

**TECNOLOGIA
MINERAL**

ELETORRECUPERAÇÃO DE OURO A PARTIR DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE SEU CIANETO

51

ROBERTO C. VILLAS BÓAS



CETEM

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Fernando Collor de Melo

SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Edson Machado de Sousa

PRESIDENTE DO CNPq
Marcos Luiz dos Mares Guia

DIRETORIA DE UNIDADES DE PESQUISA
Lindolpho de Carvalho Dias

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
Jorge Almeida Guimarães

DIRETORIA DE PROGRAMAS
Ivan Moura Campos

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

DIRETOR
Roberto C. Villas Bôas

VICE-DIRETOR
Peter Rudolf Seidl

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM
Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME
Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI
José Antônio Pires de Mello

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES
Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD
Clarice Dora Gandelman

ELETORRECUPERAÇÃO DE OURO A PARTIR DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE SEU CIANETO

ROBERTO C. VILLAS BÔAS*

(*)Engenheiro de Minas, M.Sc, D.Sc, Eng. Metalúrgica e de Materiais, Professor Adjunto UFRJ, Diretor do Centro de Tecnologia Mineral-CETEM/CNPq.



**TECNOLOGIA
MINERAL**

ELETORRECUPERAÇÃO DE OURO
A PARTIR DE SOLUÇÕES
DILUÍDAS DE SEU CIANETO

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Francisco R.C. Fernandes

REVISÃO

Milton Torres B. e Silva

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Célia Regina Oliveira Simões

Fátima da Silva C. Engel

Márcio Luís D. Lima

ILUSTRAÇÃO

Jacinto Frangella

Pedidos ao:

CETEM/CNPq - Centro de Tecnologia Mineral

Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do Fundão

21949 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Fone: (021) 260-7222 - Ramal: 218 (BIBLIOTECA)

Solicita-se permuta.

We ask for change.

Villas Bôas, Roberto Cerrini

Eletorrecuperação de ouro a partir de soluções diluídas de seu
cianeto/ Por Roberto Cerrini Villas Bôas. - Rio de Janeiro:
CETEM/CNPq, 1991.

15p. - (Série Tecnologia Mineral, 51)

1. Ouro-Eletorrecuperação. 2. Cianetos. I. Centro de Tecno-
logia Mineral. II. Título. III. Série.

ISSN 0103-7382

CDD 669.0284

ISBN 85-7227-016-7

ELETORRECUPERAÇÃO DE OURO A PARTIR DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE SEU CIANETO

51

ROBERTO C. VILLAS BÔAS

1. INTRODUÇÃO

A literatura técnica sobre a cianetação de minérios auríferos é tão vasta quanto antigo é o processo. Aborda aspectos variados desde a química de lixiviação, passando por parâmetros de operação, indo, em detalhes, até a cementação por pó de zinco ou, mais modernamente, via carvão ativado.

Entretanto, ao chegar ao processo eletrolítico, seqüência normalmente mais indicada à recuperação de ouro e prata a partir de soluções alcalinas produzidas por autoclavagem ou dessorção de carvão ativado, pouquíssimas referências são encontradas, mormente quanto ao projeto e análise de desempenho das células de eletrorrecuperação.

Os trabalhos clássicos de Newmann;⁽¹⁾ os desenvolvimentos da célula cilíndrica de eletrorrecuperação por Zadra;⁽²⁾ as patentes das células de leito rotativo tubular e de barras de impacto obtidas por Kammel e Lieber,^(3,4) usadas em eletrodeposição, e os estudos de Eisele⁽⁵⁾ são bem conhecidos, mas não esgotam o assunto.

Na indústria mínero-metalúrgica são empregados catodos porosos de lã de aço e, ao que consta, na URSS, eletrodos de materiais "compósitos" grafite-carbono.⁽⁶⁾

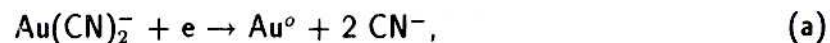
Além da composição do eletrólito e temperatura da eletrólise, as variáveis operacionais de extrema importância, no desempenho da deposição dos metais nobres, são a área catódica e a vigorosa agitação do eletrólito.⁽⁷⁾

2. FUNDAMENTOS

Ao contrário do eletrorrefino do ouro em soluções clorídricas, onde a presença de íon áurico é fato relevante,⁽⁸⁾ na eletrorrecu-

peração do ouro em solução de cianeto o íon auroso é a espécie de interesse.⁽⁹⁾

Sendo a reação total de descarga



composta pelas reações



tem como etapa determinante da reação eletrolítica a reação (c), sendo pois a espécie redutora o complexo neutro por ela indicado.¹

A presença do intermediário AuCN adsorvido na superfície catódica explica a necessidade da intensa agitação da solução, já que a etapa controladora da reação se verifica por transporte de massa (difusão + convecção),² bem como as altas amperagens (corrente total);³ as baixas densidades de corrente (ou necessidade de grandes superfícies de catodo); o excesso de NaOH + NaCN (como eletrólito suporte), aumentando a condutividade da solução, e as "altas temperaturas" do eletrólito (favorece a convecção).

Assim, o fluxo de íons ouro e prata, bem como impurezas presentes no eletrólito, que se depositam na superfície do catodo, é dado pela equação (d).

$$J_I = - Z_I U_I F c_I \nabla Y - D_I \nabla c_I + v c_I \quad (\text{d})$$

¹Em altas sobretensões, a redução direta do íon Au (CN)₂⁻ foi postulada (10).

²Vale observar que o fluxo de uma dada espécie para o catodo é devido à influência de três fatores: migração, pelo campo elétrico, difusão, pelo gradiente de concentração, e convecção, pela velocidade do fluido (11).

³Eletrorrecuperação é a retirada de íons da solução; eletrorefino é a retirada de íons do anodo (11).

onde:

J_I = fluxo de íon ou espécie I (moles/cm².s);

Z_I = valência do íon ou espécie I, ou número de carga;

U_I = mobilidade do íon ou espécie I (cm². mole/joule.s);

F = constante de Faraday (coulomb/equivalente);

c_I = concentração de I (moles/cm³);

∇Y = gradiente de potencial (V);

D_I = coeficiente de difusão de I (cm²/s);

∇c_I = gradiente de concentração de I, "perto do eletrodo" e "no eletrodo";

v = velocidade do fluido (cm/s).

O que se deseja é maximizar $J_{\text{Au}} + J_{\text{Ag}}$ (se houver Ag) e minimizar qualquer outro J_I (J_{Cu} , J_{Zn} , etc, por exemplo), ou seja aumentar a produção de metais nobres.

A equação (d) pode ser escrita em termos de densidade de corrente (A/cm²), como:

$$i_I = F \sum Z_I J_I \quad (\text{e})^4$$

Ora, as concentrações de ouro e prata (se houver) no eletrólito

⁴Lembrar que

$$i = \sum i_I$$

são da ordem de 10 a 200ppm, contendo excesso de solução eletrolítica suporte, caso típico de solução de lixiviação/dessorção, o que torna a contribuição da migração desprezível e, por consequência, a reação (d):

$$J_I = -D_I \nabla c_I + v c_I \quad (f)$$

sendo que a variação da concentração de I (Au, Ag, Cu, Zn, etc) passa a ser:

$$-\frac{dc_I}{dt} = -DI \cdot \nabla^2 c_I + v \cdot \nabla c_I \quad (g)$$

denominada equação da difusão convectiva.

Observar que, apesar da aparência "teórica" destas equações, estas se reduzem em termos "práticos", no "aumento da produtividade" da célula eletrolítica, pois quem é c_I no caso do ouro? É C_{AuCN} !

Ora, o perfil de concentração ao longo da superfície de deposição (catodo) é ilustrado pela Figura 1:



Conseqüentemente, a densidade de corrente-limite para a deposição do ouro é dada por:

$$i_{AuLimite} = Z_{Au} F k_{Au} [c_{AuCN_{sol}} - c_{AuCN_{elet}}] \quad (h)$$

onde K_{Au} é o coeficiente de transferência de massa, função da hidrodinâmica e geometria da célula eletrolítica.

2.1. Conclusões dos Fundamentos

Dessa forma, a densidade de corrente-limite corresponde, de fato, à "força máxima", na qual o processo eletrolítico poderá ser realizado, segundo as condições hidrodinâmicas fixadas, determinando, assim, a dimensão mínima do eletrodo a ser utilizado, para assegurar uma produtividade desejada da cuba, por um custo mínimo de investimento.

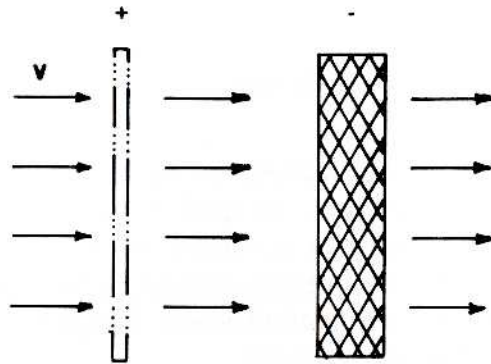
Observe-se que o custo de investimento mínimo será obtido quando a cuba eletrolítica funcionar à corrente-limite de difusão, ou seja, $C_{AuCN_{elet}} = 0$

3. O CASO DA ELETRÓLISE DO OURO

A eletrorrecuperação do ouro de soluções de seu cianeto, tal como é realizada na indústria mineiro-metalúrgica, utiliza catodos de lâ de aço e anodos perfurados de aço inox, em cubas paralelepípedicas (denominadas "retangulares").

Tem-se, aí, um caso típico de E.P.P. (Eletrodo Poroso Per-

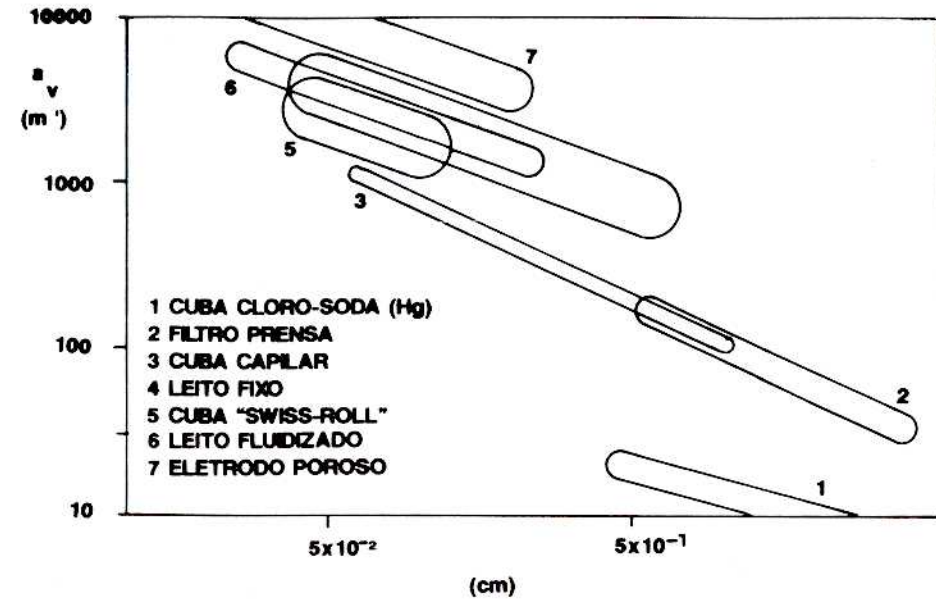
colante), esquematizado na Figura 2:



Apresentam uma enorme vantagem sobre os eletrodos de superfícies planas, que vem a ser a razão entre a área de interface eletrodo/solução, podendo atingir, os E.P.P., valores da ordem de $10^2 \text{ m}^2/\text{m}^3$,⁽¹²⁾ enquanto que os planos atingem o máximo de $10^2 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Além disso, a transferência de massa é aumentada pela circulação forçada do eletrólito por entre o catodo.

Como desvantagem, está o fato de que a operação da cuba é descontínua, pelo preenchimento dos vazios do catodo.

A Figura 3 ilustra a relação de áreas específicas entre os vários tipos de eletrodos.⁽¹³⁾



Um dos critérios de medida do desempenho das cubas de produção de ouro é a "produtividade específica (ou "volúmica") por unidade de tempo" (*space-time yields*), dada em kg/s por m^3 de cuba:

$$P = Q.M. \frac{C_1 - C_2}{V} \quad (i)$$

onde:

P = produtividade específica (kg/s por m^3 cuba);

Q = vazão do eletrólito (m^3/s);

S = superfície do eletrodo (catodo) (m^2);

C_1 = concentração molar de entrada na cuba (moles/m³);

C_2 = concentração molar de saída na cuba (moles/m³);

V = volume da cuba (m³);

M = massa molar do produto (kg).

A taxa de conversão é dada por:

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \quad (j)$$

e a área específica do eletrodo, por:

$$a_v = \frac{A}{V} \quad (k)$$

onde:

A = área do catodo (m²);

V = volume da cuba (m³);

sendo a produtividade específica uma função de:

$$P = f\left(\frac{k \cdot a_v \cdot V}{Q}\right) \quad (l)$$

onde k é o coeficiente de transferência de massa:

$$k = \frac{D}{\delta} \quad (m)$$

onde:

D = coeficiente de difusão de AuCN (cm²/s);

δ = espessura da "camada de difusão" (cm) ou seja, deve-se aumentar R e diminuir V .

Entretanto, um aumento em A poderá significar aumento em V ; é necessário, pois, que sejam encontrados valores "ótimos" de a_v .⁽¹³⁾

Ainda, para uma dada geometria de célula, um aumento em Q acarretará um concomitante aumento em P , mas uma diminuição em R ,

sendo:

$$k = \beta \cdot Q^\alpha \quad (n)$$

onde:

β = coeficiente que depende das propriedades físicas e geométricas da célula;

α = constante dependente do regime hidrodinâmico,

ou seja:

$0,3 < \alpha < 0,5$ regime laminar,

$0,8 < \alpha < 1$ regime turbulento.

Assim, o acréscimo de Q (vazão), normalmente utilizando uma

bomba para aumentar P (produtividade), com sua dependência de R (taxa de conversão), só poderá ser atingido com uma considerável reciclagem da solução eletrolítica.

O coeficiente de transferência de massa (k) deverá ser o mais elevado possível, e pode ser obtido através da utilização de "promotores" de turbulência (ver Selman e Tobias,⁽¹⁴⁾ para detalhes).

Para catodo poroso: (6,16)

$$R_{Au} = \frac{c_{1AuCN} - c_{2AuCN}}{c_{1AuCN}} = \frac{I_{Au}}{Z_{Au} \cdot F \cdot v \cdot S \cdot c_{1AuCN}} \quad (o)$$

onde:

I_{Au} = corrente de deposição do Au (A);

v = velocidade da solução (m/s);

c_{AuCN} = moles/m³;

S = área catódica (m²).

O perfil de concentração no eletrodo é dado por:⁽¹³⁾

$$c(x)_{AuCN} = c_{1AuCN} \exp \left\{ -\frac{(1-\varepsilon) \cdot a_v \cdot k_p}{v} (L - x) \right\}$$

onde:

x = distância por entre o catodo (m);

L = largura do catodo (m);

ε = porosidade do catodo;

a_v = superfície específica do catodo (m²/m³);

k_p = coeficiente de transferência de massa por entre os poros (cm.s).

Observar que a corrente total necessária em ampères é dada por:

$$I = \frac{I_{Au}}{\eta} \quad (p)$$

onde:

η = rendimento de corrente para deposição do ouro; dados industriais indicam valores entre 10 e 60%, sendo 40 a 50% tomados, normalmente, como valores de projetos de instalações industriais, e 60%, quando houver a deposição simultânea de prata.

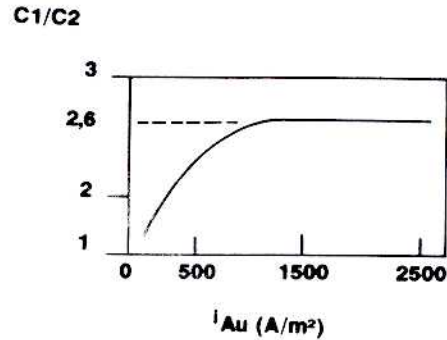
A área do eletrodo necessária à eletrólise, à corrente-limite, é dada por:⁽⁶⁾

$$A = v \cdot \log (C_1/C_2) / 2,3 k \quad (q)$$

e

$$k = 2 \cdot 10^{-4} \text{cm.s} \quad (r)$$

sendo relatada a relação a seguir entre C_1/C_2 e a densidade de corrente, para eletrólitos contendo 130-410mg/l Au, 3-20mg/l Ag, 800-4000mg/l NaOH e 30-300mg/l NaCN, e condutividade elétrica média de $8,6 \cdot 10^{-3} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$, conforme visto na Figura 4, a seguir.



A tensão (potencial, voltagem) aplicada entre anodo e catodo separados entre si por uma distância d é:

$$V = \phi_{AN} + \frac{I \cdot d}{\gamma \cdot A} - (-\phi_{CA}) \quad (s)$$

onde:

V = tensão anodo catodo (V);

ϕ_{AN} = potencial do anodo (v);

d = distância anodo/catodo (cm,m,etc...);

ϕ_{CA} = potencial do catodo (v);

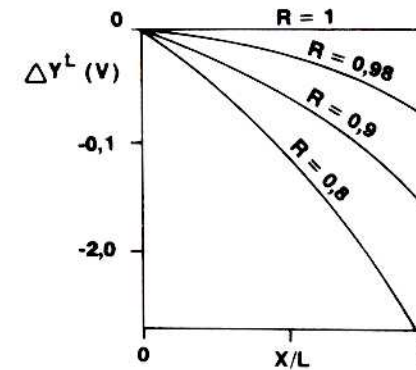
A = área catódica (cm², m², etc...);

γ = condutividade elétrica ($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ (ou m^{-1})).

A queda máxima de potencial no catodo poroso (por entre o catodo) é dada por:⁽¹³⁾

$$\Delta Y_{MAX}^L = \frac{L \cdot i}{\gamma} \left\{ \frac{1}{R} - 1 + \frac{1}{\ln(1-R)} \right\} \quad (t)$$

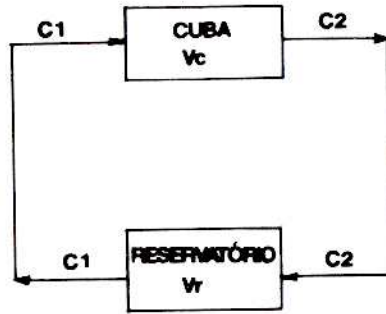
sendo a relação entre x/L e ∇Y^L , dada pela Figura 5:



de onde se nota que a distribuição do potencial entre os poros do catodo é função da taxa de conversão R . Um acréscimo em R tende a uniformizar a distribuição do potencial do catodo, sendo que quando $R=1$ o catodo é equipotencial.

4. APROXIMAÇÃO DE PICKETT⁽¹⁵⁾

Seja a Figura 6 característica da recuperação do Au com recirculação.



Como $V_r \gg V_c$, pode-se mostrar que:

$$C_2 = \frac{C_1}{1 + \frac{kA}{Q}} \left\{ 1 + \frac{kA}{Q} - e^{-\left[\left(1 + \frac{kA}{Q} \right) \cdot T \right]} \right\} \quad (u)$$

onde:

τ = tempo de eletrólise (s);

T = tempo de residência do eletrólito na cuba (s).

Observar que se pode obter a quantidade total de eletricidade associada ao processo:

$$QE = A \cdot i_L \cdot dt = z \cdot F \cdot k \cdot A \cdot C_2 \cdot dt \quad (v)$$

onde a expressão de C_2 é dada por (u)

$$\text{ou: } QE = z \cdot F \cdot (V_c + V_r) (C_1 - C_2^{\tau = \tau_f}) \quad (x)$$

onde τ_f = tempo total de eletrólise (s)

5. CONCLUSÃO

A aproximação de Pickett caracteriza, de maneira simples e elegante, um método eficaz para o cálculo e dimensionamento das cubas eletrolíticas que utilizam como eletrólitos soluções alcalinas provenientes das etapas antecedentes do processamento de metais preciosos.

Esta, somada à medida de "produtividade específica por unidade de tempo", define os parâmetros básicos de dimensionamento, para fins de *scale-up* e detalhamento final.

REFERÊNCIAS

1. NEWMANN, B.Z. - *Elektrochemie*, vol.12,pg. 569-578 (1906)
2. ZADRA, J.B. - U.S.B.M. - RI 4672(1950)
3. KAMMEL, R. e LIEBER, H.W. - U.S. Patent 4,159,35, June 26 (1979)
4. KAMMEL, R. e LIEBER, H.W. - U.S. Patent 4,172,780, October 30 (1979)
5. EISELE, A; ELGES, C.H; WROBLEWSKI; M.D. e Mc CLELLAND, G.E.- I Int. Symp. Precious Metals Recovery, XX, Reno, Nevada (1984)
6. VARENTSOV, V.H; LUKYANOV, V.O. e BLAGININA, N.V. - *Tsvetnyye Metall* (UDC 669.213 + 669.223) pg. 39-40
7. JHA, M.C. - I Int. Symp. Precious Metals Recovery, XXI, Reno Nevada (1984)
8. GRANATO, M. e VILLAS BÔAS,R.C. - *Série Tecnologia Mineral, CETEM nº 14/Metal. Extrativa nº 5* (1982)
9. HARRISON, J.A. e THOMPSON, J. *Elektrochimica Acta*, vol.18, pg. 829-834, (1973)
10. MACARTHUR, D.M. - *J. Electrochem. Soc.* vol.119, pg. 672, (1972)
11. VILLAS BÔAS, R.C. - *Elektroquímica para Engenheiros Metalúrgicos Extrativos, COPPE/UFRJ.* (1973)
12. COURET, F. - *Génie Electrochimique, CNRS, Poitiers, data de publicação ignorada*
13. COURET, F. e STORCK, A. - *Journées Anuelles des Ingénieurs, 1-3 Oct., Strasbourg, (1980)*
14. SELMAN, U.R. e TOBIAS, C.W. - *Advances in Chemical Engineering* vol. 10, pg. 211-219, Academic Press, N.Y. (1978)
15. PICKETT, D.J. - *Elektrochimica Acta*, vol.18, pg. 835-837, (1973)

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- 01 - Flotação de carvão estudos em escala de bancada; - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
- 02 - Beneficiamento de talco estudos em escala de bancada; - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 03 - Beneficiamento de talco estudos em usina piloto; - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 04 - Flotação de cianita da localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Tulio Herman Araya Luco, 1979.
- 05 - Beneficiamento de diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
- 06 - Eletrorecuperação de zinco uma revisão das variáveis influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
- 07 - Redução da gipsita com carvão vegetal; - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
- 08 - Beneficiamento do diatomito de Canavieira do Estado do Ceará - Franz Xaver Horn Filho e Marcello Mariz da Veiga, 1980. (esgotado)
- 09 - Moagem autógena de Itabirito em escala piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
- 10 - Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
- 11 - Estudo dos efeitos de corrente de pulso sobre o eletrorefino de prata - Luiz Gonzaga Santos Sobral, Ronaldo Luiz Correia dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
- 12 - Lixiviação bacteriana do sulfeto de cobre de baixo teor Caraíba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
- 13 - Flotação de minérios oxidados de zinco uma revisão de literatura - Carlos Adolpho Magalhães Baltar, 1980. (esgotado)
- 14 - Efeito de alguns parâmetros operacionais no eletrorefino do ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
- 15 - Flotação de carvão de Santa Catarina em escala de bancada e piloto - Antonio Rodrigues de Campos e Salvador L. Matos de Almeida, 1981. (esgotado)
- 16 - Aglomeração seletiva de finos de carvão de Santa Catarina estudos preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.
- 17 - Briquetagem e a sua importância para a indústria (em revisão) - Walter Shinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
- 18 - Aplicação de petrografia no beneficiamento de carvão por flotação - Ney Hamilton Porphirio, 1981.
- 19 - Recuperação do cobre do minério oxidado de Caraíba por extração por solventes em escala semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sérgio M. Soares, 1981. (esgotado)
- 20 - Dynawhirlpool (DWP) e sua aplicação na indústria mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
- 21 - Flotação de rejeitos finos de scheelita em planta piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1982. (esgotado)
- 22 - Coque de turfa e suas aplicações - Regina Célia Monteiro da Silva e Walter Schinzel, 1982.
- 23 - Refino eletrolítico de ouro, processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
- 24 - Flotação de oxidatos de zinco estudos em escala piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
- 25 - Dosagem de ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
- 26 - Beneficiamento e extração de ouro e prata de minério sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
- 27 - Extração por solventes de cobre do minério oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio Moreira Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
- 28 - Preparo eletrolítico de solução de ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983.
- 29 - Recuperação de prata de fixadores fotográficos - Luiz Gonzaga Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
- 30 - Amostragem para processamento mineral - Mário Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1984. (esgotado)
- 31 - Indicador de bibliotecas e centros de documentação em tecnologia mineral e geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
- 32 - Alternativa para o beneficiamento do minério de manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
- 33 - Lixiviação bacteriana de cobre de baixo teor em escala de bancada - Teresinha Rodrigues de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
- 34 - Beneficiamento do calcário da região de Cantagalo - RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.

- 35 - Aplicação da simulação de hidrociclones em circuitos de moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carrisso, 1985.
- 36 - Estudo de um método simplificado para determinação do "Índice de Trabalho" e sua aplicação à remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985.
- 37 - Metalurgia extrativa do ouro - Marcus Granato, 1986.
- 38 - Estudos de flotação do minério oxidado de zinco de Minas Gerais - Francisco Wilson Hollanda Vidal, Carlos Adolfo Magalhães Baltar, José Ignácio de Andrade Gomes, Leonardo Apparício da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão Benvindo da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
- 39 - Lista de termos para indexação em tecnologia mineral - Vera Lucia Vianna de Carvalho, 1987.
- 40 - Distribuição de germânio em frações densimétricas de carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
- 41 - Aspectos do beneficiamento de ouro aluvionar - Fernando Antonio Freitas Lins e Leonardo Apparício da Silva, 1987.
- 42 - Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI - Adão Benvindo da Luz, Salvador Luiz M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
- 43 - Tratamento de efluentes de carvão através de espessador de lamelas - Francisco Wilson Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
- 44 - Recuperação do ouro por amalgamação e cianetação: problemas ambientais e possíveis alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando Antonio Freitas Lins, 1989.
- 45 - Geopolítica dos novos materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)
- 46 - Beneficiamento de calcário para as indústrias de tintas e plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio Rodrigues de Campos, 1990.
- 47 - Influência de algumas variáveis físicas na flotação de partículas de ouro - Fernando Antonio Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
- 48 - Caracterização tecnológica de caulim para a indústria de papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 49 - Amostragem de Minérios - Maria Alice Cabral Goes, Mario Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 50 - Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991.

