

# OTIMIZAÇÃO DO CIRCUITO DE BENEFICIAMENTO PARA O MINÉRIO DE SANTA QUITÉRIA: ESTUDOS DE FLOTAÇÃO

## OPTIMIZATION OF PROCESS FLOWSHEET TO THE SANTA QUITERIA'S ORE: FLOTATION STUDIES

**Ariel Romano Rubil**

Aluno de Graduação de Engenharia Química, 5º período  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Período PIBITI/CETEM: setembro de 2018 a julho de 2019

**Elves Matiolo**

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.  
ematiolo@cetem.gov.br

**Amanda Soares de Freitas**

Coorientadora, Engenheira de Minas  
amandaengmine@gmail.com

### RESUMO

O CETEM vem desenvolvendo estudos com o minério de Santa Quitéria visando a otimização do circuito de beneficiamento. O circuito atualmente em estudo considera a retirada apenas da lama natural sem a retirada da lama oriunda da etapa de moagem (lama gerada), diferente dos circuitos atualmente empregados nas plantas industriais de concentração de apatita que fazem a retirada de ambas as frações de lama do circuito. Após a deslamagem, o circuito contempla a flotação de calcita utilizando-se um ácido graxo de cadeia curta como coletor (óleo de coco saponificado) e injeção de gás carbônico no sistema de geração de bolhas, atuando como regulador de pH e depressor de apatita. O objetivo deste trabalho está focado na avaliação do desempenho do processo de flotação utilizando CO<sub>2</sub> adicionado no sistema de geração de bolhas em escala de bancada (célula mecânica) para os fluxos denominado “grossos”, P<sub>80</sub> de 106 µm (após moagem) e “finos” P<sub>80</sub> de 80 µm considerando apenas a retirada da lama natural. Os resultados obtidos demonstraram seletividade na separação entre apatita e calcita por flotação. Para o fluxo de “finos” o RCP no afundado foi de 1,5 com dosagem de coletor de 150 g/t e no fluxo de “grossos” o RCP atingiu 1,8 para dosagem de coletor de 180 g/t.

**Palavras chave:** flotação, calcita, lama natural, gás carbônico.

### ABSTRACT

Studies of optimization of flowsheet process to Santa Quitéria's ore have been developed by CETEM. The flowsheet process currently studied consider the removal of natural slime, without the removal of the grinding's slime (slime generated), different from the flowsheet currently used in the industrial apatite concentration plants that remove both slimes fractions of the process circuit. After desliming, the flowsheet encompasses selective flotation of calcite from apatite, using a short chain fatty acid as collector (soap coconut oil) and carbonic gas injection in the bubble generating system acting as pH regulator and apatite depressant. The objective of this study is evaluating the flotation technology performance using CO<sub>2</sub> in laboratory scale (mechanic cell) to “coarse flow”, P<sub>80</sub> 106 µm (after grinding) and “fines flow”, P<sub>80</sub> 80 µm considering only the removal of natural slime. The results obtained show high selectivity in separation between apatite and calcite. For the "fines flow", RCP in the sink was 1.5 with 150 g/t of collector dosage and in the "coarse flow" the RCP reached 1.8 for the collector dosage of 180 g/t.

**Keywords:** flotation, calcite, natural slime, carbonic gas.

## 1. INTRODUÇÃO

O mineral portador de  $P_2O_5$  (pentóxido de fósforo), elemento utilizado para a produção de fertilizantes é a apatita ( $(Ca_{10}(PO_4)_6(F,OH,Cl)_2)$ ). O concentrado de fosfato de valor comercial deve conter teor de  $P_2O_5$  igual ou superior a 30%, razão  $CaO/P_2O_5$  (RCP)  $< 1,6$ ; razão  $MgO/P_2O_5 < 0,022$  e porcentagem de  $MgO < 1\%$  (Abouzeid, 2008). A flotação de apatita é a tecnologia mais amplamente empregada para a produção de concentrados fosfáticos.

O processo de flotação para a concentração da apatita do minério de Santa Quitéria desenvolvido pelo CDTN consiste na flotação utilizando ácido inorgânico forte para separar a apatita da calcita (AQUINO & FURTADO, 1985). O CETEM vem desenvolvendo estudos com o minério de Santa Quitéria visando a otimização do circuito de beneficiamento. Uma mudança fundamental no circuito proposto pelo CETEM considera a retirada apenas da lama natural sem a retirada da lama gerada, seguido da flotação de calcita utilizando-se um ácido graxo de cadeia curta como coletor (óleo de coco saponificado) e injeção de gás carbônico no sistema de geração de bolhas, atuando como regulador de pH (MATIOLO et al., 2015, MELLO et al., 2018). Os resultados obtidos por Mello et al. (2018) mostraram que a alteração no circuito de preparação previamente à flotação do minério de Santa Quitéria levou a uma perda de 3,5% de  $P_2O_5$  na retirada da lama natural ( $< 10\mu m$ ) na etapa de deslamagem, valor este consideravelmente inferior quando comparado com o resultado obtido por Matiolo (2015) que considera a retirada da lama natural e gerada na etapa de deslamagem, levando a uma perda de  $P_2O_5$  nas lamelas ( $< 10\mu m$ ) de 16,5%.

Considerando o circuito de processo otimizado por Mello et al. (2018), este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho da flotação do fluxo dos “grossos” e “finos”. O produto da alimentação de flotação de “grossos” é o *oversize* da classificação por peneiramento a  $106\mu m$  seguido do processo de moagem, atingindo  $P_{80}$  de  $106\mu m$ , e a alimentação da flotação do fluxo de “finos” é o *undersize* da classificação por peneiramento a  $106\mu m$  seguido da etapa de deslamagem para a retirada da lama natural ( $< 10\mu m$ ).

## 2. OBJETIVO

Avaliar, em escala bancada, o desempenho do processo de flotação de calcita através da injeção de  $CO_2$  nas máquinas de flotação associada ao uso de ácido graxo de coco saponificado como coletor na flotação dos fluxos denominados de “grossos” e “finos”.

## 3. METODOLOGIA

Foi utilizada uma amostra de minério proveniente do depósito de Santa Quitéria/CE. O circuito de beneficiamento proposto incluiu as etapas de britagem, moagem, deslamagem e separando os fluxos em “grossos” e “finos”. O teor dos principais óxidos no *Run of Mine* é de 18% de  $P_2O_5$ , 48% de  $CaO$ , 8% de  $SiO_2$  e 3% de  $Al_2O_3$ . Neste trabalho foi utilizada a amostra que corresponde à alimentação da etapa de flotação denominado fluxo de “grossos” e “finos”. Na alimentação da flotação de “grossos” o teor de  $P_2O_5$  é de 19%,  $P_{80}$   $106\mu m$  e a amostra apresentou 48% passante em  $38\mu m$ . O teor  $P_2O_5$  no fluxo de “finos” é de 16%,  $P_{80}$   $80\mu m$  e a amostra apresentou 30% passante em  $20\mu m$ . O detalhamento do circuito de processo aplicado para preparação da amostra e outros dados de caracterização podem ser encontrados em Mello et al. (2018).

### 3.1. Flotação de Calcita

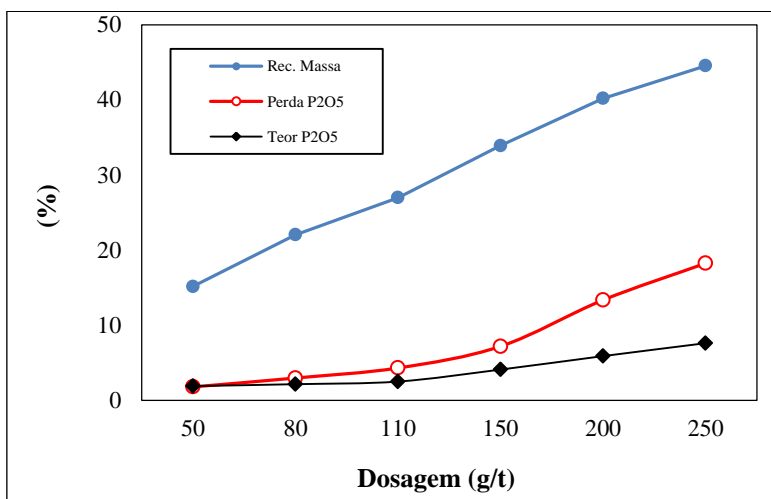
Os ensaios de flotação foram realizados em uma célula mecânica da marca DENVER, modelo D12, equipada com inversor de frequência. O coletor de calcita utilizado foi o *Liacid*, fabricante Miracema-Nuodex, saponificado com  $NaOH$  na proporção de 4,5:1. Foram realizados ensaios de flotação de “grossos” e “finos” com aproximadamente 1 kg de amostra para cada ensaio. Previamente à etapa de flotação foi adicionado o coletor *Liacid* saponificado que foi condicionado por um tempo de 5 minutos com pH da polpa a 8,6. A porcentagem de sólidos no condicionamento foi de 50% em peso para o fluxo de grossos e 35-40% em peso para o fluxo de finos. Após o condicionamento, a polpa foi alimentada à célula de flotação e foi diluída para

porcentagem de sólidos de aproximadamente 20% com a água de abastecimento do CETEM. Após o ajuste da porcentagem de sólidos, foi injetado o CO<sub>2</sub> (3-5 NL/min) para geração de bolhas e o pH caiu para 5,8. Foi realizada uma etapa *rougher* (até exaustão da espuma) e com a fração flotada foram realizadas as etapas *cleaner e recleaner* (também até a exaustão da espuma). Os concentrados e os rejeitos de cada ensaio foram filtrados, secos, pesados e enviados para a análise química, através da técnica de fluorescência de raios X (FRX) e os resultados foram avaliados em termos de recuperação/perda e teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos concentrados de calcita.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Flotação de Calcita Fluxo “finos”

A Figura 1 apresenta o efeito da dosagem de coletor sabão de ácido graxo de coco para dosagem entre 50 g/t e 260 g/t sobre a recuperação em massa (RM), perda e teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos concentrados de calcita da fração “finos”. Para a flotação realizada em célula mecânica a recuperação em massa no concentrado de calcita variou entre 15% e 45%, o que corresponde a perdas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> entre 1,8% até um máximo de 18% para a dosagem de 250 g/t de coletor.

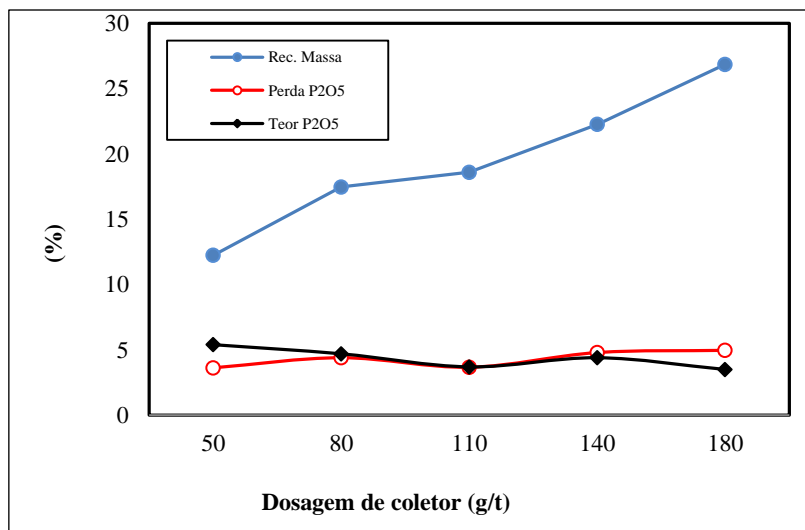


**Figura 1:** Efeito da dosagem de coletor sobre a RM, perda e teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Fluxo de “finos”.

Considerando o melhor resultado obtido na flotação da fração fina, foi produzido um afundado com teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da ordem de 26% e uma perda de 7% no concentrado de calcita considerando a flotação em célula mecânica e dosagem de coletor de 150 g/t. A baixa perda de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> observada na flotação de calcita (7,2%), associado ao RCP no afundado de 1,5, indica a remoção de calcita na quantidade necessária e um produto (afundado) dentro das especificações de acordo com Abouzeid (2008). Os resultados mostram que a flotação em célula mecânica com dosagem a 150 g/t para o fluxo de “finos” utilizando CO<sub>2</sub> é uma alternativa ao processo de flotação que utilizada ácidos fortes.

### 4.2. Flotação de Calcita Fluxo “grossos”

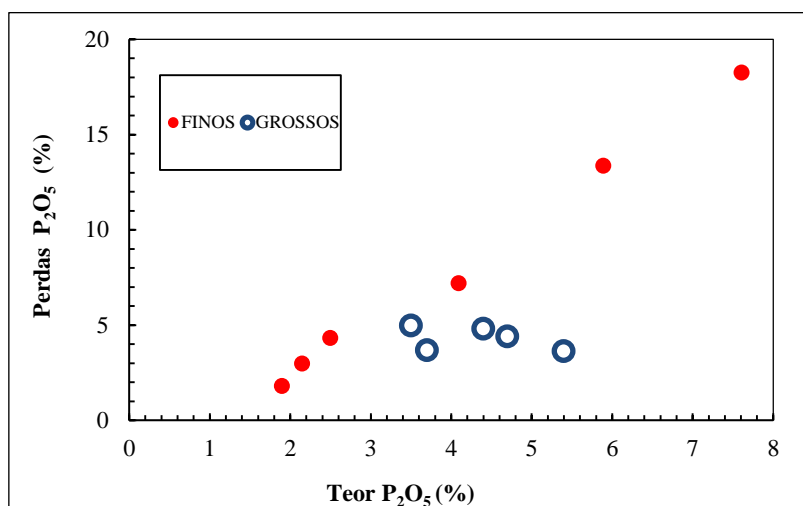
A Figura 2 apresenta o efeito da dosagem de coletor sabão de ácido graxo de coco para dosagem entre 50 g/t e 180 g/t sobre a recuperação em massa, perda e teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos concentrados (flutuados) de calcita da fração “grossos” do minério. Para a flotação realizada em célula mecânica a recuperação em massa no concentrado de calcita variou entre 12% e 26%, o que corresponde a perdas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> entre 3,6% até um máximo de 5% para a dosagem de 180 g/t de coletor.



**Figura 2:** Efeito da dosagem de coletor sobre a RM, perda e teor de  $P_2O_5$ . Fluxos de “grossos”.

Apesar dos valores baixos atingidos para a perda e o teor de  $P_2O_5$ , de 5% e 4%, no flutuado de calcita, o valor de RCP do afundado ficou em torno de 2, o que indica que ainda há calcita para ser removida. Estes resultados indicam a necessidade de realizar mais testes com valores mais altos de dosagem de coletor para assim obter um produto dentro das especificações necessárias.

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos relacionando o teor e a perda de  $P_2O_5$  no flutuado (concentrado) de calcita. Observa-se que há uma tendência crescente clara para o fluxo de “finos”, quanto maior o teor de  $P_2O_5$  maior foi a perda  $P_2O_5$ , atingindo valores em torno de 8% e 20% respectivamente. O mesmo não ocorre para o fluxo de “grossos”, mesmo variando a dosagem do coletor de 50 a 180 g/t o impacto na perda foi baixa, variando de 3,6% a 5%. A maior perda de  $P_2O_5$  no fluxo de “grossos” foi de 5% com o menor teor de  $P_2O_5$  de 3,5%. Os resultados obtidos, dentro da faixa de dosagem de coletor testada, indicam elevada seletividade na separação entre a calcita e apatita, e, que para a remoção adequada da calcita são necessários ensaios adicionais considerando dosagem de coletor acima de 180 g/t.



**Figura 3:** Gráfico do teor de  $P_2O_5$  no flutuado de calcita *versus* a perda de  $P_2O_5$ .

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram viabilidade técnica na aplicação do processo flotação utilizando injeção de bolhas de CO<sub>2</sub> e ácido graxo de coco saponificado como coletor aplicado no circuito de processo desenvolvido para o material de Santa Quitéria, retirando apenas a lama natural. Os resultados mostram que a flotação em célula mecânica com dosagem a 150 g/t para o fluxo de “finos” é uma alternativa ao processo de flotação que utilizada ácidos fortes, apresentando perdas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 7,2% e RCP no afundado de 1,5%. Os resultados para a flotação em célula mecânica para o fluxo de “grossos” indicam que dentro da faixa de dosagem de coletor testada, indicam elevada seletividade na separação entre a calcita e apatita, e, que para a remoção adequada da calcita são necessários ensaios adicionais considerando dosagem de coletor acima de 180 g/t. Para a maior dosagem estudada, 180g/t o valor de RCP no afundado foi de 1,8.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores pela atenção e aprendizado, técnicos e demais funcionários do CETEM pelo apoio na realização deste trabalho e ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Tecnológica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUZEID, M. A-Z. Physical and thermal treatment of phosphates ores – An overview. **International Journal of Mineral Processing**. 85. pp 59-84. 2008.

AQUINO, J.A.; FURTADO, J.R.V. Flotação reversa aplicada ao minério fósforo-uranífero de Itataia - CE. In: **XI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, 1985, Natal - RN.

MATIOLO E., GONZAGA L.M., GUEDES A.L. Flotação reversa com o uso de gás carbônico aplicada ao minério fósforo-uranífero de Santa Quitéria. In: **XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, 2015, Poços de Caldas.

MELLO, S.M.F. Estudo de otimização do circuito de beneficiamento para o minério fósforo-uranífero de Santa Quitéria. In: **XXVI Jornada de Iniciação Científica e II Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**, 2018, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral.