



## AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA DE ALIMENTAÇÃO DA FLOTAÇÃO DE ESPODUMÊNIO DA AMG-MINERAÇÃO PARA ELEVAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

SOARES, J.C.M.<sup>1</sup>, VIANA, P.R.M.<sup>2</sup>, PARREIRAS, L.G.<sup>3</sup>,  
SILVA, T.G.<sup>4</sup>, GUSMÃO, C.V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e Minas - Mestrado Profissional (CPGEM), e-mail: joaocarlosmls@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade de Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia de Minas, email: pviana@demin.ufmg.br

<sup>3</sup>Coordenação de Produção, AMG-mineração.

<sup>4</sup>Engenharia de Processos, AMG-mineração.

<sup>5</sup>Pesquisa e Desenvolvimento, AMG-mineração.

### RESUMO

A flotação de espodumênio da AMG-mineração é uma nova rota de concentração de espodumênio no Brasil. Constitui-se em um grande desafio dado a pouca literatura para apoio técnico, associado as dificuldades operacionais existentes na usina, nos primeiros meses de produção. Este trabalho teve como principal objetivo verificar a influência da granulometria da alimentação da flotação na recuperação mássica e metalúrgica do processo para obter-se eventual aumento de produção. Foram realizados balanços metalúrgicos detalhados por faixa granulométrica da alimentação e dos produtos da flotação industrial. Os resultados indicaram uma baixa recuperação de Li<sub>2</sub>O nas faixas granulométricas acima de 149µm, que representam aproximadamente 50% da massa alimentada na flotação. Estudos em andamento, consistem da moagem da fração acima de 149 µm, seguida de flotação do produto da moagem, objetivando-se uma avaliação desta faixa granulométrica visando o aumento da recuperação metálica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Flotação, Espodumênio, Granulometria, Recuperação.

### ABSTRACT

The AMG-mining spodumene flotation is a new route for spodumene concentration in Brazil. It is a major challenge given the limited literature for technical support associated with the operational bottlenecks in startup plant. This work had as main objective to verify the granulometry influence of feed flotation in the mass recovery and metallurgical to obtain eventual increase of production. Detailed metallurgical balances were carried out by particle size distribution and industrial flotation products. Studies in progress consist of grinding the fraction above 149 µm followed by flotation of the mill product with the aim of increasing the metal recovery.

**KEYWORDS:** Flotation, Spodumene, Particle Size Distribution, Recovery.

## 1. INTRODUÇÃO

A AMG-mineração é uma empresa que se destaca no cenário mineral brasileiro com a produção de concentrado de Tântalo, sendo uma das empresas referência neste segmento da indústria mineral. Atualmente a AMG iniciou a operação de uma nova planta de concentração de espodumênio.

A planta de espodumênio da AMG-mineração foi inaugurada no primeiro semestre de 2018, com o desafio de produzir concentrado de espodumênio pelo método de concentração mineral por flotação e também diversas etapas comuns à uma planta de beneficiamento, como moagem, classificação, deslamagem, espessamento, filtragem e secagem.

O presente trabalho, objetivou avaliar a granulometria de alimentação da flotação, com análise direcionada à recuperação mássica e metalúrgica da usina, de modo a determinar o quanto a granulometria de alimentação utilizada no processo, pode beneficiar ou prejudicar a recuperação do espodumênio na etapa de flotação.

VIANA (2006) diz que o mineral mais comum portador de lítio no Brasil é o silicato espodumênio. No território brasileiro, a produção está praticamente restrita aos pegmatitos da região norte de Minas Gerais. A separação do espodumênio do quartzo, feldspatos e micas, silicatos mais comumente associados ao mineral principal é geralmente realizada através de cata manual ou separação gravítica em meio denso. Tanto a operação de flotação quanto a separação magnética são métodos empregados nas maiores operações do mundo, e são atualmente utilizados na AMG-mineração.

De acordo com LIMA e VALADÃO (2008), a flotação é um dos principais processos de concentração, sendo empregados para os mais diversos mineirais, como ferro, cobre, fosfato, entre outros. Considerando-se que a flotação é normalmente empregada para faixas granulométricas entre 10 e 300 micrometros a seletividade do processo de flotação torna-se muito baixa fora desses limites granulométricos, porque as condições hidrodinâmicas do sistema, não são capazes de manter o nível de flotabilidade ideal das partículas.

Para LEJA (1982) o tamanho máximo da alimentação para um sistema de flotação pode ser estabelecido em função do tamanho de liberação do mineral útil. Porém, em muitos casos, este tamanho é limitado pela força de adesão entre partícula e bolha.

Na AMG-mineração a liberação do mineral espodumênio situa-se na faixa granulométrica de 200  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$  segundo análise realizada no laboratório de caracterização tecnológica (LCT) da USP.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A figura 1, mostra um fluxograma esquemático da flotação de espodumênio, que possui etapa de condicionamento, onde são adicionados junto a alimentação nova, o reagente coletor para flotar espodumênio, e soda cáustica para regularização do pH. Após o material segue para o estágio *Rougher* composto por 5 células mecânicas do tipo *TankCell* (Outotec), onde o rejeito desta etapa é o rejeito final e o concentrado segue para o estágio *Cleaner* composto por 4 células mecânicas modelo *OK-Cell* (Outotec), sendo que, o

concentrado deste estágio é o concentrado final e o rejeito é retornado para o estágio *Rougher*.

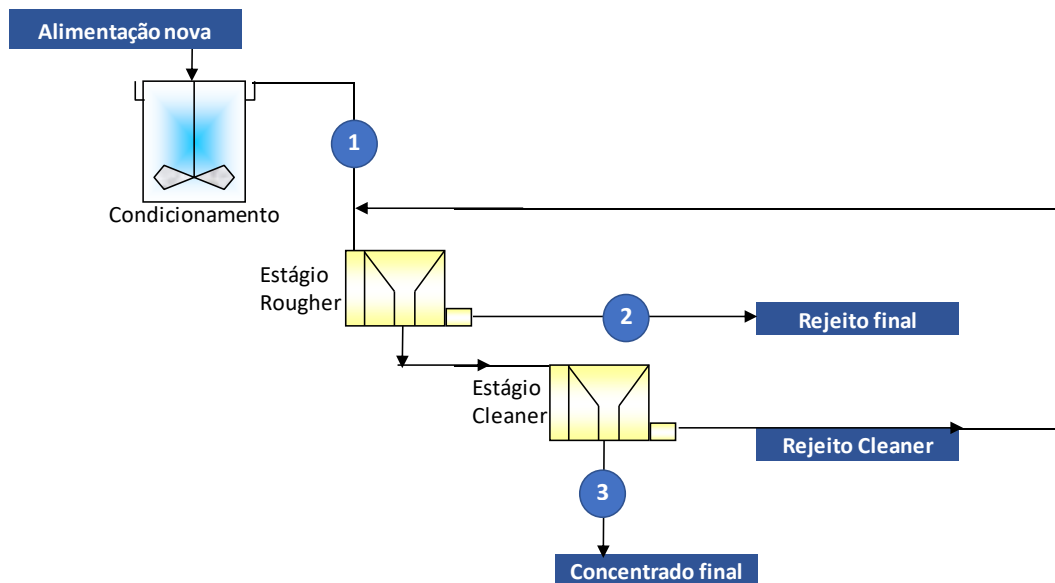


Figura 1. Fluxograma da flotação, com os pontos de coleta de amostra.

Para conhecer e avaliar a influência da granulometria de alimentação da flotação na recuperação de  $\text{Li}_2\text{O}$ , foi realizado um balanço de massa do circuito, para realizar os cálculos de recuperação e conhecer os teores por faixa granulométrica da alimentação da flotação (1), do rejeito final da flotação (2), do concentrado final da flotação (3).

Desta maneira, foi possível determinar-se a recuperação por faixa granulométrica da flotação de espodumênio. Com relação à especificação dos produtos no mercado, os mesmos são caracterizados pelos seus teores de  $\text{Li}_2\text{O}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Especificações usuais são  $\text{Li}_2\text{O}$  maior que 5,5% e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  menor que 0,8%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas a seguir, apresentam os resultados das análises físicas e químicas realizadas pelo laboratório químico e físico da AMG-mineração após coleta e análise das amostras. As análises químicas foram realizadas via equipamento ICP (plasma por acoplamento indutivo) e a análise granulométrica foi feita a úmido, por peneiramento, utilizando as faixas granulométricas selecionadas.

Assim, nestas tabelas são apresentados os dados de análise química, distribuição granulométrica, e recuperação metalúrgica, de  $\text{Li}_2\text{O}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nas faixas 177 $\mu\text{m}$ , 149  $\mu\text{m}$ , 105  $\mu\text{m}$ , 53  $\mu\text{m}$ , 44  $\mu\text{m}$  e < 44  $\mu\text{m}$ .

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam as informações referentes a alimentação, concentrado e rejeito da flotação respectivamente.

**Tabela 1. Dados da análise granulométrica da alimentação da flotação.**

Granulometria da alimentação da flotação		Teores (%)	
Abertura ( $\mu\text{m}$ )	Retido simples (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O
177	22,1	0,39	1,00
149	27,3	0,27	1,50
105	19,5	0,27	1,40
74	14,3	0,32	1,40
53	9,5	0,38	1,50
44	3,6	0,45	1,60
-44	3,6	0,70	1,70
	<b>100,00</b>	<b>0,34</b>	<b>1,34</b>

**Tabela 2. Dados da análise granulométrica de concentrado da flotação.**

Granulometria do concentrado da flotação		Teores (%)		Recuperação metálica (%)		Recuperação mássica (%)
Abertura ( $\mu\text{m}$ )	Retido simples (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	
177	0,9	0,72	5,21	63,0	28,0	5,0
149	4,1	0,54	6,07	65,0	56,0	13,0
105	17,4	0,51	6,17	66,0	69,0	15,0
74	19,6	0,60	5,77	76,0	77,0	19,0
53	16,6	0,82	5,02	46,0	81,0	24,0
44	14,1	1,09	4,26	74,0	86,0	33,0
-44	27,3	1,70	3,59	86,0	87,0	41,0
	<b>100,0</b>	<b>0,99</b>	<b>4,91</b>	<b>57,0</b>	<b>65,0</b>	<b>18,0</b>

**Tabela 3. Dados da análise granulométrica de rejeito da flotação.**

Granulometria do rejeito da flotação		Teores (%)		Recuperação metálica (%)	
Abertura ( $\mu\text{m}$ )	Retido simples (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O
177	32,0	0,22	0,72	37,0	72,0
149	14,3	0,14	0,73	35,0	44,0
105	19,5	0,14	0,51	34,0	31,0
74	12,4	0,13	0,41	24,0	23,0
53	9,2	0,26	0,36	54,0	19,0
44	4,3	0,17	0,33	26,0	14,0
-44 $\mu\text{m}$	8,3	0,15	0,38	14,0	13,0
	<b>100,0</b>	<b>0,18</b>	<b>0,56</b>	<b>43,0</b>	<b>35,0</b>

### 3.1 Análise dos dados obtidos

Para um melhor entendimento dos dados levantados foram feitos os gráficos das figuras 2 e 3 para análise da recuperação mássica e metálica.

A Figura 2 apresenta a recuperação mássica da flotação do espodumênio por faixa.

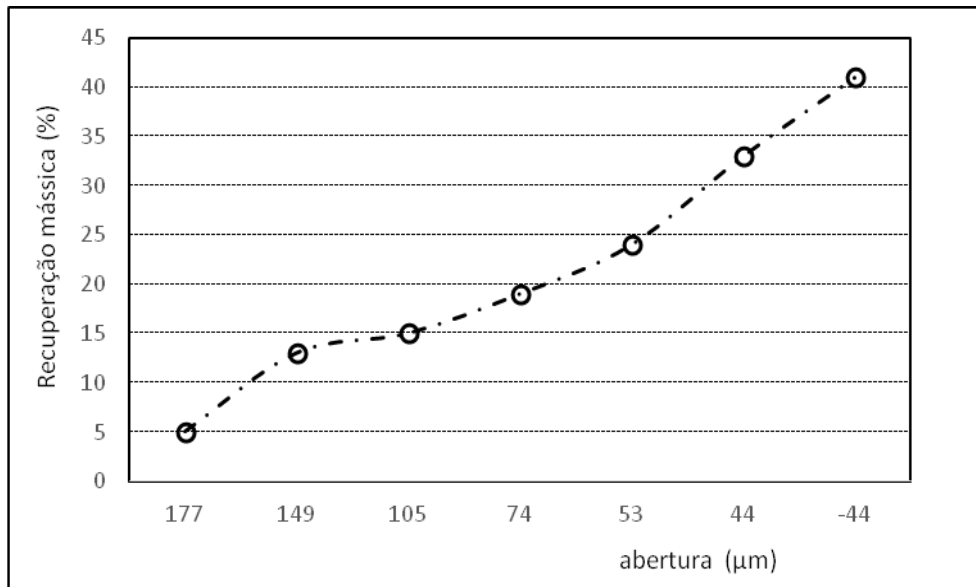


Figura 2. Recuperação mássica por faixa granulométrica da flotação de espodumênio.

A figura 3 apresenta a recuperação metálica da flotação do espodumênio por faixa granulométrica, em relação aos óxidos de  $\text{Li}_2\text{O}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

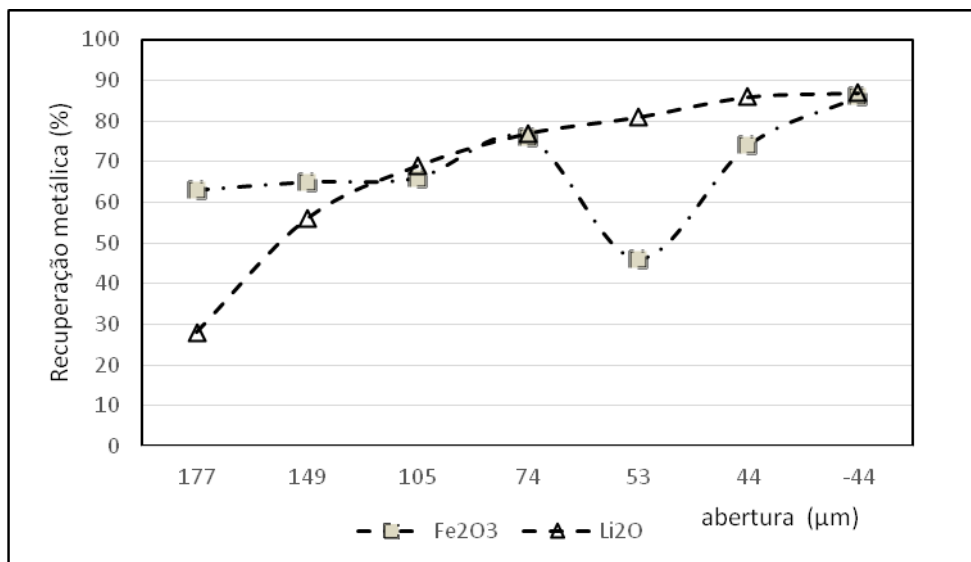


Figura 3. Recuperação metalúrgica por faixa granulométrica da flotação de espodumênio.

Percebe-se nitidamente a baixa recuperação do  $\text{Li}_2\text{O}$ , através das figuras 2 e 3, nas faixas granulométricas acima de  $149 \mu\text{m}$ , sendo que estas faixas granulométricas representam aproximadamente 50% da massa alimentada na flotação. Vale ressaltar que o teor de  $\text{Li}_2\text{O}$  nestas faixas pode ser avaliado como um bom teor de  $\text{Li}_2\text{O}$  (média de 1,2%). Assim, pode-se dizer que, uma das causas do rejeito apresentar teor de  $\text{Li}_2\text{O}$  de 0,56%

(objetivado 0,32%) é devido à baixa recuperação das partículas de espodumênio nestas faixas granulométricas.

Com relação ao  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que é um contaminante do concentrado de espodumênio, verifica-se na figura 3 que as recuperações estão acima de 60% em todas as faixas, exceto em 53 $\mu\text{m}$ , onde deve ser melhor avaliada na sequência dos trabalhos para entendimento da redução da recuperação nesta faixa. Vale ressaltar que, uma das medidas para elevar a recuperação global mássica e metalúrgica, atualmente sendo investigada, é a redução da granulometria de alimentação da flotação. Nesta situação de moagem da fração mais grosseira da alimentação deve-se ter o cuidado com o teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no concentrado, devido à maior geração de partículas finas, <44  $\mu\text{m}$ , que são em geral ricas em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e estão sendo flotadas com um alto índice de recuperação metálica (86%), o que já na situação atual, leva a um alto teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,70%) nesta faixa mais fina do concentrado.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas no presente estudo, verificou-se que as partículas de granulometria acima de 149 $\mu\text{m}$  na alimentação da flotação, que representam aproximadamente 50% da massa alimentada na flotação, contribuem significativamente para a diminuição da recuperação do  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Sendo assim, a identificação encontrada de menor recuperação nas frações +0,149  $\mu\text{m}$ , é uma das grandes oportunidades de elevação da recuperação/produção da flotação de espodumênio. Possíveis ações/estudos para aumentar a recuperação nesta fração incluem a modificação da agitação da polpa nas células, tempo de condicionamento do reagente com a polpa, flotação de grossos (+0,149  $\mu\text{m}$ ) em separado, ou mesmo a moagem do material +0,149  $\mu\text{m}$ , de modo a reduzir a malha granulométrica de alimentação da flotação, uma vez que o tamanho de partículas é um dos principais fatores que influenciam a cinética de flotação.

Assim, um dos passos desta investigação, será a moagem somente da fração da alimentação +0,149  $\mu\text{m}$ , seguida de flotação em separado do material moído, assim como a flotação do material moído juntado ao material natural -149 $\mu\text{m}$  em escala de bancada/piloto, objetivando-se analisar melhor o comportamento desta fração e concretizar-se o alto potencial de aumento da recuperação de  $\text{Li}_2\text{O}$  no concentrado.

Visando-se à criação de um banco de dados mais robusto em relação ao processo, e maior assertividade nas tomadas de decisões, deverá ser dada continuidade às análises das recuperações por faixa granulométrica da flotação. Como também mais detalhes sobre este trabalho, como dados de processo da flotação (volume, pH, rotação, vazão de ar, etc), poderá ser visualizado na dissertação de mestrado pela CPGEM/UFMG que está sendo confeccionada pelos dois primeiros autores deste artigo.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e força que me concede todos os dias, aos meus pais pelo grande apoio e auxílio, a equipe da AMG-mineração pela oportunidade de desenvolvimento do presente trabalho, ao Carlos Valdir Gusmão (especialista de flotação) a

Outotec pela parceria no desenvolvimento do processo e ao Professor Paulo Viana, pelas orientações no desenvolvimento do trabalho.

## **6. REFERÊNCIAS**

AMG-MINERAÇÃO. General process description. Spodumene Plant EPC. Mina de Volta Grande, Nazareno/MG. Outubro 2017. 20p.

BRAGA, P.F.A., FRANÇA, S.C.A., CELINO, E.A.B. Lítio, uma visão atualizada do mercado mundial. In: XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology. Goiânia, 2013.p. 1-8

LEJA, J. Surface Chemistry of Froth Flotation. New York: Plenum Press, 1982. 758p

LIMA, N.P, VALADÃO, G. E. Avaliação do efeito da granulometria no processo de flotação. Rem-revista Escola De Minas, vol 61. Ouro Preto. 2008. 5p.

VIANA, P.R.M. Flotação de espodumênio, microclina, muscovita e quartzo com coletores aniônicos, catiônicos, anfotéricos e mistura de coletores.[Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Escola de Engenharia; 2006.