

# SEPARABILIDADE DE MINERAIS HIDROFÓBICOS POR FLOTAÇÃO (MOLIBDENITA E TALCO)

**Felipe Vinícius Celestino dos Santos**

Aluno de Graduação de Engenharia Metalúrgica 11º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: julho de 2011 a julho de 2012  
fvsantos@cetem.gov.br

**Paulo Fernando Almeida Braga**  
Orientador, Engenheiro Químico, M.Sc.  
pbraga@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil não existem reservas significativas de minério de molibdênio, e a molibdenita produzida como subproduto da garimpagem da esmeralda (berilo verde) na Serra de Carnaíba (Bahia) desperta um interesse econômico.

Na recuperação da molibdenita contida nos rejeitos de garimpagem é utilizado o processo de flotação, sendo produzidos concentrados com baixo teor, resultando um produto de baixo valor econômico. O concentrado de molibdenita produzido na Serra de Carnaíba tem um teor de ~50% de Mo, inferior ao produto comercializado internacionalmente que é superior a 54% Mo. Estudos de caracterização mineralógica indicaram a presença de molibdenita e de outros minerais de ganga como o talco (corroborados por um teor de 0,6% de Mg) e clinocloro.

## 2. OBJETIVO

O presente projeto tem por objetivo desenvolver um sistema de reagentes onde o minério de molibdenita seja concentrado por flotação mediante ação de um reagente adequado. Entre os reagentes foram estudados: a dextrina, a carboxil metil celulose e goma guar.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre os reagentes modificadores, os depressores constituem uma das categorias mais importantes no processamento mineral, pois muitas vezes controlam a ação de coletores individualmente na superfície de um determinado mineral. O uso de reagentes depressores pode modificar a adsorção coletiva de certos coletores, podendo ser aumentada ou diminuída, de forma a conseguir uma separabilidade entre dois minerais com características semelhantes. As principais classes dos depressores são formadas por reagentes inorgânicos (ácidos, álcalis e sais metálicos) e reagentes orgânicos que contém grupos polares, tais como -OH, -COOH, -CO, -NH<sub>2</sub>, -NH e -SO<sub>3</sub>H (BULATOVIC, 2007).

Estudos têm sido realizados, ao longo dos anos, com o intuito de entender os mecanismos de depressão e dispersão, para separar molibdenita a partir de minerais insolúveis, fortemente hidrofóbicos, como o talco (VICENT e SHIRLEY, 1985).

A molibdenita, o talco, o grafite e outras espécies naturalmente hidrofóbicas, devem sua flotabilidade natural a sua estrutura cristalina laminar, com união fraca de Van der Waals entre as lâminas, que ao romperem-se geram sítios de baixa energia livre superficial, ou seja, sítios hidrofóbicos. No interior das lâminas há forte união covalente que, ao romper-se, geram sítios de alta energia livre superficial, ou seja, sítios hidrofílicos (JARA; CASTRO 2006).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Materiais

Para a realização do presente estudo utilizou-se um concentrado de molibdenita proveniente da Serra de Carnaíba com 50% Mo. O talco com 30,7% MgO foi fornecido pela Mineração Paranaense. Ambos os minerais encontravam-se na granulometria de -74 µm +37 µm.

## 4.2 Reagentes

Após uma revisão da literatura (GOMES, 1988; RATH et al., 1997) foram selecionados os seguintes depressores: a dextrina, a carboxil metil celulose (CMC) e a goma guar. Utilizou-se o metil isobutil carbinol (MIBC) como reagente espumante na concentração de 100 ppm e hidróxido de potássio e ácido clorídrico como reguladores de pH. O cloreto de potássio foi utilizado na concentração de  $10^{-3}$  moles/L para manter a força iônica durante os ensaios de flotação.

## 4.3 Métodos

Inicialmente, a suspensão com 3 g do mineral teve o pH ajustado em um béquer sob agitação magnética. A seguir, essa suspensão era condicionada por 5 min com o reagente depressor, ajustada ao pH desejado e depois, com o espumante (MIBC), por mais 5 min.

Depois de condicionada a amostra era flotada em uma célula Patridge & Smith com 250 mL de capacidade (Figura 1) durante 3 min. Para geração das bolhas utilizou-se ar que era introduzido na célula por uma placa porosa, na vazão de 1 L/min.



Figura 1 – Sistema de flotação com célula Patridge & Smith

Os ensaios de flotação foram realizados nos pH's 2, 4, 6, 8, 10 e 12 e a concentração do depressor foi mantida em 100 ppm. Ensaios complementares foram realizados para verificar a influência da concentração do depressor na flotabilidade do talco e da molibdenita.

Ao final dos ensaios os produtos afundados e flutuados eram secos e pesados para avaliação da flotabilidade (relação entre o produto flutuado e a soma dos produtos flutuado e afundado).

Todos os ensaios de flotação foram executados em triplicata e os resultados cujo erro foi maior do que 5% foram repetidos.

As amostras foram submetidas também a medidas de potencial zeta no equipamento da marca Malvern modelo Zetasizer nano – ZS.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 (A, B e C) estão apresentadas a flotabilidade do talco e da molibdenita quando tratados com os depressores orgânicos CMC, goma guar e dextrina. Verifica-se uma grande janela de separação (alta flotabilidade do talco e baixa flotabilidade da molibdenita) quando foi utilizada a dextrina como depressor em toda extensão de pH. Isto é corroborado pelo fato da dextrina ser um polímero orgânico não iônico que sofre pouca influência de alterações de pH.

A Figura 2 (D) mostra a flotabilidade do talco e da molibdenita em função da variação da concentração de dextrina. Verifica-se que com adição de 10 ppm de dextrina, em pH 8, é possível flotar 80% do talco e apenas 12% da molibdenita, ensejando assim, uma boa janela de separação.

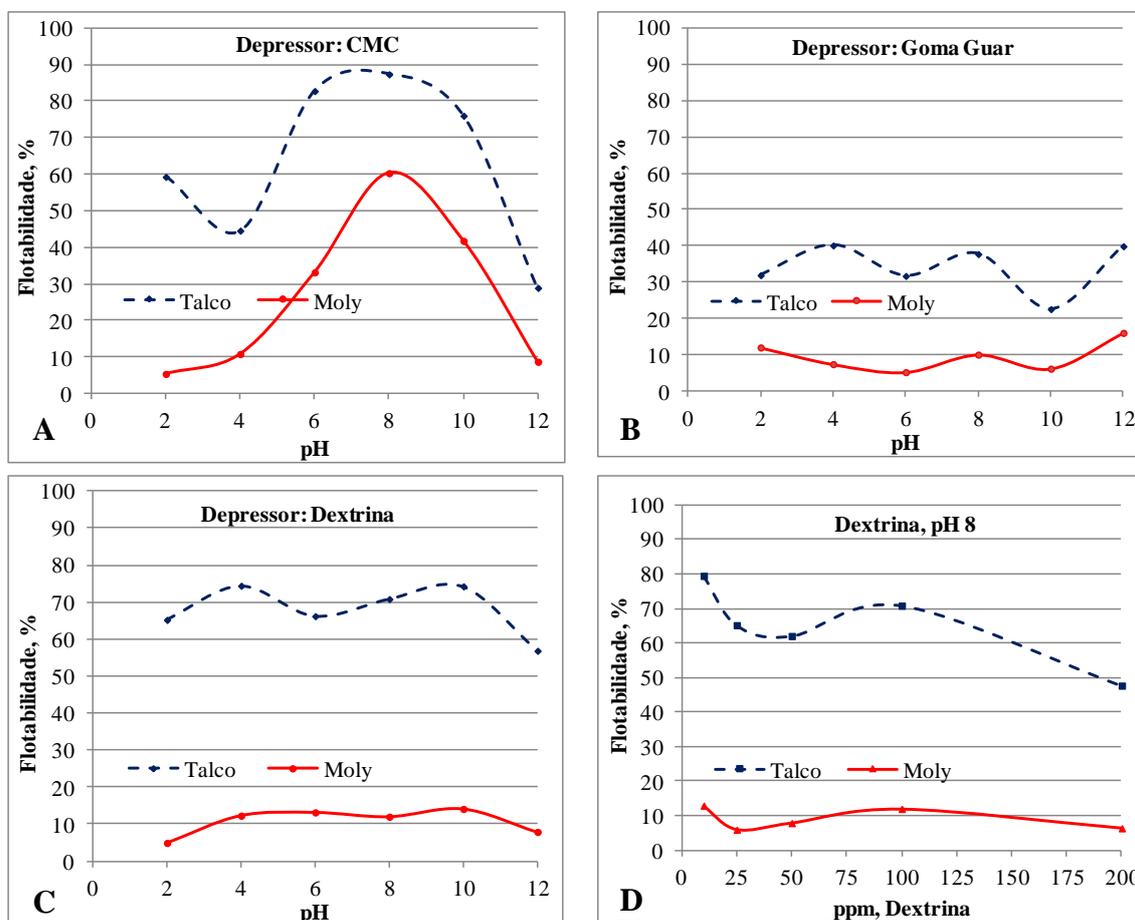


Figura 2 – Curvas de flotabilidade do sistema talco/molibdenita para diferentes depressores

O potencial zeta é um bom indicador da carga elétrica presente na superfície de minerais e pode ser utilizado para prever e controlar a estabilidade de suspensões ou emulsões coloidais em diferentes pHs. A técnica utilizada foi realizada com a medição da mobilidade eletroforética, introduzindo uma suspensão coloidal diluída em uma cuba com dois eletrodos e aplicando-se um potencial elétrico a suspensão. As partículas com carga elétrica se movem na direção do eletrodo de carga contrária (INSTRUTECNICA, 2012). Dessa forma, pôde-se obter o gráfico contido na Figura 3, para as amostras de molibdenita pura e tratada com 10 ppm de dextrina. Como a dextrina é um polímero não iônico, a dupla camada elétrica da interface não teve influência significativa no mecanismo de adsorção (WIE; FUERSTENAU 1973). Os resultados obtidos na Figura 3 mostram claramente que a adsorção da dextrina interfere no potencial zeta da molibdenita.

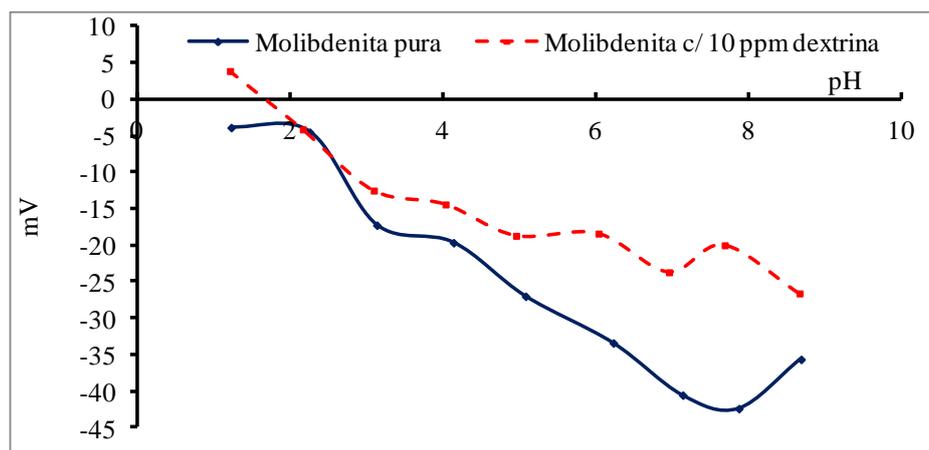


Figura 3 – Curva de potencial zeta da molibdenita pura e tratada com dextrina 10 ppm.

## 6. CONCLUSÕES

Os estudos de flotabilidade e de determinação do potencial zeta, efetuados com amostras de minerais hidrofóbicos como molibdenita e talco, pode-se concluir que:

- i – A goma guar é um forte depressor tanto para a molibdenita quanto para o talco.
- ii – Não há possibilidade de separação seletiva entre a molibdenita e o talco, utilizando-se CMC ou goma guar como depressores.
- iii – Quando se utilizou a dextrina como depressor da molibdenita, o pH entre 4 e 8 manteve o mesmo desempenho na depressão desse mineral.
- iv – A adsorção da dextrina é mais acentuada na superfície da molibdenita que no talco, sendo possível deprimir 88% da molibdenita utilizando-se dextrina como depressor na concentração de 10 ppm, promovendo um boa separação do talco.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao CNPq pelo apoio financeiro concedido para que a pesquisa pudesse ser realizada. Ao orientador Paulo Braga e ao técnico Tiago Silva por toda ajuda prestada no período. Ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais – DEMM/COPPE, pelos conhecimentos adquiridos na área minero-metalúrgica.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BULATOVIC, S. M. **Handbook of Flotation Reagents, Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulfide Ores**. Publisher: Elsevier Science & Technology Books, abril 2007.
- GOMES, L. M. B. **Controle Físico-Químico da Flotabilidade Natural do Talco pela Carboximetilcelulose**. Tese, COPPE – UFRJ, 1988.
- INSTRUTECNICA, Potencial zeta e estabilidade coloidal em <http://www.instrutec.com.br/v2/represen/bic/teoriazeta.html> acessado em dia 06/06/2012.
- JARA, C.; CASTRO, S.; **Depresión de Molibdenita por Reactivos Floculantes**. In: IV INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING WORKSHOP, Santiago, Chile, 2006.
- RATH, R. K., SUBRAMANIAN, S.; LASKOWSKI, J. S. **Adsorption of Dextrin and Guar Gum onto Talc**. A Comparative Study. *Langmuir*, vol. 13, p. 6260-6266, 1997.
- VINCENT, J. D.; SHIRLEY, J. F. Section 16 Molybdenum, **In: SME Mineral Processing Handbook**, WEISS, N. L., editor, AIME, New York, 1985.
- WIE, J.M.; FUERSTENAU, D.W.; **The Effect of Dextrina on Surface Properties and The Flotation of Molybdenite**. Publisher: Elsevier Science & Techonology, august 1973.