



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

# RECUPERAÇÃO DO COBRE DO MINÉRIO OXIDADO DE CARAÍBA POR EXTRAÇÃO POR SOLVENTES EM ESCALA SEMI-PILOTO

STM19

CE

Série Tecnologia Mineral	nº 19	Seção Metalurgia Extrativa	nº 6	Brasília	1981
-----------------------------	-------	----------------------------	------	----------	------

**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 : Ivan O. C. Masson .  
Paulo Sergio M. Soares..

RECUPERAÇÃO DO COBRE DO MINÉRIO OXIDADO  
DE CARAÍBA POR EXTRAÇÃO POR SOLVENTES EM  
ESCALA SEMI-PILOTO

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

. Eng. Químico  
.. Eng. Metalurgista

CT-00110

CETEM	
PATRIMÔNIO	
17-B - 4041	
COL. DE	VOL   VOL Nº
DATA	28/04/93
REG. Nº	
BMB	

CETEM BIBLIOTECA	
N.º 158	Data 05/02/85

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral  
Setor de Autarquias Norte  
Quadra 01 - Bloco B - Telex (061)1116  
70.000 - Brasília (DF) - Brasil

Copyright 1981  
Reservados todos os direitos  
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

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

STM  
19  
CE

Brasil.DNPM

Recuperação do cobre do minério oxidado de Carai-  
ba por extração por solventes em escala semi-piloto/  
Por/I.O.C.Masson/e/P.S.M.Soaes.Brasília,1981.

11.graf. (Brasil.DNPM.Ser.Tecnologia Mineral, 19.  
Seção Metalurgia Extrativa, 6)

"Trabalho executado pelo Centro de Tecnologia Mi-  
neral, através do Convênio DNPM/CPRM."

Bibliogr.: 3 refs.

1.Tecnologia mineral-Brasil.1.Carvalho, Ivan O.M.  
11.Soaes, Paulo Sergio Moreira.111.Centro de Tecno-  
logia Mineral, Rio de Janeiro.IV.Título (Série).

7  
CDD 622.364-  
CDU 622.2(81)

# SUMÁRIO

Páginas

RESUMO

ABSTRACTS

I.	INTRODUÇÃO .....	I
II.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	3
III.	RESULTADOS OBTIDOS .....	4
IV.	CONCLUSÕES .....	5
V.	BIBLIOGRAFIA .....	11

## ILUSTRAÇÕES

TAB. I	PONTOS DE EQUILÍBRIO .....	6
TAB. II	PONTOS DE PSEUDO-EQUILÍBRIO .....	7
FIG. I	ISOTERMA DE EQUILÍBRIO DE EXTRAÇÃO .....	8
FIG. II	DIAGRAMA DE OPERAÇÃO .....	9
FIG. III	CIRCUITO ADOTADO NO TESTE PILOTO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTES .....	10

## RESUMO

Com vista a definição de um processo integrado de lixiviação-extração por solventes-eletrodeposição a ser aplicado ao minério oxidado de cobre da mina Caraíba, vêm sendo realizados testes de extração por solvente objetivando a produção de eletrólitos com características adequadas à eletrodeposição. Testes realizados em regime contínuo, em uma unidade semi-piloto alimentada por um licor de lixiviação contendo 5,40 g Cu/l e 0,50 g Fe/l e por uma fase orgânica composta de 20% em volume de LIX64N em querosene, permitiram a obtenção de um eletrólito com 34,0 g Cu/l, 6 ppm Fe e recuperação de 86% na etapa de extração e 90% no circuito de reextração.

## ABSTRACT

This study represents a further step towards the development of a leaching - solvent extraction - electrowinning process for the treatment of the oxidized copper ore from the Caraíba mine. Solvent extraction tests have been carried out on the copper ore with the objective of producing electrolytes of suitable characteristics for electrowinning. Continuous tests were carried out in a micro-pilot unit with a leaching liquor containing 5.4 g Cu/l and 0.5 g Fe/l, using 20% v/v LIX64N in kerosene as the organic phase. The results showed the production of an electrolyte containing 34g Cu/l and 6 mg Fe/l with a 86% recovery in the extraction stage and a 90% recovery in the stripping circuit.



## 1. INTRODUÇÃO

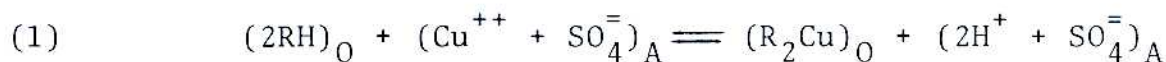
O beneficiamento hidrometalúrgico dos minérios oxidados de cobre, com vista a obtenção de cobre catódico de alta pureza, implica na purificação e concentração do licor de lixiviação.

A utilização da operação de extração por solventes para este fim conduziu a implantação de processos integrados de lixiviação-extração por solventes-eletrodeposição, os quais ocupam na atualidade uma posição econômica e tecnologicamente consolidada, como o prova sua adoção por mais de uma dezena de instalações industriais, algumas de grande porte, em operação no corrente <sup>(1)</sup>.

Neste processo, há inicialmente a lixiviação do cobre com conseqüente solubilização das impurezas contidas no minério.

O contato do licor de lixiviação com um extratante orgânico líquido do tipo catiônico, altamente seletivo pelo seu caráter quelatante, permite a extração dos íons cobre na forma de um organo-complexo. Ao captar os íons  $\text{Cu}^{2+}$  a fase orgânica libera íons  $\text{H}^+$ , regenerando uma parcela de ácido necessária a lixiviação <sup>(2)</sup>. Estes fenômenos ocorrem na etapa dita de extração e podem ser sintetizados pela reação (1).

Reação de extração:



O = fase orgânica

A = fase aquosa

À etapa seguinte consiste em retirar os íons cobre da fase orgânica e colocá-los como sulfato numa fase aquosa isenta de impurezas. Esta etapa é conhecida como reextração.

Como pode ser observado da equação(1), o equilíbrio

desta reação é, entre outras variáveis, governado pela concentração dos ions  $H^+$  presentes na fase aquosa. A reextração é assim desenvolvida impondo o deslocamento do equilíbrio da reação (1) para o sentido da esquerda, o que é obtido contactando-se a fase orgânica carregada com o eletrólito esgotado proveniente da eletrodeposição e contendo elevada acidez.

Ao liberar os ions cobre a fase orgânica se regenera pela captação de ions  $H^+$  e retorna ao circuito de extração para ser reutilizada. O eletrólito purificado e concentrado segue para a etapa de eletrodeposição.

Objetivando o beneficiamento do minério oxidado de cobre da mina Caraíba, o Centro de Tecnologia Minerária-CETEM vem realizando estudos para a definição dos parâmetros básicos que permitam a implantação de um processo integrado de lixiviação-extração por solventes-eletrodeposição, visando a produção de cobre catódico de alta pureza.

O presente trabalho apresenta os resultados parciais que vêm sendo obtidos nos estudos de extração por solventes.



## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para consecução dos testes, utilizou-se como alimentação aquosa um licor proveniente da lixiviação por percolação, contendo 5,30 g Cu/l, 0,50 g Fe/l e pH = 1,90. A alimentação orgânica consistiu de um solvente composto por 20% em volume do extratante LIX64N em querosene.

Os testes contínuos foram realizados em uma unidade semi-piloto fabricada pela Bell-Engineering. Foram utilizados cinco estágios, cada um com uma câmara de mistura com capacidade para 180 ml e um sedimentador com 470 ml.

As alimentações dos circuitos foram realizadas com bombas peristálticas fabricadas pela Cole Parmer e as vazões, inclusive dos recírculos, mantidas constantes nos valores pré-fixados por meio de rotômetros previamente calibrados.

A continuidade das fases nos estágios foi controlada em aparelhagem projetada e construída no CETEM. A velocidade de agitação dos impelidores foi 1500 rpm, medida por fototacômetro.

O ponto de carga máxima do solvente foi obtido contactando-se uma amostra do solvente fresco com sucessivas amostras do licor de lixiviação até não haver variação nas concentrações de cobre das fases contactadas.

A isoterma de equilíbrio de extração foi determinada pelo método de contato em razão de volumes de fases constante.

As alíquotas das fases orgânica e aquosa foram analisadas por absorção atômica, à exceção do eletrólito dos estágios de reextração que foram por titulação volumétrica utilizando iodeto de potássio. A acidez livre foi analisada por método próprio, desenvolvido e testado no CETEM<sup>(3)</sup>.

### III. RESULTADOS OBTIDOS:

A Figura I apresenta a isoterma de equilíbrio de extração para o sistema em estudo permitindo visualizar a distribuição dos ions cobre nas fases orgânica e aquosa em equilíbrio. Os dados utilizados para o levantamento desta curva de distribuição, bem como o valor do ponto de saturação do solvente, estão registrados na Tabela I.

De posse do valor saturação do solvente (5,84 g Cu/l) fixou-se a relação de volumes de fases orgânica e aquosa de modo a se operar nos testes contínuos em escala semi-piloto, com cerca de 60% da capacidade de saturação do solvente.

A partir da isoterma de extração e do valor do ponto de saturação do solvente construiu-se o diagrama da operação do sistema (Macbe-Thiele), visando a determinação do número de estágios teóricos necessários à extração. Para o traçado da linha de operação contida neste diagrama adotou-se uma relação de volumes orgânico/aquoso de 1,3/1, a qual permitiria operar nos testes contínuos executados em escala semi-piloto, com cerca de 60-70% da capacidade máxima de extração do solvente.

A solução gráfica de previsão do comportamento do sistema encontra-se ilustrada na Figura II; os dados utilizados no seu traçado são os mesmos localizados na Tabela I.

Observa-se desta figura que na relação de fases escolhida seriam necessárias três etapas teóricas de extração, para a obtenção de um extrato orgânico com cerca de 3,8 g Cu/l e um refinado em torno de 0,3 g/l Cu.

A Figura III, mostra o circuito de extração por solventes, operado em regime contínuo. Nos três estágios de extração e no estágio 1 de reextração trabalhou-se com a fase orgânica contínua; no estágio 2 o regime de dispersão foi aquoso contínuo.

Com base nos resultados apresentados na Tabela II, verifica-se a obtenção de um refinado com 0,78 g Cu/l e 8,2 g de  $H_2SO_4$ /l; o extrato orgânico alcançou uma concentração de 3,65 g Cu/l, correspondente a uma recuperação de cerca de 86% do cobre contido na fase aquosa.

Resultados obtidos nos testes de reextração indicaram que utilizando um eletrólito esgotado contendo 20,0 g Cu/l e 143,0 g  $H_2SO_4$ /l o mesmo é enriquecido a 34,0 g Cu/l, correspondendo a um incremento de 14 g Cu/l; a recuperação do cobre contido no orgânico alcançou 90%. O nível de contaminação com ions ferro não ultrapssou 6 ppm, o que permitiria fazer menos sangria do eletrólito no processo e a obtenção de excelente e eficiência de corrente catódica na eletrodeposição.

#### IV. CONCLUSÕES:

- i - A operação de uma etapa de extração envolvendo três estágios, um regime de dispersão orgânico contínuo e uma relação de volumes de fases orgânico/aquoso = 1,3/1 permitiram uma recuperação do cobre contido no licor de lixiviação de 86%.
- ii - A adoção de uma etapa de reextração com dois estágios foi coerente, em termos de recuperação de cobre, produção de eletrólito rico purificado e concentrado e em baixíssimo nível de contaminação com ions ferro.
- iii - A etapa de reextração permitiu a obtenção de um eletrólito rico em cobre contendo 34,0 g Cu/l, 6 ppm ions ferro e recuperação de 90% de cobre contido no extrato orgânico.



[Cu] FASE ORGÂNICA = g/l	[Cu] FASE AQUOSA = g/l
0,20	0,15
0,48	0,35
1,21	0,86
3,20	1,89
4,16	2,35
5,20	3,20
5,69	4,31
5,84	5,47
5,84	5,50

TABELA 1 - Pontos de equilíbrio utilizados no traçado da isoterma de extração. Ponto de saturação: 5,84 g Cu/l.

CIRCUITO DE EXTRAÇÃO:

AQUOSA (A): 5,40 g Cu/1, 0,50 g Fe/1, pH = 1,90

ALIMENTAÇÃO:

ORGÂNICA (S<sub>o</sub>): LIX64N a 20% em volume e querosene e contendo 0,39 g Cu/1

[Cu]	FASE AQUOSA = g/1	[Cu]	FASE ORGÂNICA = g/1
A <sub>1</sub>	= 2,65	OC	= 3,65
A <sub>2</sub>	= 1,56	O <sub>2</sub>	= 2,05
R	= 0,78	O <sub>3</sub>	= 0,95

Acidez do Refinado = 8,2 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/1  
 Recuperação de Cobre = 86%

CIRCUITO DE REEXTRAÇÃO:

AQUOSA (WE): 20,0 g Cu/1, 143,0 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/1

ALIMENTAÇÃO:

ORGÂNICA (OC): 3,65 g Cu/1

[Cu]	FASE AQUOSA = g/1	[Cu]	FASE ORGÂNICA = g/1
WC	= 34,0	O <sub>1</sub>	= 1,16
A <sub>2</sub>	= 26,1	S <sub>1</sub>	= 0,40

Ferro no eletrólito = 6 ppm  
 Recuperação de Cobre = 90%

TABELA II - Pontos de Pseudo-equilíbrio obtidos nos testes contínuos, em escala semi-piloto.



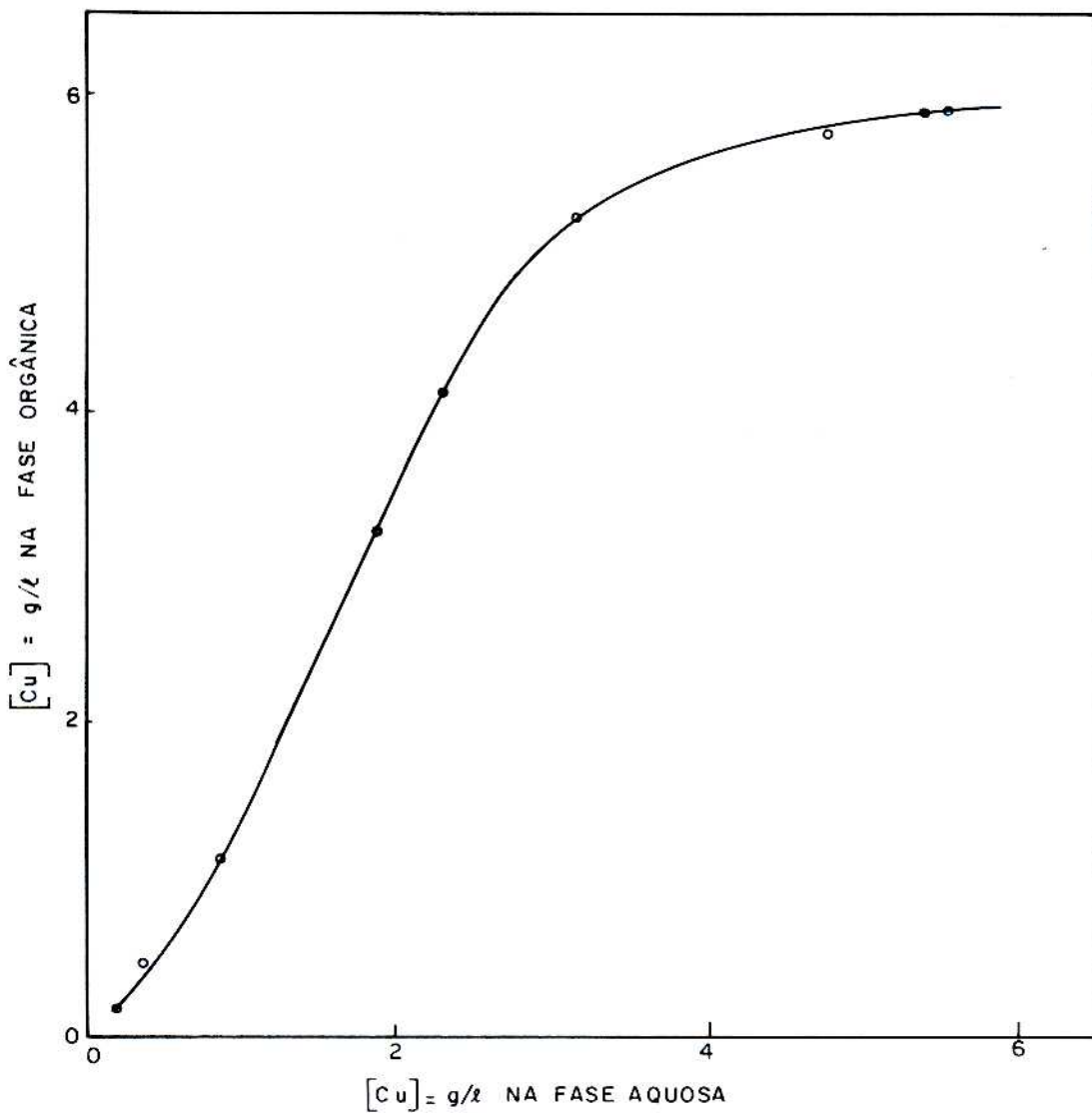


Fig 1 - ISOTERMA DE EQUILÍBRIO DE EXTRAÇÃO

FASE ORGÂNICA: 20% EM VOLUME DE LIX. 64N EM QUEROSENE  
 FASE AQUOSA: LICOR DE LIXIVIAÇÃO CONTENDO 5,40gCu/l,  
 0,50 gFe/l e pH=1,90

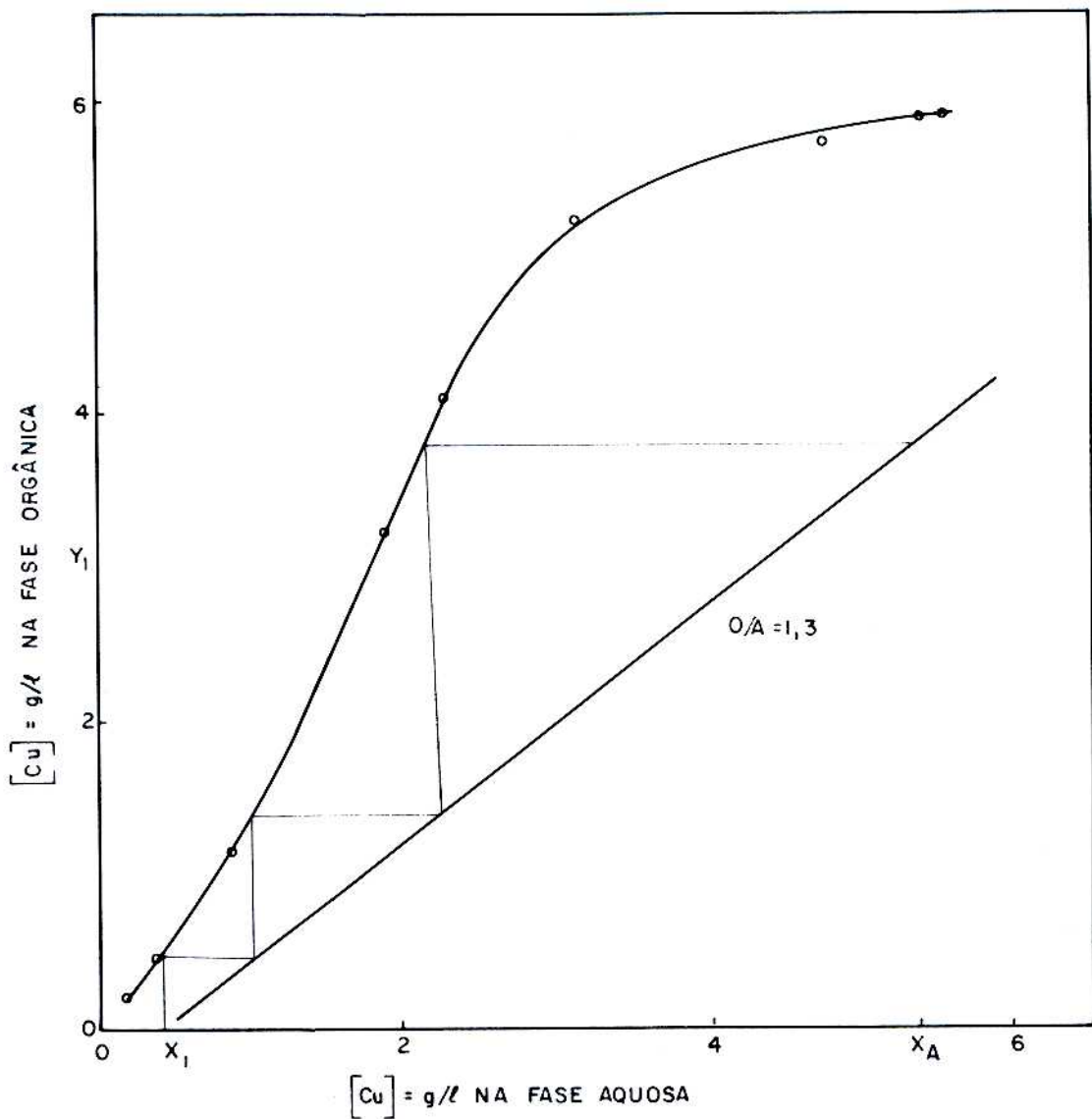


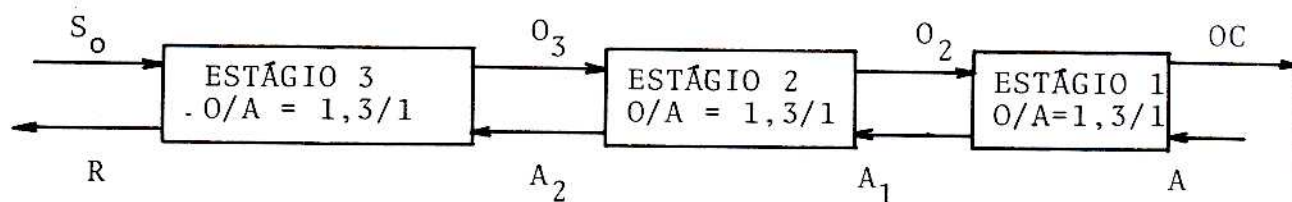
Fig.II- DIAGRAMA DE OPERAÇÃO

FASE ORGÂNICA: 20% EM VOLUME DE LIX. 64N EM QUEROSENE E CONTENDO 0,03 g Cu/l

FASE AQUOSA: LICOR DE LIXIVIAÇÃO CONTENDO 5,40 g Cu/l 0,50g Fe/l e pH=1,9  
 RELAÇÃO: O/A = 1,3/1

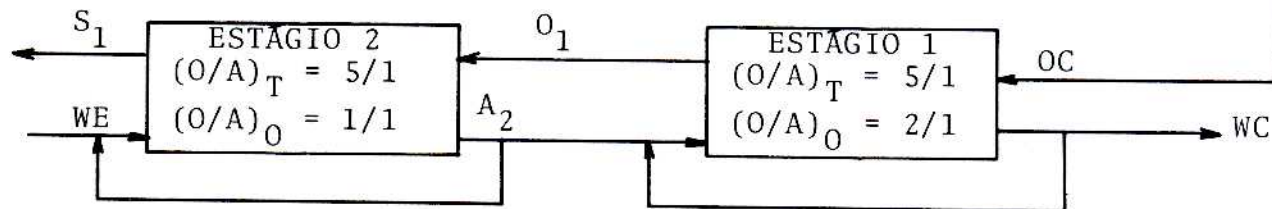
EXTRAÇÃO:

ALIMENTAÇÕES: Aquosa : Cu = 5,40 g/l Fe = 0,50 g/l pH = 1,90  
Orgânica: LIX64N 20% Querosene Cu = 0,39 g/l



REEXTRAÇÃO:

ALIMENTAÇÕES: Orgânica: Cu = 3,65 g/l  
Aquosa : Cu = 20,0 g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 143,0 g/l



Índices T, 0 = respectivamente, volumes de alimentações frescas e volume de operação.

FIGURA III - CIRCUITO ADOTADO NO TESTE PILOTO DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTES.

## V. BIBLIOGRAFIA

1. RITCEY, G.M.; ASHBROOK, A.W. Solvent Extraction, Principles and Applications to Metallurgy. Parte II. Amsterdam, Elsevier, 1979.
2. MONHEMIUS, A.J. An Introduction to Metallurgical Solvent Extraction. COPPE/UFRJ, maio 1975.
3. FIGUEIREDO NETO, J. Determinação da Acidez Livre pelo Método de Complexação dos Cátions Hidrolisáveis. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro. Relatório de Estagiário (RE 04/81)