

FLOTAÇÃO EM COLUNA APLICADA A MINÉRIO FOSFÁTICO

J. A. Aquino¹, I. L. D. Luz¹, M. L. M. Oliveira¹,
L. A. Takata², R. C. Guimarães²

A ARAFÉRTIL S.A. dispõe de uma unidade industrial de concentração de fosfato por flotação em célula convencional. Esta unidade processa os finos naturais e gerados, bem como a fração grosseira do minério fosfático. Considerando a adequação das colunas de flotação, principalmente para concentração de material fino, o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN realizou um estudo piloto com uma amostra dos finos gerados. O estudo confirmou a aplicabilidade da técnica de flotação em coluna a este minério e forneceu os parâmetros para dimensionamento de uma coluna semi-industrial com capacidade de 2,0 t/h. Os resultados obtidos nas colunas de flotação - piloto e semi-industrial - foram superiores aos obtidos na planta industrial com célula convencional.

COLUMN FLOTATION APPLIED THE PHOSPHATIC ORE

In its industrial mineral processing plant, ARAFÉRTIL S.A. uses a conventional flotation circuit for the concentration of phosphates. This unit processes natural fines, fines generated during processing and the coarser fraction of phosphatic ore. In view of the potential of columns flotation for finer particle processing, the Center for Nuclear Technology Development undertook a pilot scale flotation study using a sample consisting of fine particles generated during processing. Such study confirmed the capability of the column flotation technique for ARAFÉRTIL's ore and supplied the necessary scale-up parameters for dimensioning a semi-industrial column with 2.0 tph capacity. The results obtained in both the pilot and the semi-industrial column units were better than those obtained in the industrial conventional circuit.

¹ CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Cidade Universitária - Pampulha - C.P. 1741
CEP 30.161 - BELD HORIZONTE - MG

² ARAFÉRTIL S.A.
Complexo Industrial - Usina Pericles Nestor Lochi -
CEP 38.180 - ARAXÁ - MG

INTRODUÇÃO

A concentração física de minério fosfático é normalmente realizada através de flotação. As unidades industriais atualmente instaladas utilizam circuitos constituídos de células mecânicas. O princípio de funcionamento e as condições hidrodinâmicas destas células têm prejudicado a flotação da apatita devido a presença significativa de finos nas rochas fosfáticas.

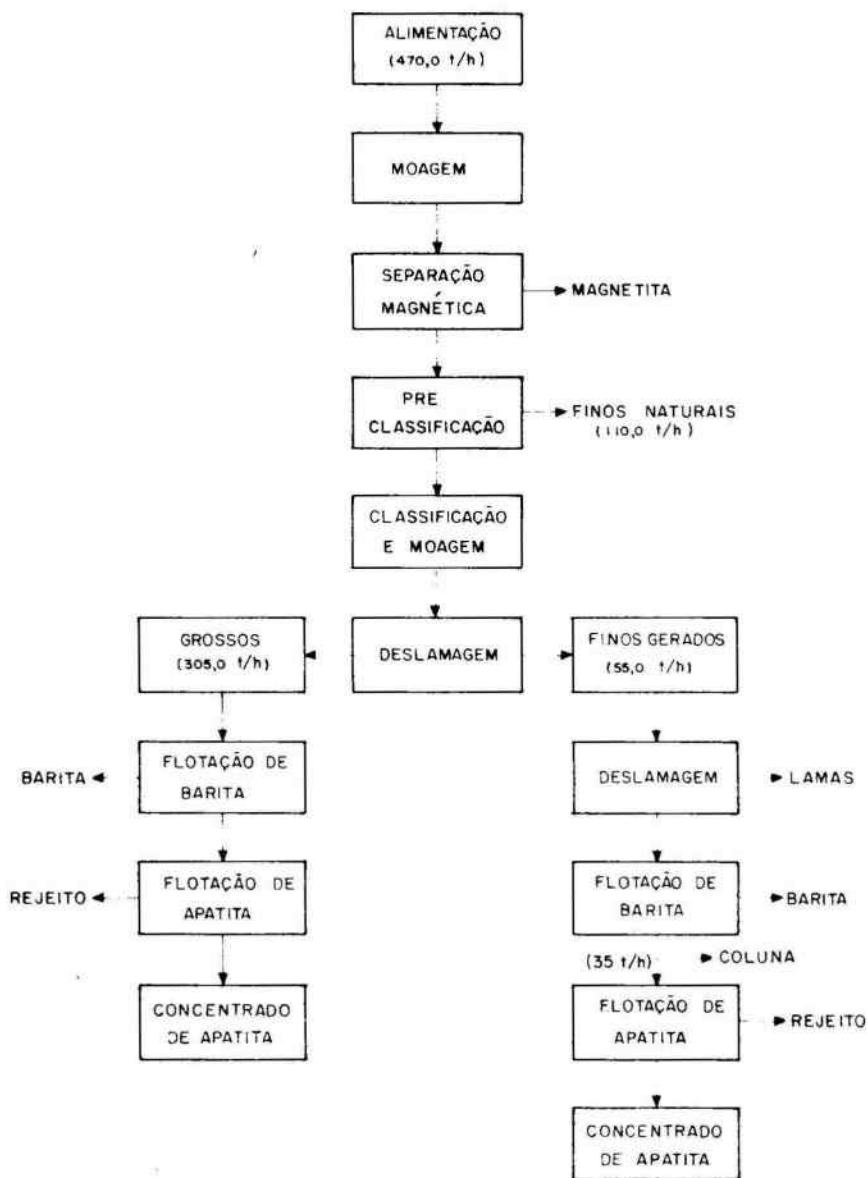
Este trabalho teve como objetivo a aplicação da técnica de flotação em coluna ao minério fosfático da ARAFERTIL. Para isto foi realizado, inicialmente, um estudo em planta piloto com uma amostra de finos gerados na etapa de moagem da unidade industrial. Com base nos resultados obtidos foi projetada, instalada e operada, junto da unidade industrial, uma coluna com capacidade de 2,0 t/h. Os parâmetros e resultados obtidos na unidade semi industrial subsidiarão a implantação de colunas de flotação visando a substituição das células mecânicas atualmente em operação na planta industrial.

DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

O fluxograma simplificado da unidade industrial da ARAFERTIL, apresentado na Figura 1, mostra o ponto de coleta da amostra de finos gerados utilizada nos estudos de flotação em coluna, nas escalas piloto e semi-industrial. Para a realização do estudo piloto, a amostra foi coletada e transportada para o Laboratório de Tecnologia Mineral do CDTN. Para o estudo na unidade semi-industrial, parte do fluxo da planta industrial foi desviada e alimentada na coluna.

A distribuição granulométrica e composição química dos finos gerados, apresentadas a seguir, mostram que o material apresenta granulometria fina, com elevado teor de ferro. No

Figura 1 - Fluxograma Simplificado da Unidade Industrial da Arafertil



estudo mineralógico determinou-se que o material é composto de fosfato granular e microcristalino, limonita / goethita, magnetita e vermiculita. O fosfato microcristalino está impregnado de óxidos de ferro.

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Tamanho (µm)	% Acumulada
35,8	4,6
25,1	16,8
17,5	37,4
12,3	57,3
8,6	73,9
6,0	85,9
4,2	90,0
2,9	92,1

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Composto	Teor (%)
P_2O_5	21,0
CaO	30,0
Fe_2O_3	15,3
SiO_2	10,6
$BaSO_4$	8,4
MgO	0,9

FLOTAÇÃO EM COLUNA

A técnica de flotação em coluna utiliza o princípio de fluxo em contra-corrente na contactação da polpa, alimentada a aproximadamente dois terços da altura total da coluna, com o fluxo de ar ascendente introduzido em sua base. A água de lavagem, introduzida na parte superior, promove a limpeza da espuma, eliminando o material arrastado.

A coluna de flotação apresenta características diferentes da célula convencional, principalmente no que se refere à capacidade de geração de bolhas pequenas, as condições hidrodinâmicas de baixa turbulência e à possibilidade de eliminação de material hidrofílico arrastado pela espuma.

Estas características têm permitido a obtenção de resultados em colunas superiores aos de célula mecânica, principalmente para materiais com granulometria fina.

Estudo de Flotação em Coluna: Piloto

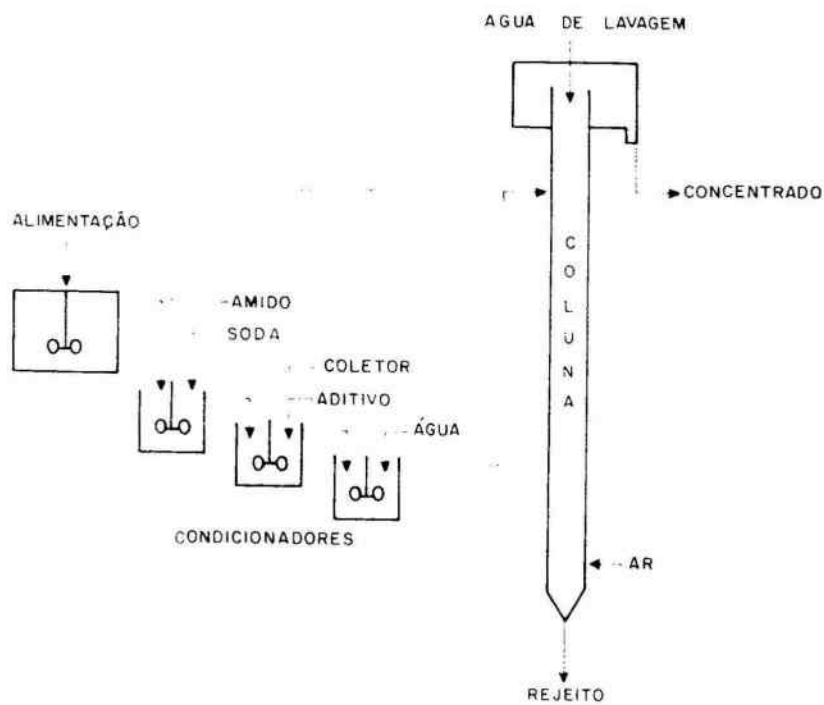
Para verificar a aplicação da técnica de flotação em coluna ao minério fosfático da ARAPRIL, foi realizado, primeiramente, um estudo em planta piloto com os finos gerados na etapa de moagem da unidade industrial.

O estudo foi realizado numa planta piloto cujo fluxograma está apresentado na Figura 2, constituída de um tanque, dois condicionadores e coluna com 5,2 cm de diâmetro. A polpa era armazenada no tanque, numa concentração de 40% de sólidos, e bombeada para a etapa de condicionamento, onde era ajustado o pH e adicionado o depressor - amido - no primeiro condicionador e o coletor - óleo de arroz - no segundo. A polpa tinha sua concentração de sólidos ajustada e alimentava a coluna, onde eram obtidos o concentrado e o rejeito.

As variáveis estudadas na unidade piloto de flotação foram:

- . Tipo e dosagem de coletor (Tall Oil e óleo de arroz);
- . Tipo e dosagem de aditivo (Fongrafiot P-4, Eumulgim II-30 e HOE F-2875);
- . Dosagem de amido;
- . pH;
- . Tempo de residência;
- . Altura da camada de espuma;
- . Concentração e taxa de alimentação de sólidos;
- . Vazão de ar / "Hold-up";
- . "BIAS".

Figura 2 - Fluxograma da Planta Piloto de Flotação em Coluna



Os coletores "Tall-Oil" e óleo de arroz foram testados de forma saponificada, utilizando-se uma relação coletor / soda de 7/1, em peso. O amido utilizado foi do tipo Collamil, gelatinizado com soda numa relação de amido / soda de 4/1, em peso.

Os termos "Hold-up" e "BIAS", apresentados neste trabalho, têm as seguintes definições:

- . "Hold-up" : fração volumétrica da zona de recuperação da coluna ocupada pelo ar;
- . "BIAS" : relação volumétrica entre a vazão de polpa no não-flotado e alimentação da coluna.

Baseado no estudo das variáveis tem-se os seguintes comentários:

- . a utilização do coletor "Tall Oil" acarretou a formação de espuma na zona de recuperação da coluna;
- . a utilização dos aditivos Fongraflot P-4 (reagente não iônico etoxilado da Hoechst), Eumulgin (eter poliglicólico de álcool da Henkel) ou HDE F-2875 (sulfosuccinamato de sódio da Hoechst) não contribuiu de forma significativa nos resultados da flotação;
- . para redução do teor de ferro no concentrado, foi necessária a adição do depressor amido;
- . a recuperação de P_2O_5 foi sempre crescente com a elevação do pH;
- . para redução do teor de contaminantes no concentrado foi necessária uma camada de espuma com altura mínima de 60 cm;
- . a recuperação de P_2O_5 foi crescente e o teor manteve-se constante com o aumento da vazão de ar;
- . o aumento do valor de "BIAS" reduziu o teor do contaminante ferro no concentrado de apatita;

Os estudos de caracterização mineralógica realizado com os produtos da flotação - concentrado e rejeito - identificou que a contaminação de ferro no concentrado de apatita é devida, principalmente, às inclusões de limonita / goethita na apatita microcristalina.

Após otimização das variáveis operacionais e de processo foi realizado um ensaio com 12 horas de duração, e obtido, através de 5 amostragens, o balanço de massa apresentado na Figura 3. As condições e resultados deste estudo subsidiaram o dimensionamento e operação da unidade semi-industrial de flotação em coluna.

Estudo de Flotação em Coluna: Semi-Industrial

Com base nos resultados obtidos em piloto, foi dimensionada uma unidade semi-industrial de flotação em coluna com capacidade de 2,0 t/h. A unidade é constituída de um tanque para recebimento e alimentação da polpa, dois condicionadores e uma coluna com 61,0 cm de diâmetro e 9,0 m de altura, sendo 7,0 m da zona de recuperação e 2,0 m da zona de limpeza. A unidade foi instalada junto da planta industrial e operada com os finos de fosfato gerados na moagem, através do desvio de parte do fluxo de polpa que alimenta o circuito industrial.

A operação da unidade semi-industrial foi realizada tomando como base as condições definidas na piloto e ajustadas em função das características da polpa e dos sistemas de água de lavagem e de geração de bolhas utilizados na coluna semi-industrial.

Os valores definidos para as variáveis estão apresentados na Tabela I.

Figura 3 - Balanço de Massa da Planta Piloto de Flotação em Coluna.

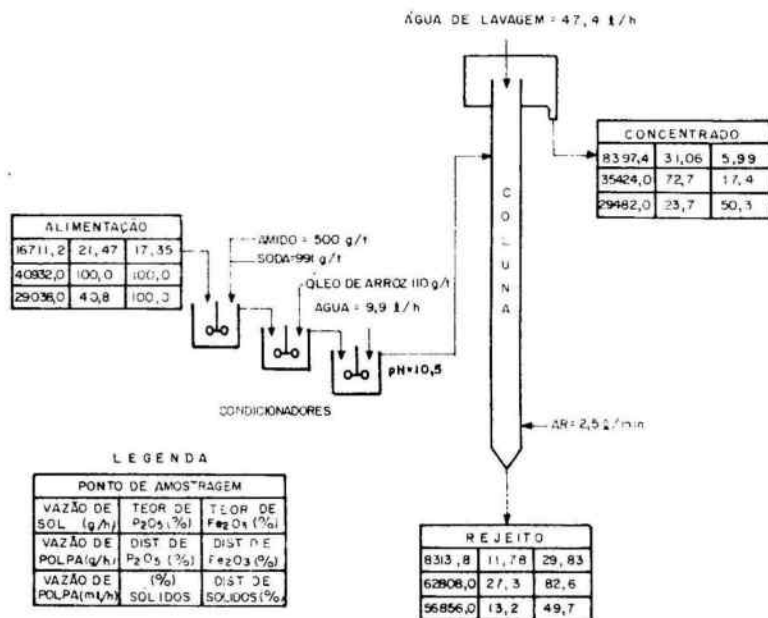


Tabela 1 - Condições da Flotação em Coluna Semi-Industrial

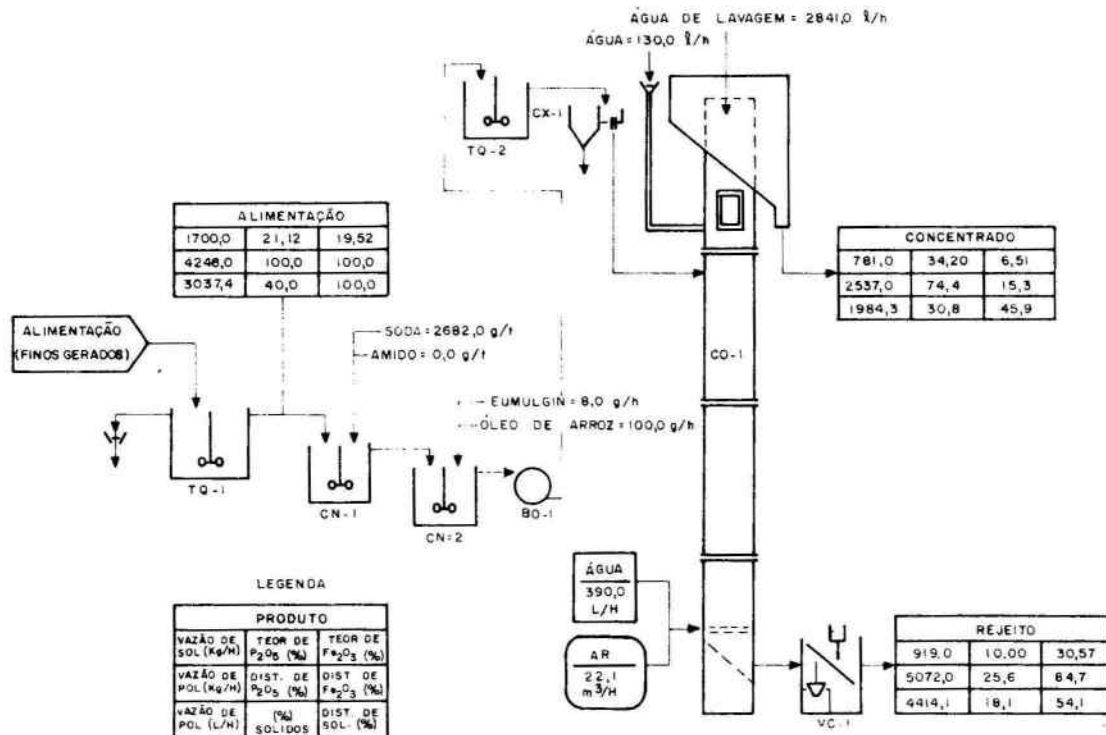
Dosagem de ácido	0,0	g/t
Dosagem de óleo de arroz	100,0	g/t
Dosagem de Eumulgim	8,0	g/t
pH	11,6	
Tempo de residência	30,0	min
Camada de espuma	80,0	cm
Porcentagem de sólidos na alimentação	40,0	%
Velocidade superficial do ar	1,51	cm/s
Velocidade superficial da água de lavagem	0,27	cm/s
"Hold-up"	19,7	%
Diâmetro de bolha	0,9	mm
"BIAS"	1,26	

Mantidas as condições especificadas na Tabela 1, foram realizadas 7 (sete) amostragens para balanço durante período de estabilidade da planta. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4.

Considerando os resultados obtidos nas colunas piloto e semi-industrial, apresentam-se os seguintes comentários:

- o sistema de água de lavagem da coluna semi-industrial foi mais eficiente, permitindo a obtenção de concentrados com teor de P_2O_5 mais elevado sem adição de depressor;
- o sistema de geração de bolhas utilizado na coluna semi-industrial foi mais eficiente e de fácil controle, permitindo a geração de bolhas com menor diâmetro do que na coluna piloto;
- o aditivo Eumulgim foi importante para tornar mais nítida a interface polpa-espuma na coluna semi-industrial.

Figura 4 - Fluxograma com Balanço de Massa da Planta Semi-Industrial



COMPARAÇÃO DAS CONDIÇÕES E RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO CÉLULA DE COLUNA E CONVENCIONAL

A seguir, é feita uma comparação entre as condições e resultados obtidos na unidade semi-industrial de flotação em coluna, constituída de uma coluna com capacidade de 2,0 t/h, e na planta industrial de célula mecânica convencional. A planta de célula convencional tem uma capacidade para beneficiar 35,0 t/h de finos gerados e é constituída de uma etapa "rougher" e três etapas "cleaner".

As principais condições e resultados obtidos na coluna e no circuito convencional estão apresentadas na Tabela II.

Tabela II - Condições e resultados da Planta Semi-industrial de Coluna e Industrial de Célula Mecânica

CÉLULA	AMIDO (g/t)	COLETOR (g/t)	EUMULGIN (g/t)	pH	P ₂ O ₅ (%)	
					TEOR	RECUPERAÇÃO
Mecânica	600	900 ⁽¹⁾	50	12,0	33,5	64,7
Coluna	0	100 ⁽²⁾	8	11,6	34,2	74,4

(1) Talc Diil

(2) Óleo de arroz

Comparando as condições e resultados obtidos na coluna semi-industrial e no circuito industrial com célula mecânica tem-se os seguintes comentários:

- . a obtenção de concentrado na coluna com teor de P_2O_5 mais elevado do que no circuito com célula mecânica, em apenas uma etapa de flotação e sem adição de depressor, mostra uma maior seletividade do processo de flotação em coluna;
- . a obtenção de níveis de recuperação de P_2O_5 mais elevados na coluna do que no circuito de célula mecânica, utilizando dosagens menores de coletor e aditivo, deve-se a maior eficiência do sistema de aeração e da maior probabilidade de contato e adesão partícula - bolha na coluna do que na célula mecânica.

CONCLUSÕES

O trabalho realizado permitiu a obtenção das seguintes conclusões:

- . os resultados obtidos nas plantas piloto e semi-industrial mostram que a técnica de flotação em coluna se aplica com sucesso aos finos de fosfato gerados na moagem da unidade industrial da ARAFÉRTIL;
- . a técnica de flotação em coluna foi superior à da célula convencional, permitindo uma redução significativa no consumo de reagentes, depressor e coletor, com obtenção de níveis de teor e recuperação de P_2O_5 mais elevados, utilizando-se apenas uma coluna;
- . a recuperação de P_2O_5 na flotação em coluna ainda pode ser elevada com a introdução de uma segunda coluna "scavenger".