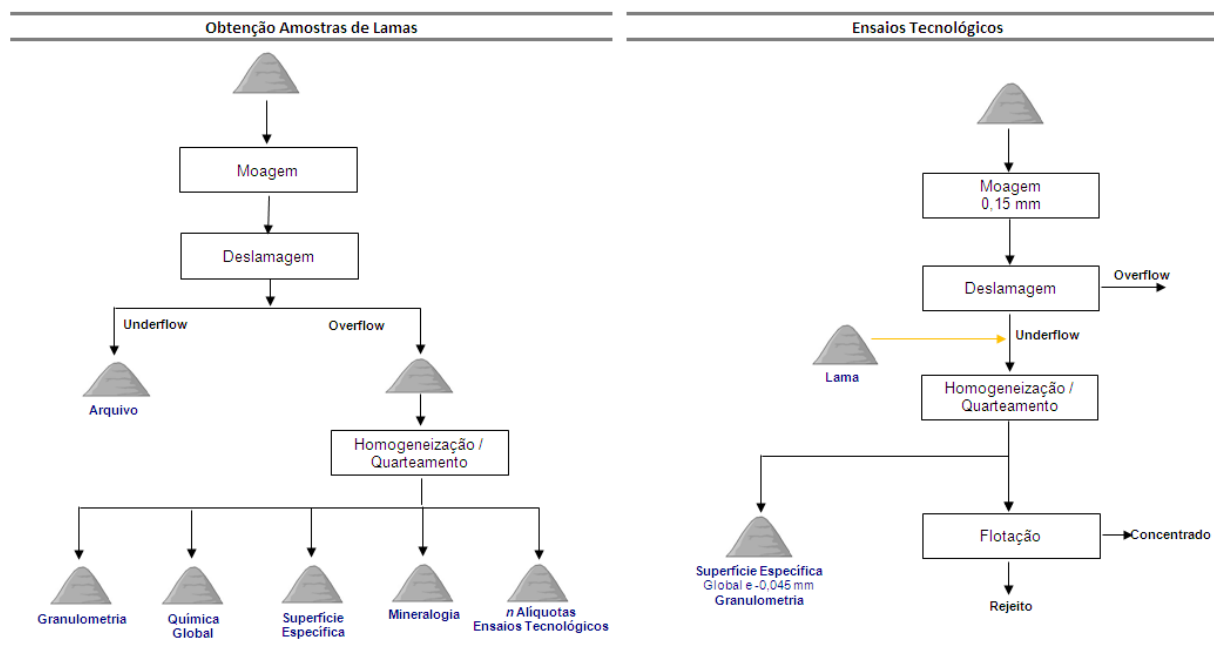


Figura 1. Fluxograma esquemático da caracterização tecnológica das amostras.

Nos ensaios de flotação buscou-se variar a concentração de lamas, a dosagem de coletor na presença e na ausência de dispersante (hexametáfosfato de sódio). A tabela I resume as condições testadas.

Tabela I. Parâmetros estabelecidos para os testes de flotação.

% Lama	Depressor g/t	Coletor g/t SiO ₂	pH	Dispersante g/t
Sem Lama	600	200 / 400	10,5	Sem / 50
1,50	600	200 / 400	10,5	Sem / 50
3,50	600	200 / 400	10,5	Sem / 50
5,50	600	200 / 400	10,5	Sem / 50
10,00	600	200 / 400	10,5	Sem / 50

4. RESULTADOS

A tabela II apresenta a caracterização mineralógica da amostra de minério onde se observa a predominância de hematitas compactas e pequena participação de hematitas martíticas e magnetita. A amostra é pouco hidratada, com participação pouco significativa de hidróxidos de ferro

(goethitas). O principal mineral contaminante é o quartzo. Há traços de minerais de manganês, caulinita e gibbsita identificados por microscopia ótica de luz refletida.

Tabela II. Quantificação mineralógica da amostra de minério hematítico.

HC's	HM	MA	GO	GT	QZ	MN	CA	GB	OT
50,97	2,62	3,31	2,05	1,77	35,58	0,45	0,20	0,57	2,48
HC's = Hematitas compactas			GO = Goethita			MN = Óxido de manganês			
HM = Hematita marítima			GT = Goethita terrosa			CA = Caulinita			
MA = Magnetita			QZ = Quartzo			GB = Gibbsita		OT = Outros minerais	

A tabela III apresenta os resultados dos ensaios realizados sem adição de lama evidenciando a possibilidade de produção de *pellet feed* com teores de SiO₂ inferiores a 0,8% para ambos os níveis de dosagem estudados com ou sem adição de dispersante. É interessante notar que o aumento da dosagem de coletor não promoveu aumento significativo no teor de ferro do rejeito.

Tabela III. Resultados da flotação sem adição de lama.

Coletor g/t SiO ₂	Dispersante (g/t)	Fluxo	Recuperação Mássica (%)	Análise Química (%)								
				Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Mn	TiO ₂	CaO	MgO	PPC
200	-	Alimentação	100,00	42,9	37,0	0,008	0,38	0,062	0,023	0,034	0,050	0,4
		Concentrado	54,07	68,8	0,8	0,012	0,27	0,100	0,051	0,055	0,046	0,5
		Rejeito	45,93	12,6	80,8	0,006	0,59	0,012	0,043	0,029	0,118	0,3
400	-	Alimentação	100,00	42,9	37,0	0,008	0,38	0,062	0,023	0,034	0,050	0,4
		Concentrado	52,43	68,8	0,5	0,015	0,30	0,109	0,057	0,049	0,036	0,5
		Rejeito	47,57	14,3	77,2	0,007	1,11	0,003	0,085	0,180	0,191	0,2
200	50	Alimentação	100,00	42,9	37,0	0,008	0,38	0,062	0,023	0,034	0,050	0,4
		Concentrado	53,86	68,9	0,8	0,018	0,28	0,105	0,083	0,044	0,020	0,5
		Rejeito	46,14	13,4	79,6	0,006	0,50	0,001	0,029	0,036	0,088	0,2
400	50	Alimentação	100,00	42,9	37,0	0,008	0,38	0,062	0,023	0,034	0,050	0,4
		Concentrado	52,83	69,1	0,6	0,018	0,28	0,109	0,089	0,045	0,020	0,6
		Rejeito	47,17	15,8	76,8	0,014	0,45	0,010	0,040	0,058	0,159	0,2

A tabela IV apresenta a análise química das amostras de lama e as respectivas áreas de superfície, onde se observa que a amostra 1 possui menor teor de ferro em relação às demais enquanto que os teores de Al₂O₃, Mn, TiO₂ e CaO apresentam-se bastante elevados. As demais amostras são ricas em ferro e com teores variados de Al₂O₃. Os valores de PPC e área de superfície específica são similares para todas as amostras.

Tabela IV. Análise química e superfície específica das lamas.

Amostra	Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Mn	TiO ₂	CaO	MgO	PPC	Superfície cm ² /g
1	27,8	36,4	0,185	13,34	1,478	0,292	0,118	0,001	8,1	22.938
2	45,2	18,7	0,243	6,34	0,263	0,050	0,045	0,201	8,4	21.397
3	43,6	20,2	0,164	9,05	0,035	0,027	0,016	0,045	7,3	22.096
4	53,4	12,4	0,071	1,93	0,142	0,038	0,014	0,080	8,9	20.643

Três das amostras analisadas apresentam padrões difratométricos semelhantes (2, 3 e 4), como pode ser observado na figura 2. A amostra 1 se difere das demais no seu padrão difratométrico devido à presença de outros minerais não identificados nas restantes, como clorita, mica e talco.

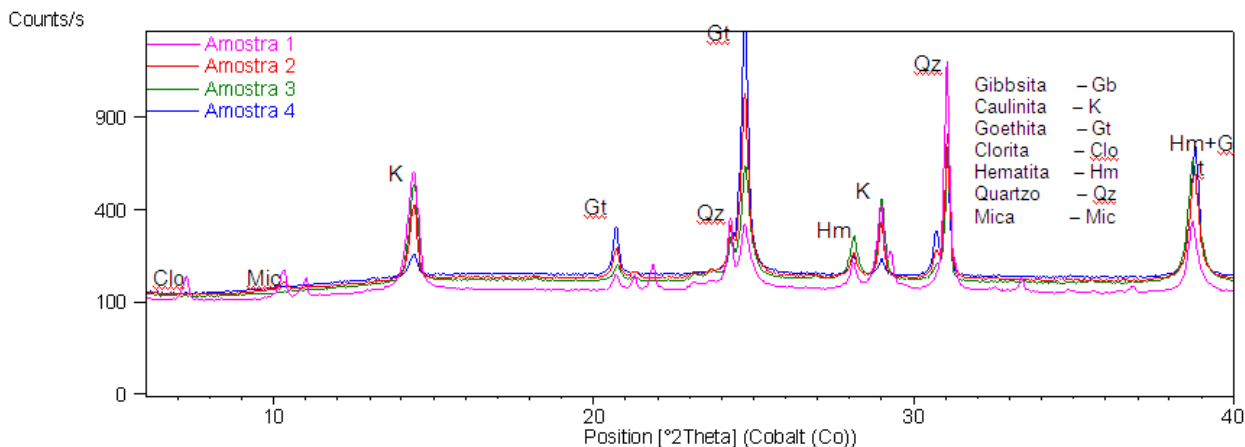


Figura 2. Difratomogramas das amostras de lama com os principais picos identificados.

Os resultados foram bastante sensíveis para obtenção de qualidade no concentrado quando na presença da lama oriunda do próprio minério, obtendo-se teores de SiO₂ maiores que 3,5% para todos os ensaios onde se dosou 200 g/t_{SiO₂} de coletor. Mesmo com o aumento da dosagem para 400 g/t_{SiO₂}, os ensaios com quantidade de lama superior a 3,5% continuaram gerando concentrados com teores de sílica elevados. A adição do dispersante promoveu melhora significativa na qualidade do *pellet feed*, porém alcançar valores próximos a 1% de SiO₂ foi possível apenas para o nível de lama em torno de 1,5% para a menor dosagem de coletor. Os gráficos da figura 3 evidenciam o exposto.

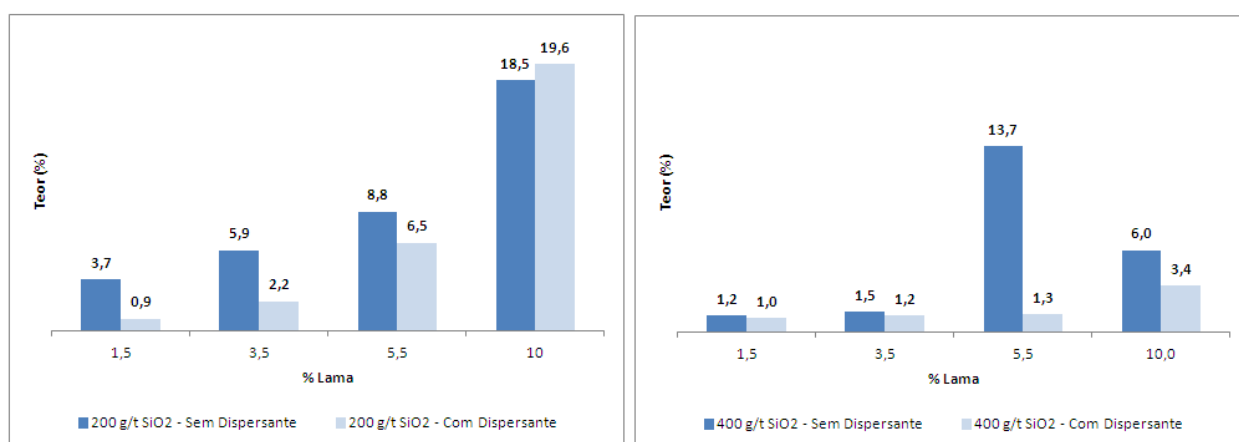


Figura 3. Teor de SiO₂ no *pellet feed* na presença da lama 1.

O comportamento desse minério frente às demais lamas estudadas é bastante interessante. A lama 4, que é constituída essencialmente por goethita, não influenciou a flotação do quartzo, sendo o teor de SiO₂ no *pellet feed* muito próximo para a grande maioria das condições de flotação estudadas. Com a lama 2, que também possui em sua composição uma parcela de participação de goethita, não houve dificuldade para obtenção de qualidade no concentrado quando se dosaram 400 g/t_{SiO₂} com

ou sem dispersante (este reagente não influenciou nesses resultados). Já para a dosagem de 200 g/t_{SiO₂}, a adição do dispersante reduziu o teor de SiO₂ para próximo de 1%, exceto quando se trabalhou com 5,5% de lama. A lama 3, constituída essencialmente por hematita, foi a que mais influenciou negativamente, porém com a utilização de dispersante ou elevação da dosagem de coletor foi possível obter teores de SiO₂ no *pellet feed* inferiores a 1%. A figura 4 evidencia graficamente o exposto.

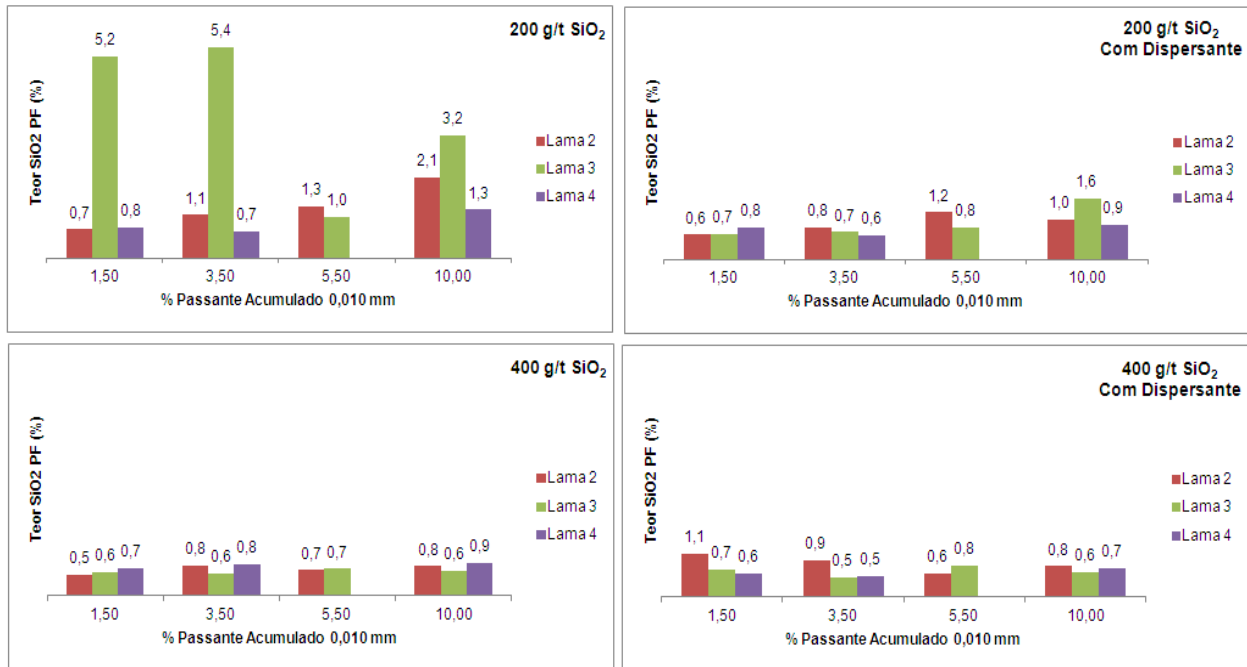


Figura 4. Efeito das lamas 2, 3 e 4 no teor SiO₂ do *pellet feed*.

A figura 5 apresenta graficamente as superfícies específicas na alimentação da flotação da amostra global e da fração inferior a 0,045 mm. As superfícies específicas foram próximas para todas as lamas estudadas, sendo a lama oriunda da amostra 3 a que apresentou valores ligeiramente mais altos. A amostra sem adição de lama apresenta valores em patamares semelhantes quando se misturaram as lamas para se atingir 1,5%. Isso evidencia que as grandes áreas superficiais promovidas pela presença de lamas não foi o fator preponderante para o desempenho da flotação do quartzo presente na amostra.

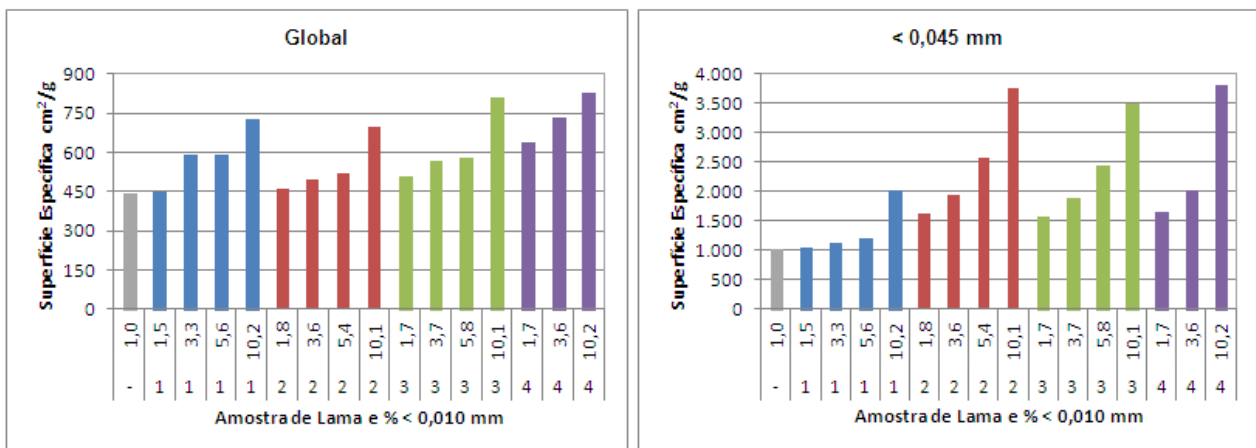


Figura 5. Superfície específica da alimentação da flotação.

5. CONCLUSÕES

- A flotação realizada sem a presença de lamas mostrou que a quantidade de finos presentes nas amostras foi suficiente para promover uma espuma estável e consistente uma vez que foi possível obter teores de SiO₂ no *pellet feed* iguais ou inferiores a 0,8%;
- A adição de dispersante não promoveu nenhuma mudança significativa no desempenho da flotação nos ensaios realizados sem a adição de lamas. Além disso, o aumento da dosagem de coletor não promoveu aumento significativo no teor de ferro do rejeito;
- A superfície específica não foi o fator responsável pelas alterações nos teores de sílica nos concentrados uma vez que para todos os ensaios os valores obtidos para a superfície específica foram similares;
- Os resultados de flotação foram sensíveis à presença de lama oriunda do próprio minério e as lamas com participação de goethita não interferiram na qualidade do *pellet feed*.

6. REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. C. Influência de Íons de Alumínio e Caulinita na Flotação Catiônica do Quartzo e Hematita. Dissertação de Mestrado. PPGEM, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 121 p., 1982.

LIMA, N. P. Comportamento de minérios itabiríticos dos complexos Alegria e Fábrica Nova frente aos processos de deslamagem e flotação, Dissertação de Mestrado. PPGEM, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 126 p., 2001.

SILVA, G. M. A. Estudos sobre o estado de agregação de suspensões de um minério de ferro, Dissertação de Mestrado. PPGEM, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 145 p., 1994.

