

# O EFEITO DA ADIÇÃO DE REAGENTES NA DISPERSÃO DE HEMIMORFITA

J.S. Alexandrino<sup>1</sup>, P.S. Teixeira<sup>2</sup>, C.A. Pereira<sup>2</sup>, H.M. de Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais  
Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, 31270-901. email:  
[juniaalexandrino@yahoo.com.br](mailto:juniaalexandrino@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto  
Campus Universitário, s/n, Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, MG, 35400-000. email:  
pallomateixeira@yahoo.com.br

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o índice de dispersão das partículas na polpa do minério oxidado de zinco, através de ensaios com diferentes tipos de reagentes dispersantes. E para melhor compreender as mudanças na superfície mineral, levantaram-se curvas de potencial zeta da suspensão de hemimorfita, após a adição dos reagentes dispersantes. A amostra utilizada continha 87,18% de hemimorfita e 12,82% de contaminantes, sendo a maior parte sílica e dolomita. Os índices de dispersão foram estudados a partir da variação dos reagentes dispersantes: silicato de sódio, hexametafosfato de sódio, dispersol e AG LP-250, com concentração de 0,5% na dosagem de 500g/t frente aos valores de pH iguais a 8, 9, 10 e 12, obtendo-se a melhor dispersão da hemimorfita em pH 10 na presença de silicato e dispersol, por outro lado em pH 9 ocorreu uma diminuição do grau de dispersão. Para melhor compreensão das mudanças na superfície mineral realizaram-se análises da mobilidade eletroforética moendo o mineral abaixo de 10 $\mu$ m com concentração de 0,1% na solução e os dispersantes de 0.002%, com o valor do pH variando de 2 a 12. Entre os reagentes estudados o mais efetivo foi o dispersol.

PALVRAS-CHAVE: dispersão; flotação, reagentes; potencial zeta.

## 1. introdução

Os depósitos de zinco estão dispersos por todo o mundo, sendo muito comum encontrá-los associados ao ferro. O zinco é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre. As mineralizações ocorrem, principalmente, nas rochas calcárias que são as hospedeiras usuais. Os principais minerais de zinco são esfalerita, willemita, smithsonita, calamina ou hemimorfita, wurtzita, franklinita, hidrozincita e zincita, com destaque no Brasil para os minérios nomeados de calamina, willemita e esfalerita (Jesus, 2000).

O tratamento de minérios requer muitas pesquisas sobre o estado de agregação / dispersão das partículas em polpas minerais. Com o passar do tempo, os minérios a serem explotados estão com teores mais baixos se comparados com os anteriormente lavrados. Essa diminuição de teores pode levar à necessidade de uma moagem mais fina, com o objetivo de liberação dos minerais de interesse. Polpas minerais que contenham quantidades significativas de partículas com granulometria mais finas, normalmente, facilitam a agregação. O controle da agregação / dispersão das partículas em polpas minerais pode ser feito através da adição de reagentes dispersantes, coagulantes e floculantes. Os reagentes de dispersão podem agir também como depressores de minerais de ganga. Os mecanismos de dispersão e agregação estão ligados ao pH do meio. De modo geral, uma polpa dispersa favorece o processo de flotação.

A dispersão é uma etapa básica para a concentração de minérios de zinco, e outros. Uma polpa com presença de partículas muito finas pode levar a uma baixa seletividade na flotação, por isso existe uma importância em estudar o grau de dispersão. A estabilidade de uma dispersão (ou grau de dispersão) é representada pela sua resistência à agregação e sedimentação com o tempo. Uma dispersão pode ser considerada estável, se não houver nenhuma mudança sensível no número total de partículas com o tempo (Galéry, 1985).

A hemimorfita é um silicato de zinco cuja fórmula molecular é  $Zn_4Si_2O_7(OH)_2H_2O$  e se caracteriza por um sistema ortorrômbico. A hemimorfita consiste de um arranjo tridimensional de tetraedros de zinco – oxigênio ( $Zn(OH)O_3$ ) e silício – oxigênio ( $SiO_4$ ) unidos pelos vértices. A estrutura cristalina tem cavidades formadas entre anéis de seis membros, as moléculas de água à temperatura ambiente encontram-se no centro destas cavidades (Collado *et al.*, 2006).

Este trabalho mostra os resultados na determinação do grau de dispersão de hemimorfita, frente à adição de diferentes reagentes dispersantes, ensaios de potencial zeta mostraram como a adição desses reagentes alterou a carga de superficial do mineral em questão. A maximização da recuperação metalúrgica é um desafio constante, apesar das características dos minérios estarem mais desfavoráveis em função da liberação mais fina.

### 1.1 Dispersão

O estudo de dispersão está voltado para definição do processo completo de incorporação de partículas sólidas finamente subdivididas em meio líquido, de maneira tal que o produto final constitua em um estado uniforme de distribuição das partículas sólidas no líquido e não tenha separação de fases (Parks, 1965).

A estabilidade de uma dispersão (ou seu grau de dispersão) é representada pela resistência a agregação e sedimentação com o tempo. Uma dispersão pode ser então considerada estável se não houver nenhuma mudança sensível no número total de partículas com o tempo, tendo sido mencionado por alguns autores e pesquisadores como condição essencial para uma separação eficiente venha acontecer. A dispersão é uma etapa básica para concentração de minérios oxidados de zinco.

Tipos de dispersantes: O efeito de partículas finas na etapa de flotação é notório, causando perda de recuperação, dificuldade de filtragem e baixo rendimento metalúrgico. Sob certas condições, as lamelas aderem às partículas maiores, formando o fenômeno denominado “slimes coating” nas suas superfícies. As partículas finas no “slimes coating” são mais intensamente hidratadas, tornando a superfície mineral ávida pela água, impedindo a flotação (Rey e Raffinot, 1953 e Raffinot, 1970). Para minimizar e neutralizar os efeitos das lamelas é utilizado reagentes químicos. A função dos dispersantes é aumentar a molhabilidade das partículas minerais e, conseqüentemente, melhorar a atuação dos denominados ativadores e coletores. O mecanismo de ação dos dispersantes seria através da adsorção específica na interface mineral/água.

Os reagentes inorgânicos atuam principalmente aumentando a carga da dupla camada elétrica, adsorvendo na superfície das partículas através de pontes de hidrogênio ou adsorção química. Os reagentes inorgânicos mais comuns utilizados na dispersão de minério oxidado de zinco são hexametáfosfato de sódio, silicato de sódio e moduladores de pH.

O hexametáfosfato de sódio diminui a ação de lamelas e de sal solúvel presentes na polpa mineral. Shijie (1984) pesquisou a ação do hexametáfosfato de sódio, uma mistura de polifosfatos  $(\text{NaPO}_3)_n$ , na flotação de um minério oxidado de zinco e recuperou 76,57% de Zn, resultado superior em relação aos outros reagentes testados.

O silicato de sódio segundo Shijie (1984), mostrou que existem diversas relações entre  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ . A combinação com hexametáfosfato levou a uma dispersão efetiva de quartzo, enquanto que sua ação isolada não foi eficiente na dispersão do minério oxidado de zinco.

Os moduladores de pH, como NaOH,  $\text{Na}_2\text{S}$  e HCl, atuam aumentando o módulo da carga da dupla camada elétrica em razão da presença dos íons determinadores de potencial  $H^+$  e  $OH^-$ . Galéry (1985) evidenciou que NaOH e  $\text{Na}_2\text{S}$  agem como dispersantes para willemita.

Existem também os reagentes poliméricos, esses se mostram eficazes na dispersão de minerais portadores de zinco. O poliácrilato de sódio (conhecido também comercialmente como dispersol A 99 da “Clariant”): atua aumentando e mantendo a carga negativa da dupla camada elétrica. Os polímeros acrilato de baixo peso molecular, quando utilizados como modificadores para minérios associados principalmente à ganga dolomítica, apresentam maior recuperação metálica, melhor seletividade, menores perdas de finos e diminuição no consumo de modificadores. Borges (1993) comprovou a ação dispersante do poliácrilato de baixo peso molecular SPA20 em amostras da bacia de rejeitos de usina de tratamento de minério de zinco em Vazante (Mineração Areense S.A.). Galéry (1985) realizou ensaios de dispersão com a willemita na presença do polímero acrilato cataflot – P40, encontrando uma variação de 47% a 51% de grau de dispersão para valores de pH de 8,0 e 11,5, respectivamente. Acima de 11,5 seu poder de dispersão diminuiu para 15%. O polimetacrilato de sódio (comercialmente conhecido como Nalco 1389): é uma mistura comercial de metacrilato e hexametáfosfato de

sódio. Na dispersão do minério oxidado de zinco o metacrilato de sódio propiciou bons resultados de recuperação metalúrgica de zinco.

## 1.2 Potencial Zeta

Segundo Leja (1982) o potencial zeta é definido como o potencial medido com parâmetros experimentais estudados no plano de cisalhamento. Este potencial avaliado determina o comportamento das partículas, sua estabilidade, ou suas tendências a coagulação.

As partículas minerais coloidais adquirem uma carga elétrica superficial quando estão em contato com um líquido. O potencial zeta é um indicador dessa carga e é importante nos estudos de química superficial, visto que pode ser usado para prever e controlar a estabilidade de suspensões ou emulsões coloidais. Estudos eletroquímicos onde há formação de interface entre metal e solução de eletrólitos representam uma aproximação do que ocorre nos sistemas partícula em meio aquoso e têm contribuído consideravelmente para o estudo das interfaces.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Descrição da amostra

A amostra conhecida como Calamina, foi fornecida pela Votorantim unidade Vazante, possui o nome científico de Hemimorfita. A fórmula química é  $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$ . Foi recebida uma massa de 200 g.

### 2.2 Análise química

Foram realizadas análises de difração de raios-x e fluorescência de raios-x com o objetivo de determinar o grau de pureza da amostra.

### 2.3 Teste de dispersão

A amostra de hemimorfita foi britada, moída, pulverizada em malha de 45 $\mu$ m (352 mesh de tyler), homogenizada e quarteada em alíquotas de 100g. As alíquotas foram quarteadas até frações de 5g. Os ensaios foram realizados da seguinte maneira:

- Adicionar 5g de minério oxidado no tubo de dispersão.
- Adicionar 13,5 ml de água destilada com pH ajustado utilizando  $Na_2CO_3$ .
- Adicionar o dispersante na concentração de 0,5% com a dosagem de 500g/t e condicionar por 3 minutos.

Os testes foram realizados na dosagem de 500 g/t, com pH 8 ,10 e 12, e os dispersantes puros e compostos de 50% / 50% que foram utilizados nos testes são: hexametáfosfato de sódio (HMF de sódio), silicato de sódio, Ag LP250 e Dispersol. Foram utilizados também misturas de 50% de HMF de sódio com 50 % de AgLP 250 e 50% de Ag LP 250 com Dispersol.

O tempo de condicionamento dos reagentes foi de 3 minutos e após esse condicionamento adicionou-se água com o pH ajustado com a adição de  $Na_2CO_3$  e

condicionou-se por 3 min. Após esse tempo deixou-se sedimentar por mais 5 minutos e foram coletadas as frações afundada e flutuada. O grau de dispersão foi dado pela fórmula da equação 1.

$$GD(\%) = \left( \frac{m_{over}}{m_{over} + m_{under}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Sendo que:  $m_{over}$  = fração da amostra em suspensão após 5 minutos de sedimentação;  
 $m_{under}$  = fração da amostra em suspensão após 5 minutos de sedimentação.

## 2.4 Potencial Zeta

O trabalho determinou o potencial zeta da amostra a partir de medidas no Zeta Sizer Nano Series-Malver, ligado a um computador. Medidor de pH: Digimed, modelo DM-22.

Amostras de hemimorfita foram pulverizadas até alcançar uma granulométrica muito fina e logo após foi levada ao gral de porcelana até alcançar uma granulométrica de 10 $\mu$ m. a análise granulométrica foi realizada no granulômetro a laser Cilas 1064 Líquido.

As medidas de potencial zeta foram realizadas em suspensões de hemimorfita (0,2% de sólidos), a temperatura de aproximadamente 26°C, com variação do pH indo da faixa ácida a básica. As preparações das suspensões foram feitas em provetas de 250 mL e as suspensões foram preparadas um dia antes das medidas, assim as partículas mais finas eram medidas. O pH foi ajustado pela adição de soluções diluídas de NaOH e HCl para soluções básicas e ácidas respectivamente. Como eletrólito indiferente utilizou-se o KCl na concentração de 1x10<sup>-3</sup> mol/l.

Os ensaios foram realizados de acordo com os seguintes passos:

- Preparar 1L de solução de 10<sup>-3</sup> M de KCl com água deionizada;
- Retirar seis alíquota de 30ml;
- Modular o pH com soluções NaOH e HCl;
- Na primeira alíquota com o pH desejado, preparar uma solução (0,1%) do mineral em questão;
- Com auxílio de uma seringa, retirar pra volta de 0,75ml e encher a cubeta para análise no zetâmetro;
- Inserir a cubeta no compartimento próprio do zetâmetro e iniciar a análise.

Nos testes com dispersantes foram adicionados 1 ml da solução em questão.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 1 mostra os resultados dos testes de dispersão da hemimorfita em função da adição de dispersantes. Observa-se que o silicato de sódio e o dispersol foram os reagentes que levaram a um maior grau de dispersão.

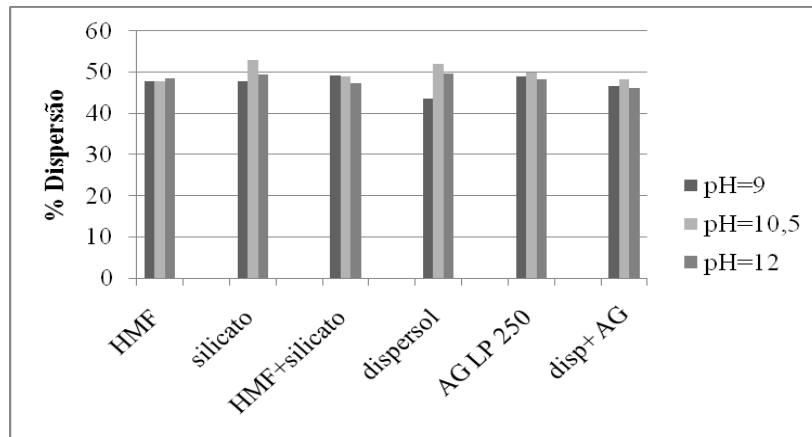


Figura 1: Variação do grau de dispersão na presença de diferentes reagentes com mudança de pH.

A figura 2 apresenta os resultados do potencial zeta frente adição desses reagentes. Observa-se que a hematita sem adição de reagentes mostrou o PIE em pH 2,6.

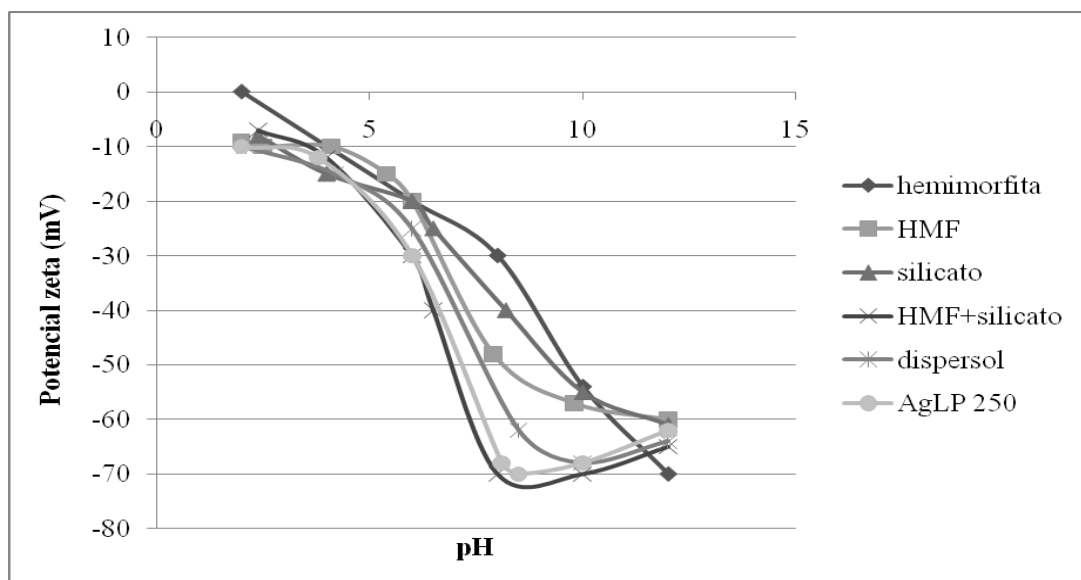


Figura 2: Variação do potencial zeta em relação a adição de diferentes reagentes.

#### 4. CONCLUSÕES

A interpretação do difratograma de raios-x, mostrou a presença de 87,18% de Hemimorfita ( $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$ ), ausência de smithsonita e de willemita. Provavelmente a amostra se trata de um concentrado, uma vez que apresenta grande quantidade do mineral hemimorfita.

Os resultados da espectrometria de fluorescência identificaram os seguintes elementos: Zn, O, Si, que são os principais constituintes do mineral hemimorfita identificado na difração de raios-x.

O PIE encontrado foi de 2,6. Em valores de pH acima desse valor as partículas apresentaram valores de potencial zeta mais negativo e abaixo desse pH, valores mais positivos;

A faixa de pH variando entre 9 e 10,5 se mostrou mais eficiente na dispersão de hemimorfita. Nessa faixa o potencial zeta se apresentou em valores mais negativos, confirmando uma boa dispersão do material.

Os reagentes dispersantes silicato de sódio e dispersol apresentaram o mais alto grau de dispersão da hemimorfita no pH 10. Porém o valor mais negativo neste pH foi o dispersol e o Ag Lp 250.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Collado, E.A.G., Chubaci, J.F. D., Silveira, A.C.F., 2006 Estudo da Cristalinidade da Hemimorfita, XXIX Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada. 9-13 de Maio, São Lourenço-MG.

Galéry, R. Influência do estado de dispersão na fluatibilidade do sistema Willemita/Dolomita. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 92p., 1985.

JESUS, C. A. G., 2000, Sumário Mineral, Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 2, 50 p.

LEJA, J. Surface Chemistry of Froth Flotation, Plenum, Nova York, 1ª edição, 758p.1982

PARKS, G. A. The isoelectric points of solid oxides, solid hydroxides, and aqueous hydroxo complex systems. The Journal of Physical Chemistry, 65, p. 177-198, 1965.

RAFFINOT P.G. Monograph of Four Ore-dressing Plants Owned by the Societé Minière et Metallurgique de Penarroya Treating Oxidized Ores of Lead and Zinc, In: RAUCH, D.O.; MARIACHER, B.C., AIME World Symposium on Mining and Metallurgy of Lead and Zinc, 1, New York, p. 770-811, 1970.

REY, M.; RAFFINOT, P. The Flotation of Oxidized Zinc Ores. Recent Developments in Mineral Dressing. Institute of Mining and Metallurgy, London, p. 571, 1953.

SHIJIE, T. Flotation of Oxidized and Complex Lead-Zinc ores: Research and Practice, International Conference Mineral Processing and Extractive Metallurgy, Eds.: 54, 1984.