



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

# EXTRAÇÃO POR SOLVENTES DE COBRE DO MINÉRIO OXIDADO DE CARAÍBA

|                             |       |                               |       |          |      |
|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------|----------|------|
| Série<br>Tecnologia Mineral | Nº 27 | Seção<br>Metalurgia Extrativa | Nº 10 | Brasília | 1983 |
|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------|----------|------|

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
Cesar Cals - Ministro de Estado

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
Yvan Barretto de Carvalho - Diretor Geral

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL  
Manoel da Redenção e Silva - Diretor

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
Roberto C. Villas Bôas - Superintendente

Autores: Paulo Sérgio Moreira Soares \*  
Ivan Ondino de Carvalho Masson\*\*

# EXTRAÇÃO POR SOLVENTES DE COBRE DO MINÉRIO OXIDADO DE CARAÍBA

## ENSAIOS CONTÍNUOS EM ESCALA SEMIPILOTO

Execução e elaboração do trabalho pelo  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM  
Através do convênio DNPM/CPRM

- \* Eng.º Metalúrgico, Eng.º do CETEM
- \*\* Eng.º Químico, M. Sc. Eng. Metalúrgica  
e de Materiais, Eng.º do CETEM

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral  
Setor de Autarquias Norte  
Quadra 01— Bloco B —Telex (061) III 6  
70-000—Brasília(DF) — Brasil

Copyright 1983  
Reservados todos os direitos  
Permitida a reprodução , desde que mencionada a fonte

Depósito Legal  
Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro  
Instituto Nacional do Livro

Brasil. DNPM

Extração por solventes de cobre do minério oxidado de Caraíba /por/ P.S.M. Soares /e/ I.O. de C. Masson. Brasília, 1983.

...p., il (Brasil. DNPM. Ser. Tecnologia Mineral, 27. Seção Met. Extrativa, 10)

"Trabalho executado pelo Centro de Tecnologia Mineral, através do Convênio DNPM/CPRM". Bibliogr.

1. Tecnologia Mineral - Brasil. I. Soares, P.S.M. II. Masson, I.O. de C. III. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro. IV. Título. V. Série.

CDD 622.7  
CDU 622.8 (81)

## NOTA

Este trabalho constitui-se na documentação da segunda etapa de estudos em escala semipiloto, desenvolvida pelo Centro de Tecnologia Mineral para a Caraíba Metais Ind. e Com. SA.

Desta forma, encontram-se nesta publicação dados complementares aos reunidos no fascículo nº 6 da Série Tecnologia Mineral, constituindo-se assim um ciclo integrado com o objetivo de delinear o perfil de uma instalação piloto para o tratamento de licores cupríferos oriundos da lixiviação por percolação do minério oxidado da Mina Caraíba.

## RESUMO

## ABSTRACTS

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 01 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS .....                                | 03 |
| 2.1. Reagentes .....  | 03 |
| 2.2. Testes Preliminares .....                              | 05 |
| 2.2.1. Capacidade de Carga .....                            | 05 |
| 2.2.2. Cinética de Extração e Seletividade Cu/Fe .....      | 05 |
| 2.2.3. Testes de Decantação .....                           | 06 |
| 2.2.4. Isotermas de Equilíbrio - Diagrama de Operação ..... | 06 |
| 2.3. Ensaio Contínuo .....                                  | 07 |
| 3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO .....                     | 09 |
| 3.1. Testes Preliminares .....                              | 09 |
| 3.1.1. Capacidade de Carga .....                            | 09 |
| 3.1.2. Cinética de Extração e Seletividade Cu/Fe .....      | 09 |
| 3.1.3. Testes de Decantação .....                           | 11 |
| 3.1.4. Isotermas de Equilíbrio - Diagrama de Operação ..... | 12 |
| 3.2. Ensaio Contínuo .....                                  | 12 |
| 4. CONCLUSÕES .....   | 17 |
| 5. BIBLIOGRAFIA .....                                       | 18 |

## Resumo

Com o objetivo de definir o perfil de uma instalação de extração por solventes para o tratamento de licores cupríferos oriundos da lixiviação por percolação do minério oxidado da Mina Caraíba, foram realizados testes contínuos em escala semipiloto. Empregou-se o reagente ACORGA P5100 diluído a 19% (v/v) em Shellsol M para o tratamento de um licor com  $5,50\text{g.l}^{-1}$  de cobre,  $1,45\text{g.l}^{-1}$  de ferro e  $\text{pH} \approx 2,0$ . Inicialmente, em escala de bancada, foram levantadas características básicas do sistema em estudo, como: capacidade de carga, cinética de extração, e seletividade, além de obtidas isotermas de extração e reextração e realizados testes de decantação. Em escala semipiloto, operou-se um circuito com 2 estágios de extração e 2 de reextração, atingindo-se recuperações de cobre da ordem de 95% e alcançando-se um eletrólito carregado com  $49\text{g.l}^{-1}$  de cobre,  $125\text{g.l}^{-1}$  de ácido sulfúrico e níveis de contaminação máximos de 100ppm em ferro.

## Abstract

With a view to defining the profile of a solvent extraction plant for treating copper liquors resulting from percolation leaching of the Caraíba Mine oxidized ore, semipilot scale continuous tests have been carried out. It was used ACORGA P5100 reagent diluted to 19% (v/v) in Shellsol M for treating a liquor with  $5.50\text{g.l}^{-1}$  copper,  $1.45\text{g.l}^{-1}$  iron and  $\text{pH} \approx 2,0$ . Initially, in bench scale, the basic characteristics of the system were studied, as: load capacity, extraction kinetics, and selectivity, besides the extraction and re-extraction isotherms also determined and the decantation tests performed. In semipilot scale, it was operated a 2-stage extraction and two-stage re-extraction circuit, reaching copper recoveries of about 95% and an electrolyte charged with  $49\text{g.l}^{-1}$  copper,  $125\text{g.l}^{-1}$  sulfuric acid and maximum contamination levels of 100ppm iron.

## I. INTRODUÇÃO

Recentes desenvolvimentos tecnológicos na área de extração por solventes, associados a pressões de demanda que tornaram viável a exploração de jazidas de teres tidos anteriormente como não econômicos, têm levado esta técnica hidrometalúrgica a aplicações cada vez maiores.

No caso particular da tecnologia aplicada a minérios de cobre, pode identificar-se como relativamente recente a integração da operação de extração por solventes a processos de lixiviação e eletrorrecuperação, sendo possível afirmar que todas as instalações industriais que a adotaram não existiam há cerca de vinte anos passados<sup>(1)</sup>.

Por outro lado, em função da quantidade de usinas desse tipo hoje em operação, pode verificar-se sua crescente viabilidade.

A operação de extração por solventes, encarada como etapa de purificação e concentração de licores aquosos contendo, dentre outros, íons de um ou mais metais de interesse, é levada a cabo em uma etapa de extração seguida de reextração.

No caso particular da recuperação de cobre por extratantes catiônicos, trata-se basicamente de conduzir a reação descrita esquematicamente pela equação (1) a seguir, nos sentidos a ou b, respectivamente, extração e reextração.



A = fase aquosa

O = fase orgânica

Como produto da etapa de reextração, obtém-se uma fase aquosa rica e purificada, contendo, em es sência, sulfato de cobre em concentração e níveis de acidez adequados a eletrodeposição, e uma fase orgânica regenerada e pronta a ser admitida na etapa de extração, identificando-se sob este aspecto um circuito fechado com relação ao sol vente.

Neste trabalho, são abordados aspectos particulares da operação de uma unidade semipiloto de extra ção por solventes, e apresentados resultados parciais, obti dos na busca de definir o perfil de uma usina piloto de lixi viação - extração por solventes - eletrorrecuperação implan tada pelo Centro de Tecnologia Mineral para a Caraíba Metais S.A., em Jaguarari, BA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. - Reagentes

Para o desenvolvimento dos testes preliminares, bem como para a operação dos circuitos contínuos em escala semipiloto, foi utilizado licor (lixívia-LX) proveniente da lixiviação, por percolação, do minério oxidado de cobre da Mina Caraíba, que pode ser caracterizado pelos resultados de análise química dos principais elementos nele presentes e pH, conforme apresentados na tabela 1.

| Cu   | Fe   | Al   | Mg   | pH   |
|------|------|------|------|------|
| 5,50 | 1,45 | 1,92 | 0,49 | 2,00 |

Tabela I. - Composição química e pH do licor de lixiviação utilizado. Concentrações em  $g.l^{-1}$ .

A fase orgânica utilizada compunha-se do solvente SL, contendo 19% (v/v) do extratante Acorga P5100 (5 nonil-salicilaldoxima) de fabricação da Acorga Ltd., no diluente Shellsol M, fabricado pela Shell Química S.A.

Na tabela II, encontram-se as características físico-químicas dos reagentes empregados, segundo seus fabricantes.

| REAGENTE   | APARÊNCIA   | Pto-Fulgor<br>(°C ASTM) | DESTILAÇÃO<br>(°C) | DENSIDADE | VISCOSIDADE<br>(cps-25°C) | AROMÁTICOS<br>+OLEFINAS<br>(% v/v) |
|------------|-------------|-------------------------|--------------------|-----------|---------------------------|------------------------------------|
| P 5100     | Liq. Ambar  | 78                      | -                  | 0,980     | 2 000                     | -                                  |
| Shellsol M | Liq. Trans. | 55                      | 172-215            | 0,806     | -                         | 15                                 |

Tabela II. - Características físico-químicas dos reagentes empregados.

## 2.2. - Testes Preliminares

Com o objetivo de definir algumas características do sistema lixívia LX e solventes SL em estudo, foram realizados testes em regime de batelada, tidos neste trabalho como uma forma preliminar de previsão de comportamento deste sistema quando aplicado a circuitos contínuos de extração por solventes.

### 2.2.1. - Capacidade de carga

Este teste foi conduzido com os reagentes LX e SL, sendo o nível de saturação da fase orgânica obtido através de sucessivos contatos da mesma com alíquotas frescas da fase aquosa.

Todos os contatos foram feitos por agitação mecânica a 1 000rpm e razão O/A constante.

### 2.2.2. - Cinética de extração e seletividade Cu/Fe

A fim de levantar dados referentes à cinética de extração de cobre e ferro e seletividade do solvente, foram realizados testes de contato por agitação mecânica a 1 000rpm para o sistema LX-SL.

As variações das concentrações de cobre e ferro foram acompanhadas por amostragens a intervalos de tempo regulares, por um período total de 300 segundos.

### 2.2.3. - Testes de decantação

Os testes foram conduzidos em reator cilíndrico de 500ml de capacidade, 5,2cm de diâmetro interno e razão de fases orgânica/aquosa igual a 1.

Impôs-se o contato entre as fases por 15 minutos, mantendo-se a agitação mecânica em 1 000rpm. Após este período, a agitação era interrompida e cronometrando o tempo de separação das fases para um intervalo de 8cm de percurso, até a identificação de uma interface bem definida em estado de repouso. Para o traçado das curvas refletindo a evolução do tempo de decantação, foram utilizadas as médias dos volumes de tempo auferidos em 5 contatos.

A fase contínua de interesse foi instrumentada com aparelhagem eletrônica indicadora do regime de dispersão (I.R.D.), desenvolvida e construída no CETEM<sup>(2)</sup>.

### 2.2.4. - Isotermas de equilíbrio - Diagramas de operação

Para uma análise preliminar da evolução das concentrações e determinação do número teórico de estágios para operação do circuito contínuo estudado, foi levantada a isoterma de equilíbrio para o sistema SL-LX, verificando-se a distribuição ideal do  $\text{Cu}^{++}$  entre as fases aquosa e orgânica para a etapa de extração. Adotou-se o método de contato com razões de volume variáveis a partir do solvente SL fresco<sup>(3)</sup>.

De maneira análoga, procedeu-se para a etapa de reextração. Utilizou-se uma fase orgânica contendo  $9,0\text{g.l}^{-1}$  de cobre (II) e uma fase aquosa correspondente a um eletrólito esgotado típico, efluente da etapa de eletrorecuperação, contendo  $30,0\text{g.l}^{-1}$  de cobre (II) e  $150,0\text{g.l}^{-1}$  de ácido sulfúrico.

### 2.3. - Ensaio Contínuo

O circuito contínuo de extração-reextração estudado foi operado em unidade semipiloto do tipo misturador-decantador, de fabricação da Bell Engineering, com contadores em forma de prisma retangular em material acrílico, dotados de câmaras de mistura com capacidade útil de 180ml e câmaras de decantação com área de  $55\text{cm}^2$ , correspondendo a um volume de 470ml.

Para a agitação mecânica necessária, utilizaram-se motores Dayton modelo 2MO33, com potência nominal de 1/15 HP, adotando-se velocidades de 1 000rpm, instrumentadas com fototacômetro.

A admissão dos reagentes no circuito foi realizada com a utilização de bombas peristálticas de fabricação Cole Parmer e as vazões de admissão e recirculo controladas por rotâmetros previamente calibrados.

Para o acompanhamento do regime de dispersão estabelecido em cada estágio, foi utilizado aparelho "I.R.D."

Para a operação contínua, foi adotado um circuito de 4 estágios, sendo 2 na etapa de extração e 2 na de reextração, segundo características definidas quando da realização dos testes preliminares.

No estágio de descarga do refinado, foi adotado o regime de aquoso contínuo, visando observar os e feitos desta condição no que diz respeito às eficiências de estágio alcançadas, e observação macroscópica quanto ao ar raste da fase orgânica no licor esgotado da etapa de extra ção.

Com período de ensaio de cerca de 64 horas a partir do estabelecimento do equilíbrio hidrodinâmico e químico do circuito, foram retiradas amostras das fases aquosa e orgânica de cada estágio, observando-se seu desempenho em termos das concentrações médias de cobre e ferro obtidas. Estes valores foram utilizados no cálculo das recuperações para as etapas de extração-reextração e levantamento dos pontos de pseudo-equilíbrio.

As eficiências dos estágios foram obtidas a partir de isotermas de equilíbrio para a extração e reextração, adotadas como padrão.

Foram também auferidos os níveis de acidez e o pH das fases aquosas interestágios.

Para o acompanhamento dos testes preliminares, bem como daqueles efetuados em escala semipiloto, as análises químicas necessárias foram obtidas por absorção atômica diretamente sobre as fases aquosas, exceto aquelas da etapa de reextração do circuito contínuo, para as quais utilizou-se titulação volumétrica com iodeto de potássio para a determinação da concentração de cobre.

As fases orgânicas foram analisadas por absorção atômica após reextração com uma solução a  $150\text{g.l}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a uma razão orgânico/aquoso igual a 1/50.

Os níveis de acidez foram determinados através de método adaptado e testado no CETEM<sup>(4)</sup>.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. - Testes Preliminares

##### 3.1.1. - Capacidade de carga

Para os testes de capacidade de carga com o licor LX e o solvente SL, obtiveram-se 0,568g de cobre por percentagem (v/v) do solvente, com níveis máximos de contaminação da ordem de 50ppm na fase orgânica saturada. Desta forma, o circuito contínuo foi operado a cerca de 50% da capacidade de carga do solvente SL.

##### 3.1.2. - Cinética de extração e seletividade Cu/Fe

Os resultados dos testes de cinética de extração podem ser vistos na figura 1, sendo verificadas taxas de transferência de cobre da ordem de  $0,13\text{g}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  aos 30 segundos, correspondendo a uma extração de cerca de 85,5% do cobre contido no licor LX.

A partir da marca de 60 segundos, observarou-se uma estabilização da concentração de cobre residual em LX em torno de  $0,25\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Desta forma, pôde-se verificar, nas condições dos testes, que em cerca de 60 segundos de contato 95% do cobre potencialmente capaz de ser retido como organocomplexo foi transferido à fase orgânica.

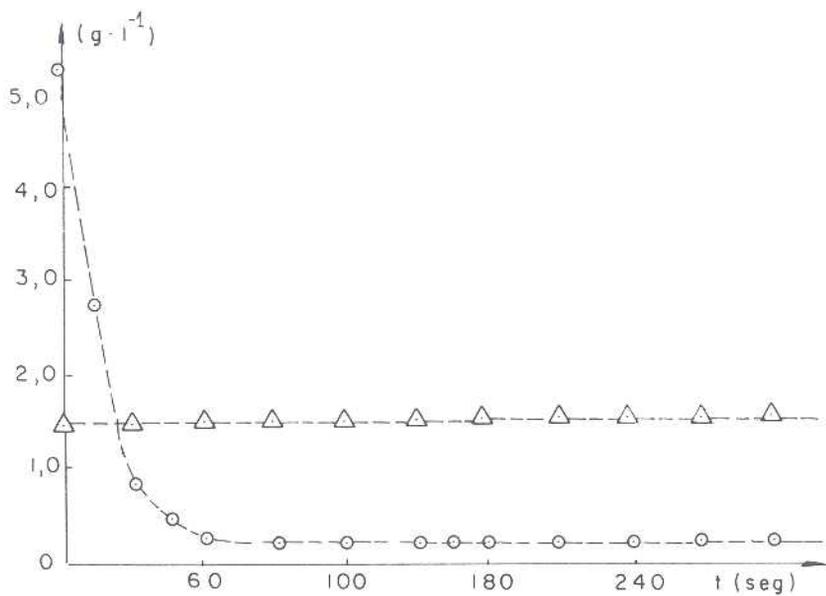


Fig. 1 — EVOLUÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE COBRE (o) E FERRO (Δ) COM O TEMPO, NA FASE AQUOSA

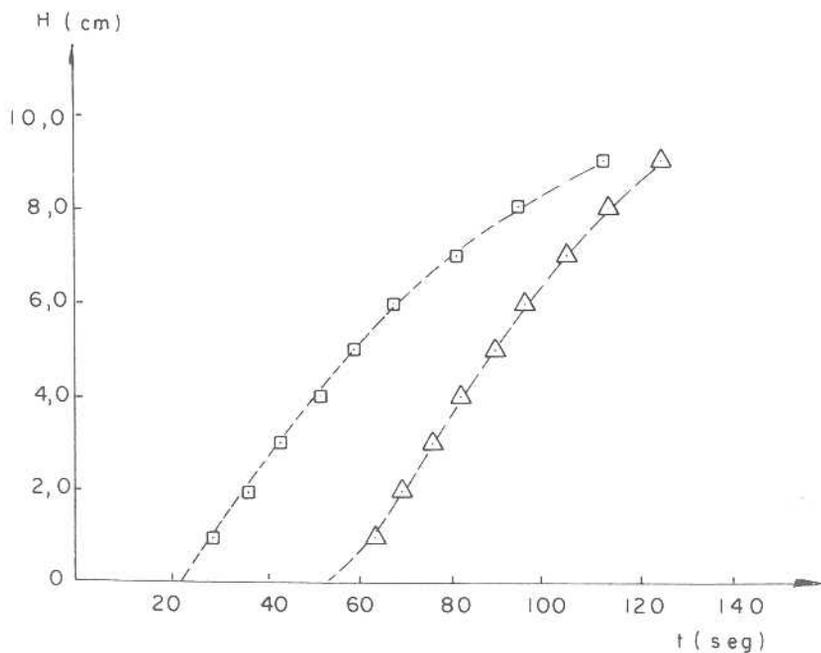


Fig. 2 — EVOLUÇÃO DA INTERFACE AQUOSA x ORGÂNICO COM O TEMPO: AQUOSO CONTÍNUO (□), ORGÂNICO CONTÍNUO (Δ)

O ferro presente no licor permaneceu praticamente inalterado, decrescendo cerca de 30ppm em relação à sua concentração original. A seletividade do solvente SL para esta espécie iônica em relação ao cobre mostrou-se bastante satisfatória. A extração de íons férricos corresponde a apenas 0,5% da massa total transferida à fase orgânica.

### 3.1.3. - Testes de decantação

Para os testes de separação de fases (decantação), realizados em batelada (figura 2), verificou-se ser necessário um tempo de cerca de 125 segundos para a completa separação de fases em regime de orgânico contínuo, e cerca de 113 segundos para a situação de aquoso contínuo, nas condições do teste. Tal comportamento indicou preliminarmente a ocorrência possível de bandas de dispersão maiores em estágios do circuito contínuo que operassem em regime de orgânico contínuo.

As taxas representativas do fluxo específico de decantação, obtidas das curvas apresentadas na figura 2, indicaram valores da ordem de  $0,15\text{cm}^3.\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , o que se constitui, também, em subsídio para adotar vazões de admissão no circuito contínuo simultaneamente compatíveis com as taxas de extração auferidas nos testes de cinética e com as taxas de decantação preliminarmente obtidas em regime de batelada.

### 3.1.4. - Isotermas de equilíbrio - Diagrama de o peração

O levantamento da isoterma de equilíbrio para a extração do cobre pode ser visto na figura 3, onde também se encontra colocado o diagrama de operação referente a esta etapa.

Foi adotada uma razão de transferência orgânica/aquosa igual a 1,3, o que levou à identificação da necessidade teórica de menos de dois estágios de extração para se atingir um refinado de cerca de  $0,5\text{g.l}^{-1}$ , o que corresponderia a uma recuperação da ordem de 91%. Operou-se então com circuito de 2 estágios na etapa de extração.

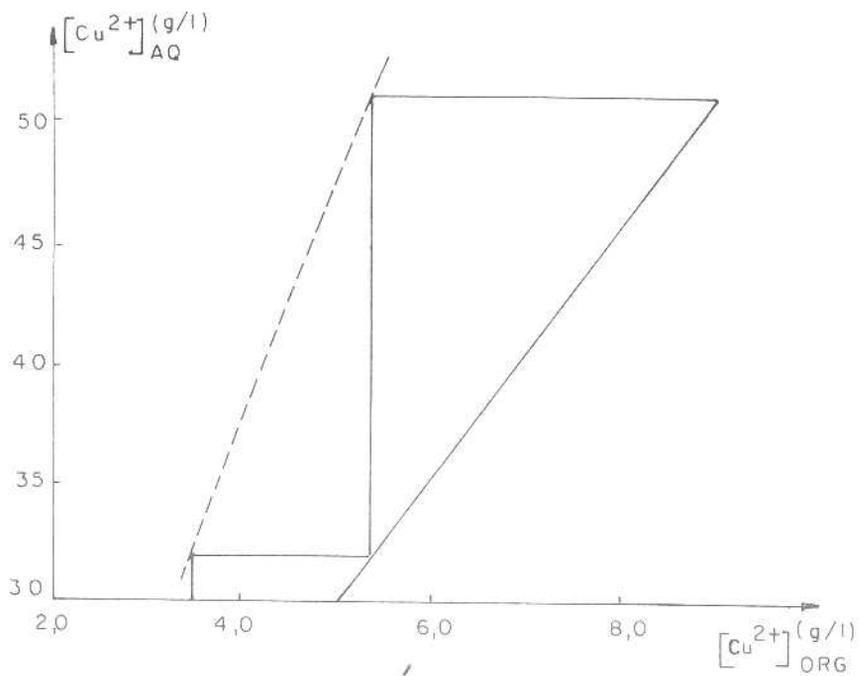
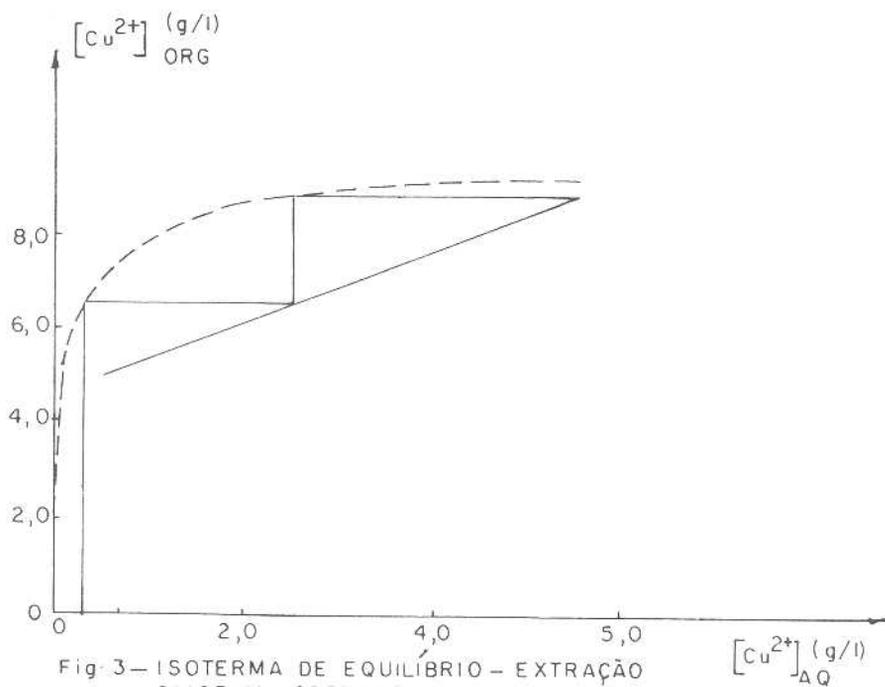
Para a etapa de reextração, os resultados obtidos encontram-se colocados na figura 4, onde se vê também o diagrama operacional associado à isoterma de equilíbrio para esta etapa.

Como pode ser visto, foi determinado como 2 o número real de estágios necessários para se atingir um extrato aquoso de cerca de  $51,0\text{g.l}^{-1}$  de cobre.

### 3.2. - Ensaio contínuo

A partir dos dados obtidos nos testes preliminares, e através do levantamento dos diagramas operacionais para as etapas de extração e reextração, foi dimensionado o circuito contínuo em escala semipiloto, como pode ser visto na figura 5.

A vazões de admissão escolhidas corres



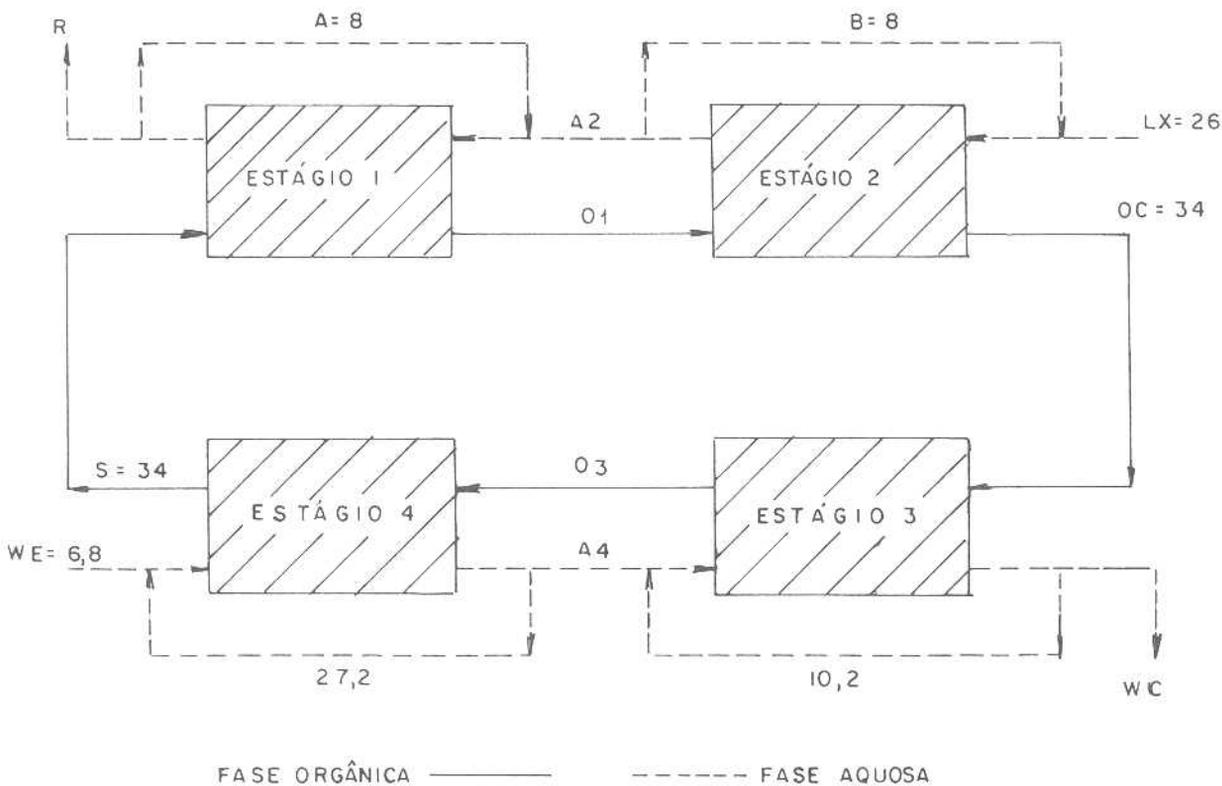


Fig. 5 - CIRCUITOS ADOTADOS NOS ENSAIOS CONTÍNUOS EM ESCALA SEMI-PILOTO. CÓDIGOS DE AMOSTRAGEM E VAZÕES EM  $\text{ml min}^{-1}$ . CIRCUITO I SOMENTE COM RECICLO AQUOSO B, CIRCUITO II COM OS RECICLOS AQUOSOS A e B.

pondem a um tempo de residência na câmara de mistura de cerca de 3 minutos, correspondente a um fluxo específico na etapa de decantação da ordem de  $0,02\text{cm}^3.\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , compatíveis com as estimativas fornecidas pelos testes preliminares.

Os regimes de dispersão impostos mantiveram-se estáveis durante todo o ensaio, verificando-se a ocorrência de banda de dispersão maior no estágio que operou em regime de orgânico contínuo que naqueles que operaram em aquoso contínuo.

A tabela III apresenta os resultados obtidos nestes testes.

| ESTÁGIOS  | AMOSTRAS       | Cu   | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | pH   | Efic. (%) | Rec. (%) |
|-----------|----------------|------|--------------------------------|------|-----------|----------|
| Estágio 1 | R              | 0,50 | 8,91                           | 1,42 | 82        | 91       |
|           | O <sub>1</sub> | 5,20 | -                              | -    |           |          |
| Estágio 2 | LX             | 5,50 | -                              | 2,04 | 88        |          |
|           | A <sub>2</sub> | 2,20 | -                              | 1,57 |           |          |
|           | O <sub>C</sub> | 7,93 | -                              | -    |           |          |
| Estágio 3 | W <sub>C</sub> | 49,1 | 124,9                          | -    | 91        | 95       |
|           | O <sub>3</sub> | 5,51 | -                              | -    |           |          |
| Estágio 4 | WE             | 30,5 | 150,1                          | -    | 95        |          |
|           | S              | 4,09 | -                              | -    |           |          |
|           | A <sub>4</sub> | 37,4 | -                              | -    |           |          |

Tabela III. - Resultados obtidos nos testes contínuos. Concentrações em  $\text{g.l}^{-1}$ .

A recuperação calculada para a etapa de reextração refere-se ao cobre potencialmente reextraível com uma solução contendo  $30,0\text{g.l}^{-1}$  de cobre e  $150,0\text{g.l}^{-1}$  de ácido sulfúrico.

Os níveis máximos de contaminação por ferro, em 64 horas de operação, foram da ordem de 80ppm para a fase orgânica e 100ppm para o licor destinado à eletrorrecuperação.

Os demais elementos analisados, como o alumínio e o magnésio, ocorrem, com exceção das amostras de refinado, em faixas de concentração não detectáveis por absorção atômica.

Como se verifica pela tabela III, os níveis de recuperação de cobre para a etapa de extração e reextração do circuito estudado situaram-se em cerca de 90%. Foram obtidas soluções purificadas e concentradas, com conteúdo de cobre em torno de  $50\text{g.l}^{-1}$  e acidez de  $125\text{g.l}^{-1}$  de ácido sulfúrico, associadas a uma contaminação da ordem de, no máximo, 100ppm de ferro.

Em termos gerais, observaram-se eficiências elevadas para todos os estágios do circuito.

Para o estágio 2, a adoção do reciclo aquoso, mesmo aumentando a acidez da fase aquosa na câmara de mistura, não afetou consideravelmente a eficiência de extração, que se situou próxima do esperado em operações envolvendo equipamentos do tipo misturador-decantador.

Contudo, no estágio de descarga do refinado, a eficiência verificada foi algo mais baixa, o que pode ser creditado às características mais desfavoráveis da fase aquosa tratada, quais sejam as de um licor relativamente empobrecido e elevados níveis de acidez, agravadas pe

la recirculação aquosa adotada.

No tanque utilizado para o recolhimento do refinado, não foi visualizado um arraste de solvente significativo para as condições do ensaio.

Para a reextração, as eficiências obtidas foram superiores a 90%. Os ciclos aquosos empregados, diminuindo a acidez da fase aquosa, não acarretaram quedas acentuadas neste índice, provavelmente em função da ainda elevada acidez dos eletrólitos recirculados.

#### 4. CONCLUSÕES

1) A cinética da extração do cobre pelo solvente SL é bastante rápida, observando-se tempos de 60 segundos, em condições ideais, para se atingir o completo equilíbrio de concentrações entre as fases aquosa e orgânica.

2) A seletividade observada para o solvente SL com relação ao ferro demonstrou ser bastante satisfatória. Verificou-se uma cinética extremamente desfavorável à extração desta espécie iônica.

3) O tempo de separação das fases em regime de aquoso contínuo mostrou-se menor que aquele em orgânico contínuo para o sistema LX-SL aqui estudado, conforme evidenciado nos testes em regimes de batelada e contínuo.

4) No circuito estudado, a recirculação aquosa adotada no estágio de descarga do refinado pode ter afetado sua eficiência, devendo-se, no futuro, conduzir paralelamente

te testes contínuos que não a incluíam, visando quantificar seus efeitos, tanto em termos de eficiências alcançadas, quanto em relação aos níveis de arraste de fase orgânica pelo refinado.

5) Para a etapa de reextração, foram alcançadas eficiências acima de 90%, permitindo-se supor que a condição operacional adotada aproxima-se da ótima.

6) A operação de um circuito contínuo de extração por solvente, empregando 2 estágios de extração e 2 de reextração, permitiu recuperação de cobre superior a 90%, correspondendo a um refinado de  $0,5\text{g.l}^{-1}$  de cobre.

7) Foi obtido um eletrólito adequado à eletrorrecuperação, contendo 100ppm de ferro,  $125\text{g.l}^{-1}$  de ácido sulfúrico e  $50\text{g.l}^{-1}$  de cobre.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. KENNETH, L.P. Operation of the first commercial copper liquid ion exchange and electrowinning plant. In: Proc. Ext. Metal. Div. Symposium on Copper Metal. AIME. Denver (Color.) Feb. 1970.
2. SOARES, P.S.M. Identificador de regime de dispersão. Relatório interno. Centro de Tecnologia Mineral, n. 15, abr. 1981. (RI 15/81).

3. MONHEMIUS, A.J. An Introduction to metallurgical solvent extraction. COPPE/UFRJ, PD 1/75.
4. FIGUEIREDO NETO, J. de. Determinação da acidez livre pelo método da complexação dos cátions hidrolisáveis. Relatório de estágio. Centro de Tecnologia Mineral, n. 4, 1981. (RE 04/81).
5. RAMIÓ, V. Aplicación del proceso de extracción por solventes al tratamiento de minerales oxidados de cobre. In: Convención Anual del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, 28. Santiago, 1976. Anais.