



PENEIRAMENTO DE ALTA FREQUÊNCIA PARA REMOÇÃO DE SÍLICA DO CIRCUITO DE FLOTAÇÃO

SILVA, J.C.¹, VALADÃO, G.E.S². TURRER, H.D.G³,
NASCIMENTO, C.M.⁴, RUSSO, J.F.C⁵

¹Anglo American Minério de Ferro Brasil., Centro Tecnológico Mineral,

RESUMO

O presente trabalho avaliou a possibilidade da utilização de uma peneira de alta frequência para remoção de sílica >150µm da carga circulante da flotação. Por meio de amostragens periódicas, foi possível determinar a partição teórica do fluxo, que apresentaram em média 46% da massa retida em 150µm com 80,8% do material sendo SiO₂ e apenas 4,6% de Fe. Ensaios em flotação em bancada com remoção do material >150µm da carga circulante resultaram na diminuição de aproximadamente 1% da sílica no produto final, sem que ocorresse redução na recuperação metalúrgica. Os testes em escala piloto se mostraram promissores, pois apresentaram um oversize com teor de Fe de 8,9%, de forma a permitir o direcionamento do fluxo para descarte juntamente com o rejeito final da flotação. O underzise apresentou características físico/químicas mais adequadas ao processo de flotação: o Fe contido na alimentação da peneira passou de 37% para 56,5%, SiO₂ foi reduzida de 46% para 18,68%.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de ferro, Peneiramento de alta frequência e Flotação

ABSTRACT

The present work evaluated the possibility of using a high frequency screen to extract silica > 150µm from the circulating load of the flotation. By means of periodic samplings, it was possible to determine the theoretical flow partition, which presented on average 46% of the retained mass in 150µm with 80.8% of the material being SiO₂ and only 4.6% Fe. Extraction of the material > 150µm of the circulating load resulted in the decrease of approximately 1% of the silica in the final product, with no reduction in metallurgical recovery. The pilot scale tests were promising, since it presented an oversize with 8.9% Fe content, in order to allow the flow direction to be discarded along with the final flotation tail. The underzise presented physical / chemical characteristics more adequate to the flotation process: Fe contained in the sieve feed increased from 37% to 56.5%, SiO₂ was reduced from 46% to 18.68%.

KEYWORDS: Iron Ore, High frequency screen, Flotation

1. INTRODUÇÃO

O circuito de flotação do Minas-Rio possui duas linhas, cada uma com 11 células de flotação de 160 m³ da Flsmidht. O circuito industrial contempla 3 células rougher, 4 cleaner e 4 scavenger por linha. Atualmente é possível reconfigurar o direcionamento de algum de seus fluxos. O circuito que estava sendo utilizado com maior frequência, contempla 3 roughers, 2 cleaner primárias, 2 cleaner secundárias, 2 cleaner terciárias e 2 scavengers. A figura 1.1 representa o circuito de flotação utilizado.

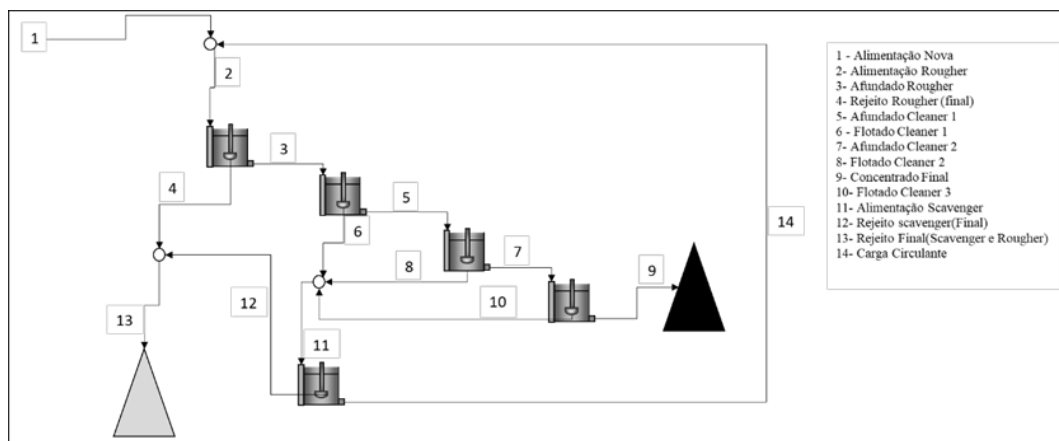


Figura 1.1 – Circuito de flotação Minas/Rio

A carga circulante no fluxo mostrado na figura 1.1 é composta somente pelo concentrado da scavenger. Contudo, pode ter outra composição, dependendo da configuração adotada na flotação. De qualquer forma, sua natureza é sempre a mesma: composto por material de difícil concentração por flotação, com baixa probabilidade de direcionamento para o flotado da scavenger. Comumente apresenta baixo teor de ferro e percentual significativo de partículas com elevada granulometria.

Por isso, esse material tende a ficar recirculando no circuito. Isso faz com que o teor de ferro da carga circulante apresente uma tendência de queda ao longo do tempo, além de um aumento da granulometria, piorando, conseqüentemente, o desempenho da flotação. Quando isso acontece, é comum fazer a drenagem das células scavenger, o que causa uma instabilidade no circuito e perda de recuperação. Essa piora no desempenho da flotação, devido a presença de partículas de maior tamanho de quartzo foi relatada em diversos estudos.

Vieira (2005) relatou que quando se processa partículas grossas juntamente com finas, e estas são colocadas em contato com um coletor concomitantemente, grande parte do coletor será consumido pelas partículas finas, fato que reduziria a disponibilidade para adsorção nas partículas grossas e assim reduziria a recuperação dessas partículas.

Braga (2010) verificou que aproximadamente 2,57% da massa alimentada na flotação, estava presente na fração maior que 150µm, apresentando elevado teor de sílica. Segundo o autor, esse material sobrecarrega o sistema de flotação, aumenta o consumo de reagentes e diminuiu a constante cinética de flotação.

Segundo Esteves et al (2014) o escalpe da fração >150 μ m da alimentação da flotação de 6,65% para 4,5% resultou em uma redução de 67% da sílica e elevação no teor de ferro de 0,25%, melhorando a qualidade do produto final.

O peneiramento, atualmente, é utilizado em larga escala na indústria mineral para classificação de partículas grosseiras. Em circuitos de cominuição para partículas finas, esse equipamento sempre foi pouco utilizado, devido à baixa capacidade, entupimento e desgaste excessivo das telas. Contudo, esse cenário vem se alterando devido as peneiras de alta frequência. Ao contrário das peneiras convencionais, esse equipamento possui baixa amplitude de vibração e alta frequência. Essa combinação promove maior contato das partículas menores à superfície da peneira, submetendo a vibração rígida do material ultrafino (CASSIMIRO, 2015).

O objetivo do presente trabalho é avaliar a utilização de uma peneira de alta frequência para remoção de sílica >150 μ m na carga circulante da flotação. Além disso determinar os benefícios da retirada desse material do circuito de flotação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Testes de Bancada

Foram realizadas amostragens da carga circulante, das duas linhas em operação por um período de quatro meses. As amostras foram coletadas no fim da tubulação que direciona a carga circulante para as células rougher. As amostras foram submetidas a análises granulométricas em um peneirador suspenso a úmido considerando as aberturas de 425, 300, 212, 150, 106, 75, 53, 44 e 38 μ m. Os produtos dessa classificação tiveram sua composição química determinada por fluorescência de raios-x, por meio do aparelho Axios Fast da Panalytical, em pastilhas fundidas. Análises mineralógicas foram realizadas no Qemscan EVO® da Carl Zeiss, usando procedimentos dimensionados para amostras do sistema Minas-Rio provenientes da usina de concentração, os equipamentos utilizados nessa etapa estão descritos na figura 2.1.



Figura 2.1. 1) Qemscan, 2) Axios Fast. 3) Peneirador suspenso. 4) célula de flotação em bancada

A flotação foi realizada em cuba de 4,5L com percentual de sólidos ajustado em 60 e 40 %, respectivamente, no condicionamento e na flotação. Foram utilizadas soluções a 1 % de amina 7500 da Clariant e amido de milho, 500 g/t, Flokit 18 da Kowaski. Amido foi gelatinizado com soda cáustica na relação de 5:1. O pH da polpa foi ajustado para 10,5 com soda cáustica. O amido foi condicionado por 5 minutos antes da adição da amina, que foi condicionada por 1 minuto. A agitação foi controlada em 1.200 e 1.500 rpm, respectivamente, no condicionamento e na flotação. Os testes foram realizados com a carga circulante peneirada e não peneirada. Os teores de Fe da alimentação nova foram de 31,8% e 37,6%. A carga

circulante peneirada 62,4% e 37,2%. As amostras de carga circulante não peneirada foram 43,6% e 25,8%.

2.2 TESTES EM ESCALA PILOTO

Os testes em escala piloto foram realizados em uma peneira Super Stack Sizer com somente um deck, cuja dimensões são 1,5 x 1,5m, tamanho idêntico ao equipamento de oito decks. Portanto, o scale-up é direto: o fluxo da máquina com um deck é simplesmente multiplicado por oito. A peneira piloto está representada na figura 2.2 A.

Para iniciar os testes, água é adicionada no tanque de polpa e a bomba é acionada. Em seguida, parte da amostra é inserida à caixa de polpa. Após bombeamento por alguns minutos para homogeneização da polpa, coletou-se uma amostra para verificação do percentual de sólidos, por meio de uma balança Marcy. O processo é repetido algumas vezes até que a polpa esteja com percentual de sólidos, desejados. Após adequação dos sólidos, o fluxo é bombeado para a tela. O oversize e undersize são sucessivamente recombinados na caixa de polpa e retornam a peneira, o fluxograma de testes está representado na figura 2.2 B.

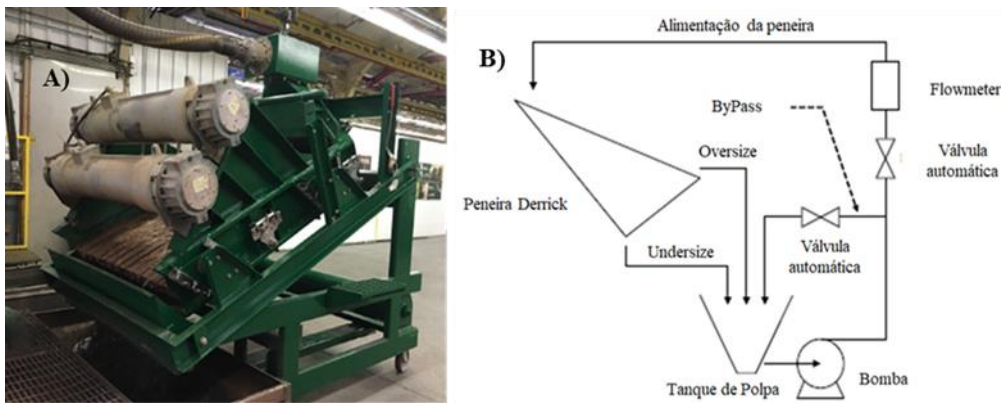


Figura 2.2. Peneira A). Fluxograma de teste B)

A vazão volumétrica é medida através do flowmeter e o fluxo é regulado pelas válvulas automáticas. Esse ajuste é feito até que visualmente os fluxos apresentem aspectos desejados. As amostras de undersize e oversize são coletadas simultaneamente, em seguida passam pelo processo de pesagem e secagem, para determinação do percentual de sólidos, distribuição granulométrica e composição química. Após levantamento dos resultados dos testes, as eficiências são calculadas conforme fórmulas 2.1 a 2.5. Os testes foram realizados na malha de 150µm, spray variando de 0 à 64m³/h, taxa 119, 127 e 136 t/h e percentual de sólidos de 35,2 e 44,8%.

2.3 Eficiência de peneiramento

No estudo foram medidas a eficiência de peneiramento, que podem ser obtidas por meio das seguintes equações:

$$U = \frac{(100 \times (C - A))}{(C + D - 100)} \quad (2.1)$$

$$O = 100 - U \quad (2.2)$$

$$EU = \frac{U \times D}{B} \quad (2.3)$$

$$EO = \frac{O \times C}{A} \quad (2.4)$$

$$EG = \frac{U \times D + O \times C}{100} \quad (2.5)$$

Sendo:

A - % de *oversize* presente na alimentação;

B - % de *undersize* presente na alimentação da peneira;

C - % de *oversize* presente no material retido na malha teste;

D - % de *undersize* presente no material passante na malha teste;

U - % em massa de *undersize*;

O - % em massa de *oversize*;

EU – Eficiência para o *undersize*;

EO – Eficiência para o *oversize*;

E – Eficiência global;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TESTES NO CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL DO ANGLO AMERICAN

Os resultados de caracterização mineralógica mostraram ainda a composição predominante de hematita 36,2%, e quartzo 62,3% e outros 1,5%, e grande liberação do quartzo. O grau de liberação está representado na figura 3.1 apresenta que 93% das amostras está com mais de 95% de liberação, evidenciando assim, o baixo percentual de partículas mistas nas frações grosseiras. Isso possibilita uma boa separação pelo método de peneiramento de alta frequência, pois se não houvesse liberação das partículas, a perda metálica para o *oversize* poderia ser maior.

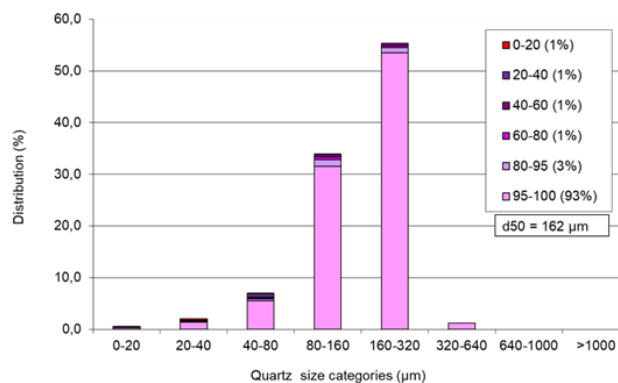


Figura 3.1. Grau de liberação do quartzo na carga circulante.

Os resultados das amostragens da carga circulante representados na figura 3.2, confirmaram a predominância da sílica maior que 150 μm . A média das amostras mostraram que 46% da massa desse fluxo estava acima de 150 μm , mas somente 4,6% de todo o ferro contido. A distribuição granulométrica da maioria das amostras apresentou um D50 de 150 a 200 μm , confirmando o alto percentual de partículas de elevado diâmetro nesse fluxo.

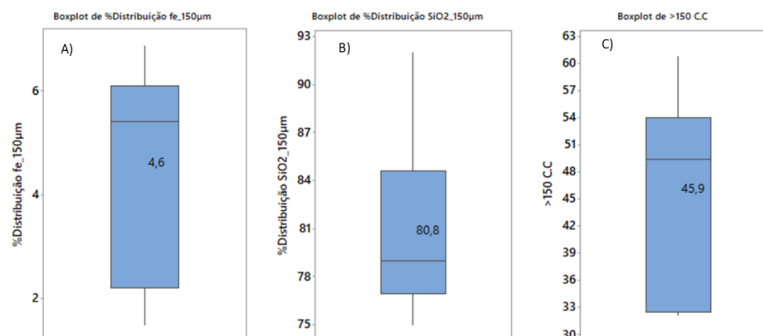


Figura 3.2. Distribuição do ferro (a) da sílica (b) e da massa acima de 150 μm (c) na amostra da carga circulante.

As amostras preparadas e utilizadas nos testes de flotação em bancada apresentaram um teor médio de aproximadamente 33,2% de Fe na linha 1 e 27,1% de Fe na linha 2. A abertura que resultou em 80% passante foi a de 237 μm , muito acima de 118 μm , valor projetado para a alimentação da flotação. Os teores de ferro dessas amostras estão compreendidos entre a mediana e terceiro quartil das amostragens realizadas no período estudado. Os valores estão representados na figura 3.3.

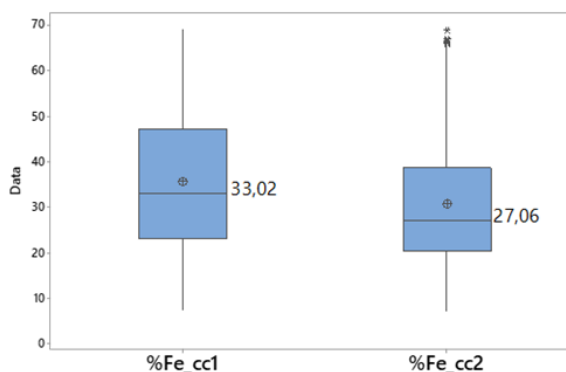


Figura 3.3. Resultados de teor de ferro da carga circulante da linha 1 e 2 da flotação

4.2 TESTES DE FLOTAÇÃO EM BANCADA

Foram realizados ainda testes de flotação para avaliar o efeito do peneiramento da carga circulante, em diferentes condições.

As análises estatísticas dos resultados, estão resumidas nas Figura 4.1 e figura 4.2.

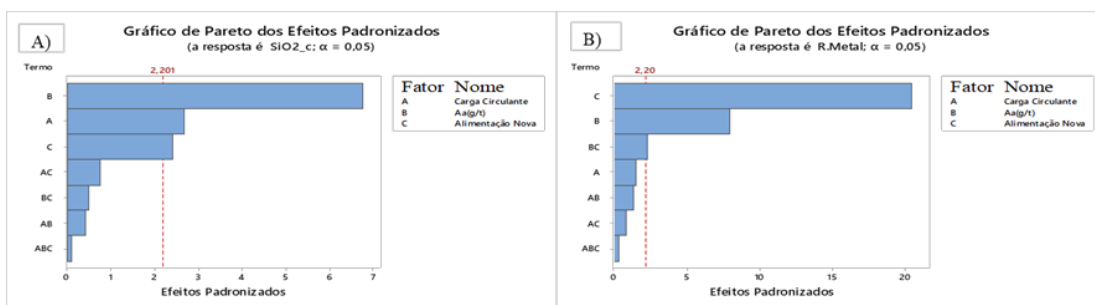


Figura 4.1. Nível de significância dos efeitos para as variáveis silica no concentrado (A) e recuperação metalúrgica da flotação (B)

Os principais efeitos do peneiramento da carga circulante, apresentaram grande significância para a qualidade do produto final, mesmo diante do grande intervalo de dosagem de amina, de 35 a 50g/t. O peneiramento não apresentou relevância na recuperação metalúrgica.

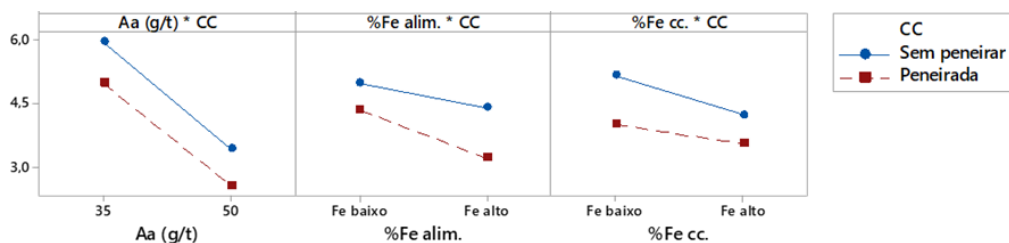


Figura 4.2. Efeitos das variáveis testadas em todos os níveis no teor de silica no concentrado

Obseva-se um melhor desempenho para os testes nos quais a carga circulante foi peneirada, e essa melhora é ainda mais acentuada para teores de Fe mais elevados na alimentação nova. Já a carga circulante apresenta um efeito mais positivo do peneiramento para menores teores de Fe. Essa condição é o que acontece atualmente no circuito industrial: Fe alto na alimentação nova da flotação e baixo teor de Fe na carga circulante.

4.3 TESTES DE PENEIRAMENTO EM ESCALA PILOTO

Os melhores resultados serão apresentados a seguir, contemplando a tela de 150 μ m. Os testes foram realizados com vazão de água no spray foi de 0 e 64m³/h, taxa de 119, 127 e 136 t/h, percentual de sólidos 35,2 e 44,8%, a tabela 4.1 representa os resultados obtidos.

Tabel 4.1. Resultados Peneiramento

Spray (m ³ /h)	Taxa (t/h)	Sólidos (%)	EO (%)	EU (%)	E.G (%)
0	119	35,2	82	95	90
64	119	35,2	77	95	88
0	127	35,2	81	94	89
64	127	35,2	77	97	89
0	136	35,2	80	95	89
64	136	35,2	77	96	88
0	119	44,8	84	92	90
64	119	44,8	80	95	89

A tabela 4.1 mostra que com o acionamento do spray, a eficiência para *undersize* apresenta, na maioria dos testes, um aumento e em contrapartida, reduz a eficiência para *oversize*. Objetiva-se maior recuperação metalúrgica possível para o *undersize*, logo o acionamento do spray se torna necessário.

As regiões de operação que resultaram em maiores eficiências para o *undersize* estão representadas no gráfico de superfície de contorno, figura 4.3.

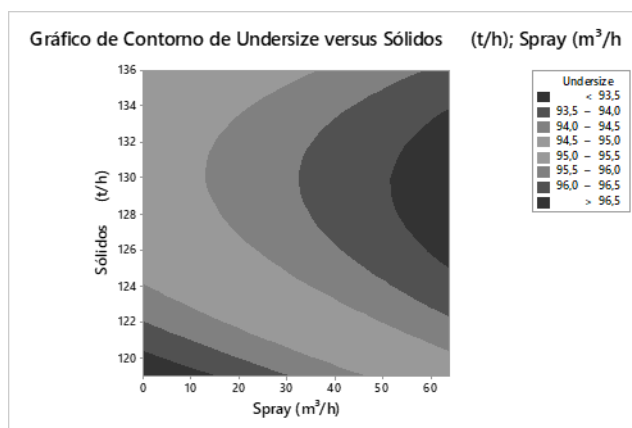


Figura 4.3. Superfície de Contorno

Com a otimização dos parâmetros operacionais do equipamento é possível obter um *oversize* com baixa perda metálica o que possibilita o descarte do fluxo como rejeito final. E um *undersize* com características físico/químicas mais adequadas ao processo de flotação. Os resultados estão representados na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Recuperações dos testes de peneiramento

Spray (m ³ /h)	Taxa (t/h)	Distribuição Fe (US)	Distribuição SiO ₂ (US)	Distribuição Fe (OS)	Distribuição SiO ₂ (OS)
0	119	85	24	15	76
64	119	61	18	39	82
0	127	84	23	16	77
64	127	90	27	10	73
0	136	83	23	17	77
64	136	89	28	11	72
0	119	85	20	15	80
64	119	90	10	25	75

5. CONCLUSÕES

1. Através das análises granuloquímicas constatou-se que, o material presente na carga circulante >150µm é basicamente composto por SiO₂ apresentando alto grau de liberação dos minerais. Ao peneirar o fluxo, o material retido (*oversize*) apresentou um baixo teor de Fe de aproximadamente 9%, possibilitando o descarte como rejeito final.
2. Por meio das análises e testes realizados em escala laboratorial, observa-se uma tendência significativa de melhora na qualidade do produto final, redução 1% no teor de SiO₂ ao realizar o peneiramento da carga circulante.

3. O peneiramento piloto resultou na obtenção de um *oversize* com 8,9% de Fe e 86,6% de SiO₂. E uma redução de aproximadamente 61% no teor de SiO₂ para o *undersize*, material com características físico/química adequadas à flotação, podendo retornar o fluxo nas etapas rougher ou cleaner 1.

6. REFERÊNCIAS

SILVA, A.C. Limpeza de telas de peneiras de alta frequência, seleção do melhor reagente e concentração com aplicação industrial. Monografia Apresentada ao Curso de Especialização em Tratamento de minério, Universidade Federal de Goiás, 2015.

BRAGA, J.M.M. Efeito do scalping de Quartzo Grosso na Flotação Catiônica Reversa de Minério de Ferro, Belo Horizonte, Tese de mestrado, CPGEM, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

ESTEVES, G.Q.; CABRAL, M.T.S.; MAZON, R.; JESUS, W. Peneiras de Alta Frequência no Beneficiamento Mineral. Contribuição Técnica ao 44o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 10p.,2014.

VALINE, S.B.; WHELLER, J.E.; ALBUQUERQUE, L.G.; Improved Griding Circuit Performance with the Derrick Stack Sizer Screen. Contribuição técnica para o 41º simpósio de redução de minério de ferro e tecnologia mineral. 2011; 595:607.

VIEIRA, A.M. Efeito da Granulometria na Flotação de Quartzo, Belo Horizonte, Tese de Doutorado, CPGEM, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.