

Influência da adição de fluorsilicato de sódio sobre a flotabilidade de minerais de manganês e quartzo com oleato de sódio

Influence of sodium fluorsilicate addition on manganese minerals and quartz floatability with sodium oleate

Emily Mayer Andrade

Mestre/PPGEM/UFOP
emayera@yahoo.com.br

Versiane Albis Leão

Professora do DEMET/UFOP
versiane@demet.em.ufop.br

Rosa Malena Fernandes Lima

Professora do DEMIN/PPGEM/UFOP
rosa@demin.ufop.br

Resumo

Esse trabalho apresenta e discute resultados de ensaios de microflotação e determinação de potencial zeta dos minerais rodonita, rodocrosita e quartzo, na presença de fluorsilicato e oleato de sódio em pH 9 e pH 11. Verificou-se que, para concentrações de Na_2SiF_6 abaixo de 10mg/L, houve maior depressão do quartzo em relação à rodonita no valor de pH 9 e que a flotabilidade da rodocrosita foi pouco afetada para os valores de pH 9 e 11. Resultados de medidas de potencial zeta versus pH indicaram que o ponto isoelétrico da rodonita (pH=2,8) coincidiu com o reportado em literatura, enquanto que os valores determinados para quartzo (pH<2,0) e rodocrosita (pH=10,8) apresentaram pequena divergência. Para os três minerais, a presença de oleato e/ou silicato de sódio foi capaz de tornar mais negativa a magnitude do potencial zeta dos três minerais em meio básico. Fundamentando-se nos resultados experimentais e, também, na especiação dos reagentes estudados (oleato e fluorsilicato de sódio), foi possível fazer inferências sobre mecanismos de adsorção dos mesmos sobre os três minerais de interesse.

Palavras-chave: Manganês, rodonita, rodocrosita, quartzo.

Abstract

This work presents and discusses results from zeta potential measurements and flotation response of rhodonite, rhodochrosite and quartz, in the presence of sodium fluorsilicate and sodium oleate. At concentrations of Na_2SiF_6 smaller than 10mg/L, at pH 9, quartz is more intensively depressed than rhodonite, whereas the flotation response of rhodochrosite is slightly affected either at pH 9 or pH 11. Results from measurements of zeta potential versus pH indicate that IEP of rhodonite (pH=2.8) is similar to those reported in literature, whereas the value of IEP of quartz (pH<2.0) and rhodochrosite (pH=10.8) differ slightly from literature. Zeta potential of rhodonite, quartz and rhodochrosite, in the presence of sodium fluorsilicate and/or sodium oleate, become more negative at basic medium. Based on the experimental results and collector (sodium oleate) plus depressant (sodium fluorsilicate) speciation, some inference on the adsorption mechanisms of these reagents upon rhodonite, quartz and rhodochrosite is maintained.

Keywords: Manganese, rhodonite, rhodochrosite, quartz.

1. Introdução

Segundo dados do DNPM (2005), o Estado de Minas Gerais possui cerca de 75% das reservas nacionais de minério de manganês, cujos teores médios de Mn está em torno de 24%. Dentro dessas reservas, estão incluídos os protominérios queluzito (rocha de ambiente redutor) de Morro da Mina em Conselheiro Lafaiete e gondito (rocha de ambiente oxidante) de São João del-Rey. Tanto a rodonita ((Mn, Fe, Mg, Ca) SiO₃) quanto o quartzo (SiO₂) ocorrem como minerais principais em queluzitos e gonditos. No caso dos gonditos, a rodocrosita (MnCO₃) é um dos principais minerais de manganês. Sabe-se que, em ambas tipologias, a espessartita (Mn₃Al₂Si₃O₁₂) é um dos minerais responsáveis pelo baixo teor de Mn e altos conteúdos de SiO₂ e Al₂O₃ (Abreu, 1973). Logo, faz-se necessária a eliminação parcial dos silicatos presentes nesses tipos de minérios, especialmente o quartzo e a espessartita, aplicando-se a flotação como um método possível para a concentração desses tipos de minérios.

A ruptura das ligações químicas iônicas e covalentes dos minerais, durante a fragmentação, ocasiona o aparecimento de cargas superficiais no momento de sua ruptura ou pela subsequente adsorção de íons presentes no meio (Rao, 2004). Em meio aquoso, partículas sólidas carregadas atraem uma atmosfera iônica de carga contrária, formando, dessa forma, a dupla camada elétrica, a qual tem importância fundamental para o entendimento do mecanismo de adsorção de reagentes sobre a superfície de minerais no processo de flotação.

Denominam-se íons determinadores de potencial os íons adsorvidos quimicamente sobre a superfície do mineral e ponto isoelétrico o valor de pH em que o potencial zeta (potencial medido no plano de cisalhamento da dupla camada elétrica) é nulo. Para os óxidos e silicatos (quartzo e rodonita), os íons determinadores de potencial são o OH⁻ e o H⁺, cujos valores de ponto isoelétrico do quartzo e rodonita são de 1,8 e 2,8, respectivamente (Fuerstenau et al., 1985). No caso da rodocrosita, além

dos íons citados anteriormente, Charlet et al. (1990) propuseram que os ânions HCO₃⁻ e Mn²⁺, na faixa de pH de 4 a 8, para força iônica de 0,03, 0,1 e 1 mol/L de NaCl são íons determinadores de potencial. Para pressões parciais de CO₂ de 0,5 e de 0,05atm, o ponto isoelétrico da rodocrosita, determinado pelos pesquisadores, ocorreu em pH 5,5 e 6,9, respectivamente.

Lima et al. (2009), em estudos de microflotação efetuados com os minerais rodocrosita, rodonita e quartzo com oleato de sódio, verificaram que a máxima flotabilidade da rodocrosita (90%) ocorreu em pH 11. Para a rodonita e o quartzo foi obtida flotabilidade de 95% para ambos minerais em pH 9. Posteriormente, Andrade (2010) verificou que o condicionamento prévio dos minerais citados anteriormente com metassilicato de sódio, nos valores de máxima flotabilidade, foi mais efetivo na depressão do quartzo, seguida da depressão da rodonita, e praticamente não afetou a flotabilidade da rodocrosita. No entanto, a queda de flotabilidade da rodonita foi menor para concentrações de metassilicato de sódio de 0,5 e 1mg/L, para o valor de pH igual a 9. Logo, nesse valor de pH, poderiam ser recuperadas, tanto a rodocrosita, quanto a rodonita e, dessa forma, poder-se-ia diminuir o teor de SiO₂ do concentrado obtido pela depressão do quartzo presente no minério.

Somasundaran et al. (apud Fuerstenau et al. 1985), através do diagrama de distribuição de espécies do oleato de sódio na concentração de 3 x 10⁻⁵ M, verificou que a atividade máxima das espécies ionomoleculares (RCOOH, ROO⁻) ocorre no valor de pH igual a 7,8 e que a atividade do oleato iônico e do dímero (RCOO)₂⁻² aumenta até o valor de pH 7,8 e, então, permanece constante para valores de pH maiores do que 7,8. Para valores de pH menores do que 7,8, começa a haver precipitação de ácido oléico neutro.

Song et al. (2002) investigaram o efeito da adição do fluorsilicato de sódio na heterocoagulação e dispersão de

suspensões de diásporo e rutilo. Através de medidas de eficiência de agregação, os pesquisadores verificaram que, no valor de pH 5, o fluorsilicato induz uma dispersão seletiva dos finos de diásporo na suspensão de diásporo-rutilo, propiciando a coagulação do rutilo. Esse comportamento foi atribuído à adsorção química do ânion HF₂⁻, que é a espécie predominante no intervalo de pH estudado (5,0 <pH< 5,8), sobre a superfície do diásporo, uma vez que os valores de potenciais zeta do diásporo em pH 5,8 (-15 mV em água destilada) condicionado com fluorsilicato de sódio tornaram-se mais negativos com o aumento da concentração do reagente. No caso do rutilo, os valores de potencial zeta permaneceram, praticamente, inalterados com o aumento da concentração de fluorsilicato de sódio. Através de espectroscopia infravermelha dos minerais condicionados com fluorsilicato de sódio, foi observado o deslocamento da banda característica da ligação Si-F de 732cm⁻¹ do fluorsilicato para 738 cm⁻¹ no espectro infravermelho do diásporo condicionado com o mesmo, o que, segundo os pesquisadores, comprova a hipótese de adsorção química do fluorsilicato sobre a superfície do mineral. No caso do rutilo, não foi verificada presença do reagente adsorvido sobre a superfície do mineral.

Nesse trabalho, estão apresentados os resultados dos ensaios de microflotação com os minerais rodocrosita, rodonita e quartzo, visando a estudar a influência da adição de fluorsilicato de sódio sobre as flotabilidades dos mesmos com o coletor oleato de sódio nos valores de pH 9 e 11 em que foram obtidas as máximas flotabilidades para os silicatos (rodonita e quartzo) e da rodocrosita, respectivamente (Lima et al., 2009). Posteriormente, efetuaram-se determinações de potencial zeta das amostras minerais na ausência e na presença dos reagentes (coletor e depressor), visando ao entendimento do mecanismo de adsorção dos mesmos sobre a superfície dos minerais estudados.

2. Materiais e métodos

Na Tabela 1, estão apresentadas as composições químicas das amostras minerais naturais quartzo, proveniente da Formação Taboões do Quadrilátero Ferrí-

fero, MG, rodonita (fornecida pela RDM) e do carbonato de manganês (rodocrosita artificial), utilizadas nos experimentos. Como pode ser observado pela análise quí-

mica da rodonita, proveniente de Morro da Mina (Tabela 1), os teores mais altos de FeO (3,08%) e de MgO (0,93%) dessa amostra, em relação aos teores estequio-

métricos do mineral (FeO - 1,11%; MgO - 0,620%) (Webmineral, 2010), estão rela-

cionados com substituições isomórficas do Mn²⁺ pelo Fe²⁺ e Mg²⁺ na rede cristalina do

mineral. No caso do quartzo, verificam-se impurezas de Fe, Ca, Mg, Al, K e Na.

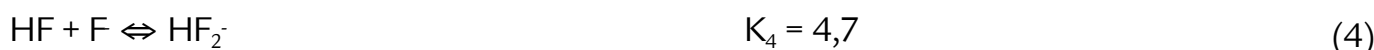
Mineral	Teor (%)										
	MnO	SiO ₂	FeO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	BaO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	S
Rodocrosita	61,23	0,107	-	0,21	-	-	-	-	0,06	0,13	0,2
Rodonita	42,83	50,56	3,08	2,11	0,93	0,095	0,05	0,003	-	-	-
Quartzo	-	99,43	0,049	0,20	0,035	0,222	-	-	0,035	0,025	-

Tabela 1
Composição química das amostras de rodocrosita, rodonita e quartzo.

Nos ensaios de microflotação em tubo de Hallimond modificado, foi utilizada a fração granulométrica compreendida entre 106 e 43µm das amostras de quartzo e rodonita. No caso da rodocrosita, optou-se pela utilização de carbonato de manganês da marca VETEC (rodocrosita sintética). Pelo fato de 80% das partículas da amostra de rodocrosita sintética estar

compreendida entre 10 e 80µm e somente 15% na fração granulométrica entre 106 e 43µm (análise granulométrica efetuada pelo granulômetro a laser Cilas 1064), optou-se por efetuar os ensaios de microflotação com o carbonato de manganês sem prévia separação da faixa granulométrica compreendida entre 106 e 43µm, que foi utilizada com os outros dois minerais.

Os reagentes utilizados foram o ácido oléico (Cromoline Química Fina) como coletor. Como reguladores de pH foram utilizados o NaOH e o HCl. O fluorsilicato de sódio (Na₂SiF₆) da marca Vetec foi utilizado como depressor, cujas equações de hidrólise estão apresentadas a seguir (Sillen & Martel, apud Song et al., 2002):



A solução-mãe de oleato de sódio foi obtida pela saponificação a frio do ácido oléico e foi preparada da seguinte forma: a) diluição de 1 g do reagente com 10mL de água destilada em um béquer de 50mL, que foi colocado sobre um agitador magnético; b) adicionou-se 1,7mL de uma solução de NaOH a 10% p/v, que foi mantida sob agitação constante até a obtenção de uma solução límpida de cor amarelada. Posteriormente, essa solução foi diluída em balão volumétrico de 100mL para a obtenção da concentração de 1% p/v.

Os ensaios de microflotação, em triplicata, foram efetuados da seguinte forma: a) introduziu-se 1g dos minerais no tubo de Hallimond; b) em seguida, adicionou-se a solução de fluorsilicato de sódio na concentração desejada e no valor de pH do ensaio (9 ou 11), previamente ajustado, condicionando-os por 6 min; c) posteriormente, adicionou-se a solução de oleato de sódio na concentração de 40 mg/L para os ensaios com

os silicatos (quartzo e rodonita) e de 80 mg/L para a rodocrosita, que foram as concentrações de máxima flotabilidade dos minerais com o coletor; d) procedeu-se o condicionamento por mais 2 minutos. Após a etapa de condicionamento, abriu-se o registro de nitrogênio (60 mL/min.) e efetuou-se a flotação por 1 min. Finalmente, desligou-se o gás, coletaram-se as frações flotadas e afundadas, filtrou-as, pesou-as e efetuaram-se os cálculos da % flotada (flotabilidade). A flotabilidade final foi determinada pela média aritmética dos valores obtidos para cada condição entre os valores de flotabilidade que se reproduziram (erro máximo de 5%). Em situação contrária, foram efetuados novos ensaios para a confirmação.

Para a determinação de potencial zeta, processo efetuado em duplicata, utilizando o Zetâmetro Nano Z - Nanoseries, Malvern do Laboratório de Propriedades Interficiais do DEMIN / UFOP, as amostras minerais foram

previamente moídas em grau de ágata até a obtenção de d₉₀ igual a 10µm. Posteriormente, foram preparadas em dois béqueres de 25mL suspensões a 0,5% pela adição da água deionizada ou das soluções de reagentes com prévio ajuste do pH no valor desejado. Esse procedimento foi semelhante ao procedimento adotado por Song et al. (2002) para determinação de potencial zeta no valor de pH 5,8 dos minerais diásporo e rutilo para concentrações de fluorsilicato de sódio variando de 0 a 150mg/L. Após a preparação da suspensão, a mesma foi deixada em agitação pelo mesmo tempo de condicionamento dos ensaios de microflotação. Finalmente, parte da mesma foi sugada por uma seringa e transferida para a cubeta, que foi introduzida no equipamento para efetuar as medidas de potencial zeta (3 medidas). O valor final de potencial zeta de cada ponto da curva foi obtido pela média aritmética das duas determinações (6 medidas).

3. Resultados e discussão

As curvas de flotabilidade dos minerais quartzo, rodonita e rodocrosita, condicionados com oleato

de sódio (40mg/L para o quartzo e rodonita e 80mg/L para rodocrosita) e fluorsilicato de sódio em pH 9 e 11

estão apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

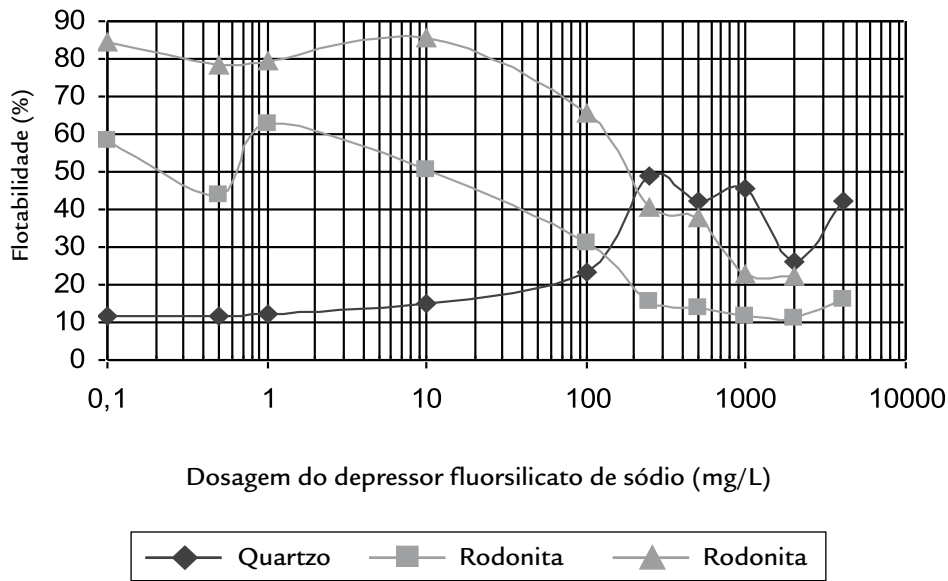


Figura 1 Flotabilidade dos minerais quartzo, rodonita e rodocrosita, condicionados com fluorsilicato de sódio em pH 9

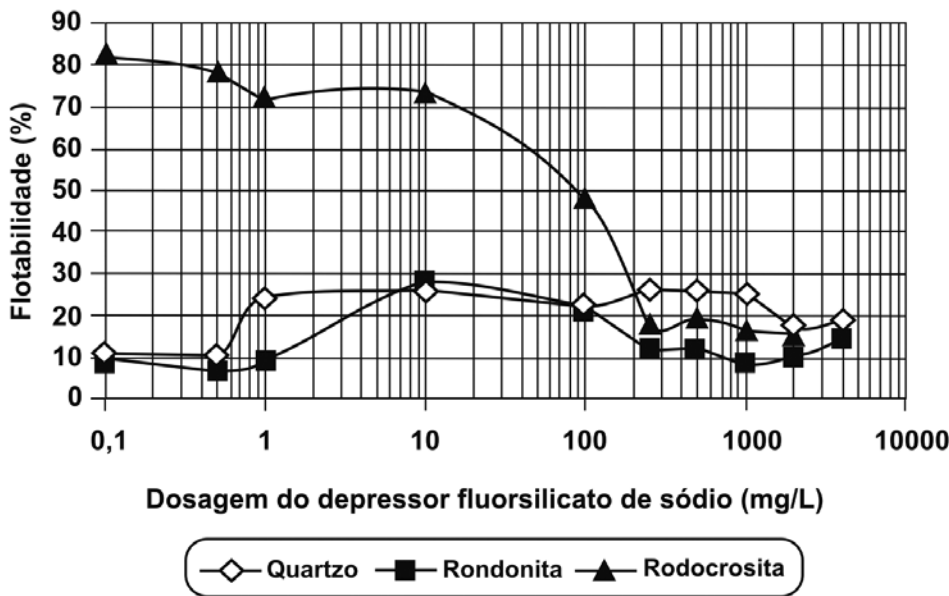


Figura 2 Flotabilidade dos minerais quartzo, rodonita e rodocrosita, condicionados com fluorsilicato de sódio em pH 11.

Observa-se, pela Figura 1, que, nas concentrações de Na_2SiF_6 até 10mg/L, a flotabilidade da rodocrosita em pH 9 ficou entre 80 a 85%, da rodonita, foi de 40 a 60 %. No caso do quartzo, foi

somente de 10 a 15%. Esses valores de flotabilidade representam uma queda de 5 a 10, de 35 a 55 e de 80 a 85%, respectivamente para os minerais rodocrosita, rodonita e quartzo, em relação aos valores

de máxima flotabilidade dos minerais condicionados somente com oleato de sódio, previamente determinados por Lima et al. (2009). No entanto, para concentrações acima de 100mg/L, a flotabilidade

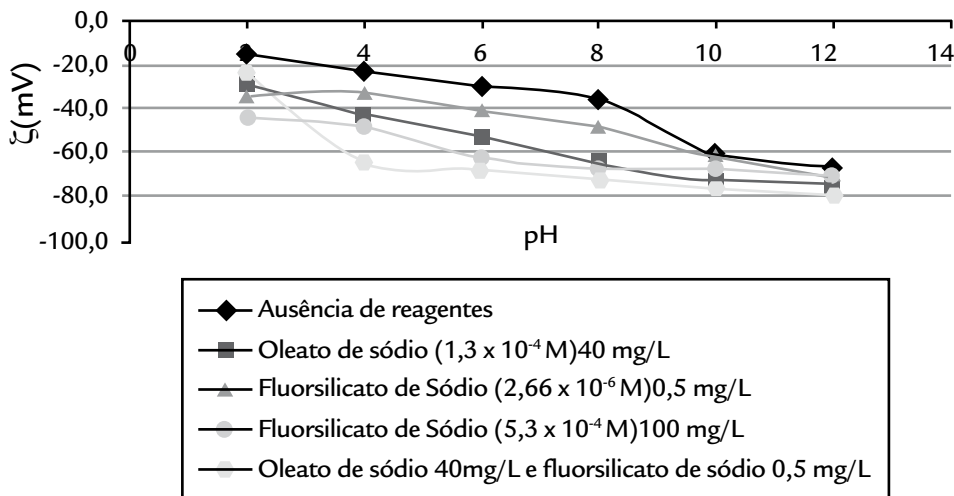


Figura 3 Potencial zeta (ζ) do quartzo na ausência e na presença de reagentes.

do quartzo ficou entre 40 e 50%. Esse comportamento provavelmente ocorreu devido à atração eletrostática entre os cátions Na^+ presentes na solução e a superfície altamente negativa do quartzo (veja equações de hidrólise do fluorsilicato de sódio, apresentadas anteriormente). Em pH 11, Figura 2, a flotabilidade dos minerais rodonita e quartzo foi de 10 a 20%, enquanto que a flotabilidade da rodocrosita foi de 80%, nessa mesma faixa de concentração do depressor (0,5mg/L). Logo, verifica-se que, nos testes realizados em pH 9, obteve-se maior seletividade entre a rodonita em relação ao quartzo para baixas concentrações de Na_2SiF_6 , pois, em pH 11, o mineral rodonita foi tão deprimido quanto o mineral quartzo.

Pela Figura 3, observa-se, que na presença de oleato de sódio, os valores de potencial zeta do quartzo condicionado em solução de 40mg/L foram mais negativos do que os valores de potencial zeta do mineral condicionado com água deionizada para todos os valores de pH estudados, o que indica adsorção específica da espécie aniônica $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$, que começa a se formar para valores de pH acima de 2 e das espécies $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2^{2-}$ e $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7(\text{COO})_2\text{H}$, que se formam para valores de pH aci-

ma de 5. Esta última possui atividade máxima em pH 7,8 e, para valores de pH acima de 10, as espécies predominantes em solução são somente os ânions $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2^{2-}$ e $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2\text{H}$, o que explica a diminuição menos acentuada do sinal de potencial zeta do mineral para os valores de pH acima de 10.

No caso das curvas de potencial zeta do quartzo condicionado com Na_2SiF_6 (Figura 3), verificou-se que os valores de potencial zeta do mineral tornaram-se mais negativo. Observa-se, também, o aumento da carga negativa com o aumento da concentração do reagente de 0,5 para 100mg/L. Esse mesmo efeito foi observado por Song et al. (2002) nos valores de potencial zeta do diásporo condicionado com soluções de Na_2SiF_6 , que foram determinados em pH 5,8.

Pelas constantes de equilíbrio das equações de hidrólise do Na_2SiF_6 , apresentadas por Song et al. (2002), tais autores verificaram que o SiF_6^{2-} e o $\text{Si}(\text{OH})_4$ são as espécie predominantes nos valores de pH 9 e 11. Logo, o aumento do valor negativo do potencial zeta do mineral condicionado com Na_2SiF_6 pode ser justificado devido às ligações por interação de hidrogênio entre o ânion SiF_6^{2-} e as hidroxilas presentes na superfície do quartzo (Fuerstenau, 1985).

Observa-se, também, que os valores de potencial zeta do quartzo condicionado com Na_2SiF_6 seguido de condicionamento com oleato de sódio foram mais negativos do que os valores obtidos com o mineral condicionado com água deionizada e com o mineral condicionado com cada um dos reagentes isoladamente (Figura 3). Isso significa que houve a adsorção de ambos reagentes sobre a superfície do mineral. A baixa flotabilidade do quartzo, para os valores de pH 9 e 11 (Figuras 1 e 2) pode ter ocorrido pela adsorção prévia da espécie SiF_6^{2-} , ocasionando, dessa forma, menor adsorção das espécies aniônicas do coletor oleato de sódio presentes na solução, que foram citadas anteriormente.

Observa-se, pela Figura 4, que o ponto isoelétrico da rodonita ocorreu no valor de pH 2,8, que coincidiu com o valor reportado por Fuerstenal et al. (1985). Após condicionamento do mineral com solução de oleato de sódio, na concentração de $1,3 \times 10^{-4}$ M, e com solução de Na_2SiF_6 , na concentração de $2,7 \times 10^{-6}$ M, os pontos isoelétricos ficaram praticamente inalterados. Para a dosagem de $5,3 \times 10^{-4}$ M de Na_2SiF_6 , e para a concentração de $2,7 \times 10^{-6}$ M de Na_2SiF_6 seguidas de condicionamento com oleato de sódio a $1,3 \times 10^{-4}$ M, o ponto isoelétrico foi de cerca de 2,3 e 2,5, respectivamente.

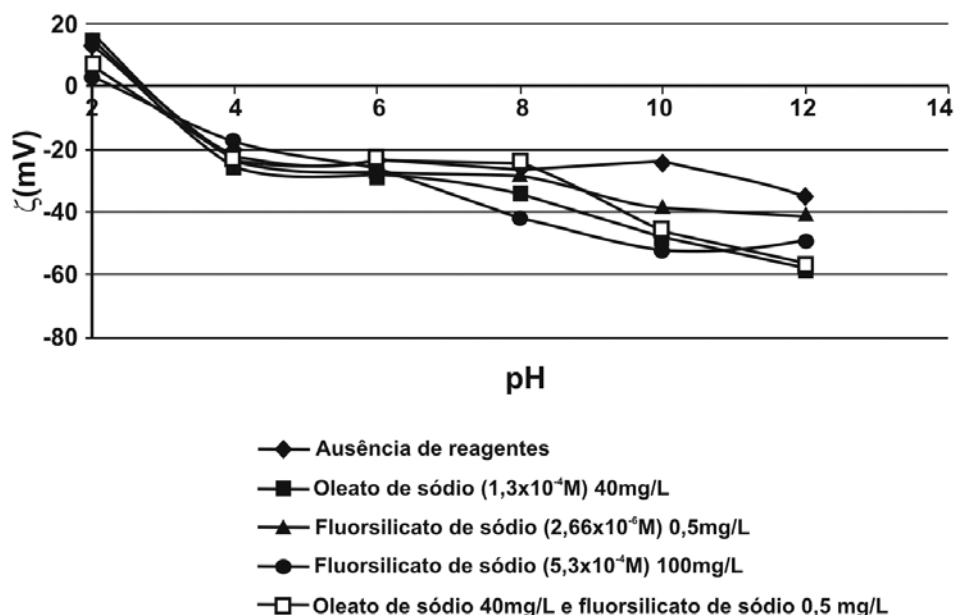


Figura 4
Potencial zeta (ζ) da rodonita na ausência e na presença de reagentes.

Não foi verificada variação significativa nos valores de potencial zeta da rodonita condicionada com oleato de sódio até o valor de pH 7,8, pois a espécie predominante na solução é o ácido oléico molecular (Fuerstenau, 1985). Os valores de potencial zeta do mineral condicionado

em pH 9 e 11 com as soluções de Na_2SiF_6 , oleato de sódio e com Na_2SiF_6 , seguido de condicionamento com oleato de sódio, foram mais negativos. Esse comportamento é totalmente compatível com os resultados da microflotação, pois houve queda de flotabilidade do mineral para os valores de

pH 9 e 11, tal queda foi maior ainda para o valor de pH 11. No entanto, para o valor de pH 9, essa queda de flotabilidade foi menos acentuada do que no caso do quartzo (Figuras 1 e 2). Logo, pode-se inferir que as espécies de oleato que se adsorveram na superfície do mineral para esse valor de pH

foram: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$, $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2^{2-}$ e $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2\text{H}$ (valores de pH entre 5 e 10). Para valor de pH 11, as espécies predominantes do oleato na solução, que se adsorveram sobre a superfície do mineral, foram os ânions $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2^{2-}$ e $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2\text{H}$. No caso do Na_2SiF_6 , a exemplo do que ocorreu com o quartzo, as espécies predominantes presentes na solução nos valores de pH 9 e 11 são o ânion SiF_6^{2-} e o $\text{Si}(\text{OH})_4$. Logo, a adsorção do anion SiF_6^{2-} sobre a superfície da rodonita pode ter ocorrido através de ligações por interação de hidrogênio entre essa espécie e as hidroxilas presentes na superfície do mineral.

O ponto isoeletrico da rodocrosita (carbonato de manganês) ocorreu no valor de pH 10,8 (Figura 5), que é maior do que o valor determinado por Charlet et al. (1990) (5,5 e 6,9 para pressões parciais de CO_2 de

0,5 e de 0,05 atm, respectivamente), o que poderia estar relacionado com o tipo de amostra e da técnica utilizada para determinação da curva de potencial zeta. Como a superfície do mineral possui carga positiva para o valor de pH menor do que 10,8, no valor de pH 9 houve atração eletrostática do ânion SiF_6^{2-} com a superfície do mineral. No entanto, pelo fato de o ponto isoeletrico da rodocrosita após condicionamento com o Na_2SiF_6 ter ocorrido nos valores de pH 9,1 e 8,5 para as dosagens de $2,67 \times 10^{-6}$ e $5,32 \times 10^{-4}$ M, respectivamente, pode-se considerar que as espécies aniônicas do Na_2SiF_6 , presentes na solução, adsorveram-se especificamente sobre a superfície do mineral. Observa-se, também, pela Figura 5, forte afinidade do coletor oleato de sódio com a superfície da rodocrosita em toda a faixa de pH estudada, podendo ter ocorrido, além da atração eletrostática dos ânions presentes na solução até o valor de pH 10,8 (ponto isoeletrico), adsorção

de caráter químico, especialmente para o valor de pH de máxima flotabilidade do mineral (pH 11). Observa-se que as espécies presentes na solução são basicamente $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ e $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO})_2^{2-}$.

Pela curva de potencial zeta da rodocrosita condicionada com fluorsilicato de sódio, seguido de condicionamento com oleato de sódio (Figura 5), observa-se que os valores de potencial zeta ficaram bem próximos aos valores de potencial zeta do mineral condicionado somente com o oleato de sódio, exceto para o valor de pH 4, ou seja, esse comportamento sugere que a baixa afinidade do fluorsilicato de sódio pela superfície do carbonato de manganês, para todos os valores de pH, não impediu a forte adsorção das espécies aniônicas do oleato presentes na solução nos valores de pH 9 e 11, que foram testados nos ensaios de microflotação (Figuras 1 e 2).

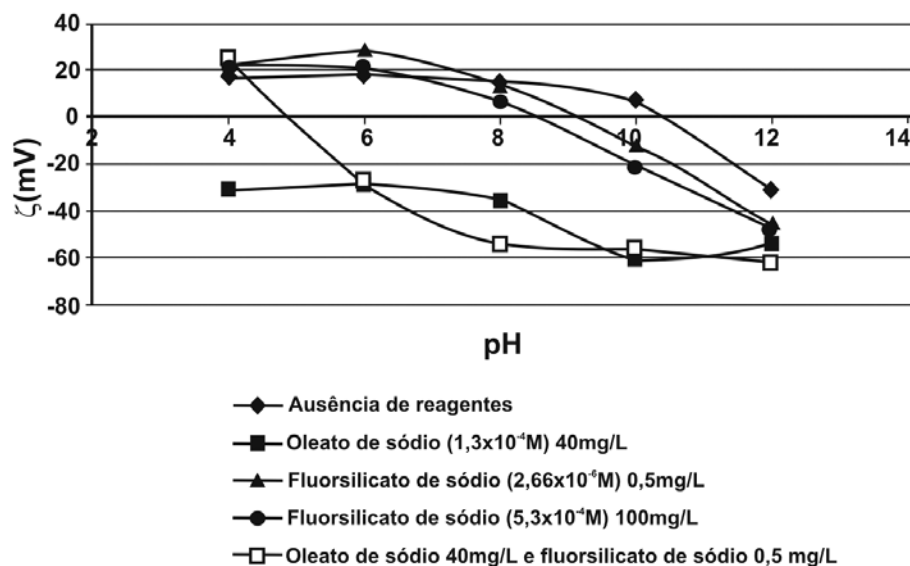


Figura 5
Potencial zeta (ζ) da rodocrosita na ausência e na presença de reagentes

4. Conclusões

Dentro do universo dessa investigação, é possível concluir que a separação rodonita/quartzo via flotação com o coletor oleato de sódio (40mg/L) pode ser favorecida pela ação depressora do fluorsilicato de sódio (até 100 mg/L) sobre a rodonita em pH 9. Em pH 11, tal comportamento não foi verificado. Por outro lado, o fluorsilicato de sódio não se mostrou capaz de diminuir a resposta à flotação do mineral rodocrosita com oleato de sódio (80mg/L) em dosagens

até 10mg/L. Para concentrações acima dessa dosagem de depressor, todos os três minerais apresentaram baixa resposta à flotação com oleato de sódio.

Através de medidas de potencial zeta e informações sobre a especiação dos reagentes de flotação encontradas na literatura, é possível inferir que a diminuição dos valores de potencial zeta do quartzo, rodonita e rodocrosita, ao serem condicionados com oleato de sódio em meio básico (pH 9 e pH 11), pode

ser justificada pela adsorção de espécies iônicas como o íon oleato (RCOO^-) e o dímero oleato $(\text{RCOO})_2^{2-}$ na interface mineral/solução. Logo, a adsorção que caracterizou a interação desse reagente com as superfícies dos minerais pode ser considerada como sendo de caráter específico.

A adsorção do ânion SiF_6^{2-} , tanto sobre a superfície do quartzo quanto sobre a superfície da rodonita, é de caráter específico.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CNPq pelo financiamento do pro-

jeto e concessão de bolsa de estudos e à Vale - RDM - Unidade Morro da Mina

em Conselheiro Lafaiete pela doação da amostra de rodonita.

6. Referências bibliográficas

- ABREU, S. F. Ferro e metais da indústria do aço. *Recursos Minerais do Brasil*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1973. V. 2, cap.14. p. 451-590. 754p.
- ANDRADE, E. M. *Estudos de depressores na flotação de finos de minério de manganês com oleato de sódio*. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto, 2010. 125p. (Dissertação de Mestrado).
- CHARLET, L., WERSIN, P., STUMM, W. Surface charge of $MnCO_3$ and $FeCO_3$. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 54. Issue 6. p.2329-2336, 1990.
- FUERSTENAU, M.C., MILLER, J.D., KUHN, M.C. *Chemistry of Flotation*. New York: Tennessee, 1985. 177p.
- LIMA, R.M.F., COSTA, B.L.C.M., VITTI, R.C.C. Flotabilidades de minerais presentes em minério de manganês sílico-carbonatado da região de Conselheiro Lafaiete - MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 23. *Anais...* Gramado, Rio Grande do Sul, 2009. v. 1, p. 445-451, 2009.
- RAO, S. R. Electrical Characteristics at Interfaces. In: *Surface Chemistry of Froth Flotation. Volume 1 - Fundamentals*. (2. Ed.). New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2004. Chapter 5, p. 209-256.
- SONG, S., VALDIVIESO, A. L., LU, S., OUYANG, J. Selective Dispersion in a Diaspore-Rutile Suspension by Sodium Fluorosilicate. *Powder Technology*, v. 123, p. 178-184, 2002. Mineralogy Database. Disponível em: <http://www.webmineral.com>. Acessado em 17/08/10.

Artigo recebido em 03 de maio de 2010. Aprovado em 30 de setembro de 2010.