

# **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO MINÉRIO AURÍFERO DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA - MATO GROSSO**

**58**

**NEY HAMILTON PORPHÍRIO  
FERNANDO FREITAS LINS**

**PRESIDENTE DA REPÚBLICA**  
Fernando Collor de Mello

**SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
Hélio Jaguaribe de Mattos

**PRESIDENTE DO CNPq**  
Marcos Luiz dos Mares Guia

**DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA**  
Lindolpho de Carvalho Dias

**DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**  
Jorge Almeida Guimarães

**DIRETOR DE PROGRAMAS**  
Ivan Moura Campos

**CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**DIRETOR**  
Roberto C. Villas Bôas

**VICE-DIRETOR**  
Peter Rudolf Seidl

**DEPTO. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM**  
Adão Benvindo da Luz

**DEPTO. DE METALURGIA EXTRATIVA - DME**  
Juliano Peres Barbosa

**DEPTO. DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI**  
Roberto Rodrigues Coelho

**DEPTO. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES**  
Ana Maria B. M. da Cunha

**DEPTO. DE ADMINISTRAÇÃO - DAD**  
Clarice Dora Gandelman

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA  
DO MINÉRIO AURÍFERO DA MINERAÇÃO  
CASA DE PEDRA - MATO GROSSO**

**Ney Hamilton Porphório\***  
**Fernando Freitas Lins\*\***

\* Mineralogista, Licenciatura em História Natural (UFPE)

\*\* Eng. Metalúrgico (PUC-RJ), M.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (COOPE)



1992

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO MINÉRIO  
AURÍFERO DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA - MT  
CETEM/CNPq  
SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

#### FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL  
Francisco R. C. Fernandes

REVISÃO  
Dayse Lúcia M. Lima

#### EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA

Fátima Mello  
Valeria Cristina de Souza

ILUSTRAÇÃO  
Jacinto Frangella

Pedidos ao:  
CETEM - 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.

Porphírio, Ney Hamilton.

Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra - Mato Grosso / Por Ney H. Porphírio e Fernando Antonio Freitas Lins - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1992.

23p. - (Série Tecnologia Mineral;58)

1. Minério de ouro - mineração Casa de Pedra - Mato Grosso. 2. ouro - caracterização mineralógica. I. Lins, Fernando Freitas. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título. IV. Série.

ISBN 85-7227-032-9  
ISSN 0103-7382

CDD 622.342

**TECNOLOGIA  
MINERAL**

# CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO MINÉRIO AURÍFERO DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA - MATO GROSSO

**58**

**NEY HAMILTON PORPHÍRIO  
FERNANDO FREITAS LINS**



**CETEM**

## APRESENTAÇÃO

*Dando seqüência ao Programa Apoio Tecnológico à Indústria Mínero-Matalúrgica, implantado no CETEM para atender as necessidades da pequena e média empresa de mineração e metalurgia naquilo que o setor privado da área de consultoria e engenharia não possa ou não tenha condições de solucionar, este trabalho, de autoria de dois profissionais seniores deste Centro, apresenta aspectos da caracterização tecnológica de minérios auríferos, passo primeiro para o conhecimento do bom processamento mineral.*

*Pode-se afirmar com total segurança que a falta de uma caracterização tecnológica adequada para a maioria dos minérios dos empreendimentos mineiros que fracassaram foi o elemento responsável por este insucesso.*

*É espantoso verificar-se que, ainda hoje, a caracterização é relegada a um papel secundário pelas empresas mineradoras, em geral.*

*Este trabalho, exemplo de inúmeros semelhantes que são realizados diariamente no CETEM, apresenta os fatores relevantes a uma tomada de decisão sobre o processo a ser empregado.*

*Rio de Janeiro, Julho de 1992.*

*ROBERTO C. VILLAS BÓAS*

## SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	3
3. ANÁLISES E DISTRIBUIÇÃO DE OURO	5
4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA	6
4.1. - Análises Químicas	6
4.2. - Estudos Mineralógicos	9
4.3. - Discussão e Conclusões	14
5. ENSAIOS DE CONCENTRAÇÃO	15
5.1. - Ensaio de Concentração	15
5.2. - Conclusões	19
6. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES	20
AGRADECIMENTOS	21
BIBLIOGRAFIA	22

## RESUMO

A partir de um pré-concentrado aurífero proveniente de uma área próxima a Cuiabá-MT, foram realizados estudos de caracterização mineralógica, ensaios de quantificação do ouro e testes de concentração na amostra global e nos diferentes produtos obtidos.

A composição mineralógica foi obtida através de estudos ao microscópio ótico polarizante, difração de raios X e análises químicas. Os métodos de concentração do ouro testados constaram de concentração gravítica em mesa vibratória, separação magnética e separador Mozley.

Nesse estudo foram obtidos subsídios sobre o comportamento do material frente aos diferentes métodos de concentração utilizados, bem como observou-se o comportamento do ouro no minério, relacionando-o aos resultados fornecidos pela caracterização mineralógica.

## ABSTRACT

This paper presents a mineralogical characterization of a gold rougher concentrate sample from a deposit near Cuiabá-MT, Brazil. Studies of minerals identification, quantitative gold determination and its distribution in the head sample and mill products were carried out.

Optical microscope polarization, X-ray diffraction and chemical analysis were the main laboratory techniques used in determining the gold ore mineralogical composition. The gold recovery was testworked by wet shaking tables, magnetic separation and Mozley separator.

Informations were obtained about the ore behaviour related to different kinds of concentration methods as well as the gold ore paragenesis.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização tecnológica de amostra aurífera de um pré-concentrado proveniente de área próxima a Cuiabá-MT, pertencente à Mineração Casa de Pedra Ltda. Sua realização atendeu à solicitação feita pelo DNPM, Distrito de Cuiabá, e se inseriu na Programação Trienal 1989/1991 do CETEM através do Programa "Apoio Tecnológico à Indústria Mínero-Metalúrgica", particularmente dentro do Projeto "Apoio às Pequenas e Médias Empresas Mínero-Metalúrgicas".

## 2. AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

A escolha do local, quantidade e posterior pré-concentração da amostra foi feita pelos técnicos da Mineração Casa de Pedra. O material foi obtido por um método usualmente adotado e consistiu em moagem através do moinho de martelo e concentração em centrífuga tipo Knelson.

O pré-concentrado enviado ao CETEM pesava cerca de 36kg, base seca. Estima-se que a amostra original, que sofreu a pré-concentração, pesava cerca de 52t: obteve-se portanto uma razão de concentração de aproximadamente  $10^3$  (exatamente 1444). Quanto ao teor original da amostra, a expectativa da empresa dava como 0,22g/t de ouro. Para efeito de metodologia de amostragem para manuseio do pré-concentrado estudado no CETEM, admitiu-se um teor de 220g/t de ouro. O diagrama de blocos da Figura 1 mostra o procedimento adotado na preparação das amostras. O pré-concentrado recebido no CETEM apresentou-se com cerca de 35% em peso acima de 10 malhas. Após redução da amostra total a -10 malhas, foram tomadas amostras para os estudos de caracterização tecnológica.

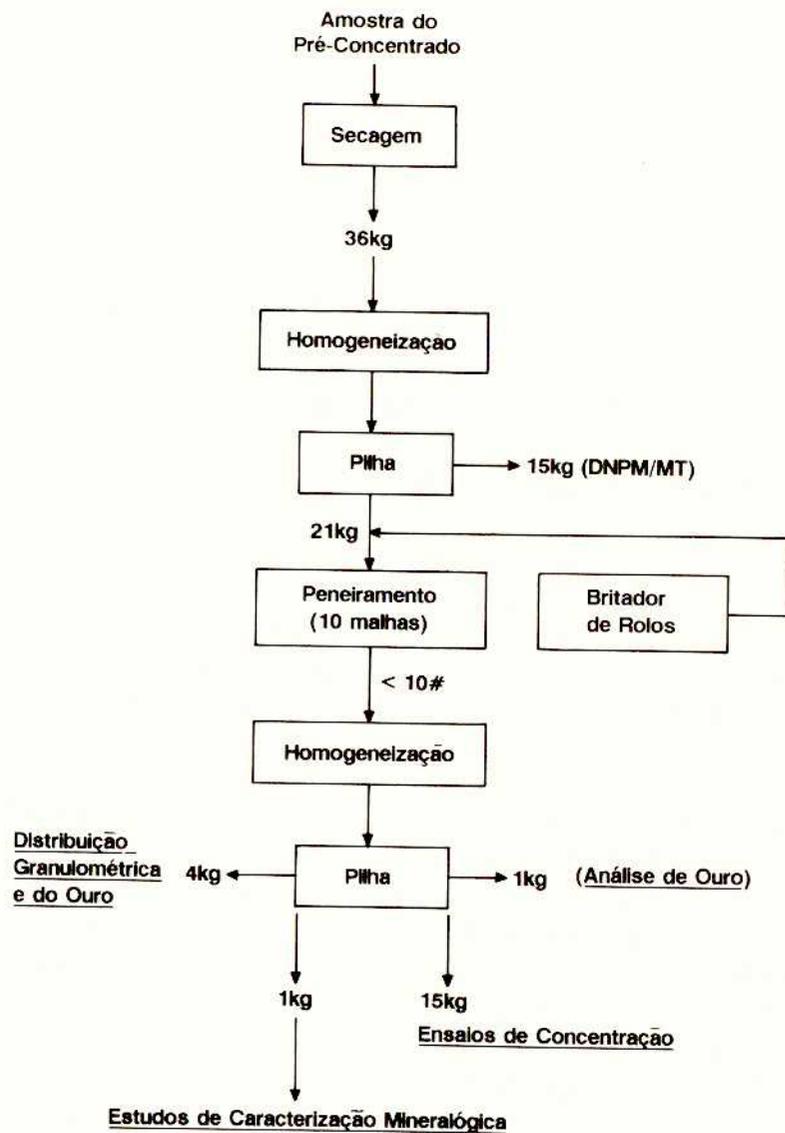


Figura 1 - Preparação e amostragem do pré-concentrado da Mineração Casa de Pedra.

### 3. ANÁLISES E DISTRIBUIÇÃO DE OURO

A partir da amostra obtida segundo a Figura 1, foram realizadas quatro determinações de ouro por ensaio de fusão. O resultado médio foi 508g/t.

Através de uma outra amostra procedeu-se à análise granulométrica e determinação de ouro por faixa granulométrica. Os resultados constam da Tabela 1. Verifica-se que: (i) o teor de ouro calculado da amostra (499g/t) é similar à média de quatro determinações (508g/t); (ii) cerca de 64% do ouro se distribui entre 28 e 48 malhas e (iii) cerca de 80% do ouro se distribui acima de 100 malhas.

Tabela 1 - Distribuição granulométrica e de ouro no pré-concentrado reduzido abaixo de 10 malhas.

Fração (malhas)	Peso (%)		Ouro		
	retido	acum.	g/t	dist.(%)	dist. acum.(%)
- 10 + 14	19,83	19,83	92	3,52	3,52
- 14 + 20	18,11	37,94	37	1,29	4,81
- 20 + 28	12,15	50,09	96	2,25	7,06
- 28 + 35	8,58	58,67	1600	26,45	33,51
- 35 + 48	6,89	65,56	2625	34,84	68,35
- 48 + 65	5,12	70,68	930	9,17	77,52
- 65 + 100	5,59	76,17	550	5,82	83,34
- 100 + 270	0,42	76,59	1090	0,88	84,22
- 270 + 400	7,53	84,12	540	7,83	92,05
- 400	15,88	100,00	260	7,95	100,00
	100,00		519	99,99	

## 4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A caracterização mineralógica do minério aluvionar ferruginoso aurífero da mina Casa de Pedra/Mato Grosso constou, basicamente, de estudos ao microscópio ótico, seguidos de análises por difração de raios X, para identificação dos principais minerais. Foram realizados, ainda, ensaios químicos por via úmida e por espectrografia ótica de emissão, bem como separações em meio denso por faixas granulométricas, no intuito de otimizar a semiquantificação dos minerais mais importantes do minério.

Devido à ocorrência de material pulverulento associado ao óxido de ferro hidratado, que impregnou a maioria dos minerais presentes e dificultou os estudos ao microscópio ótico, algumas amostras representativas foram exaustivamente desagregadas através de ultra-som.

Alíquotas para estudos por difração de raios X foram atacadas por HCl a quente, para remoção do ferro, cuja presença interfere na identificação dos principais picos dos minerais no difratograma.

As etapas relativas à preparação e distribuição das amostras, para os diferentes ensaios que possibilitaram a determinação da composição mineralógica do minério, estão apresentadas no diagrama da Figura 2.

### 4.1. Análises Químicas

Para identificação e quantificação dos principais elementos químicos do minério foi analisada uma amostra representativa por via úmida, seguida de ensaios por espectrografia daqueles elementos considerados traços. Foram quantificados os elementos Si, Fe, Al, Mg, Ca, Na etc. e os resultados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

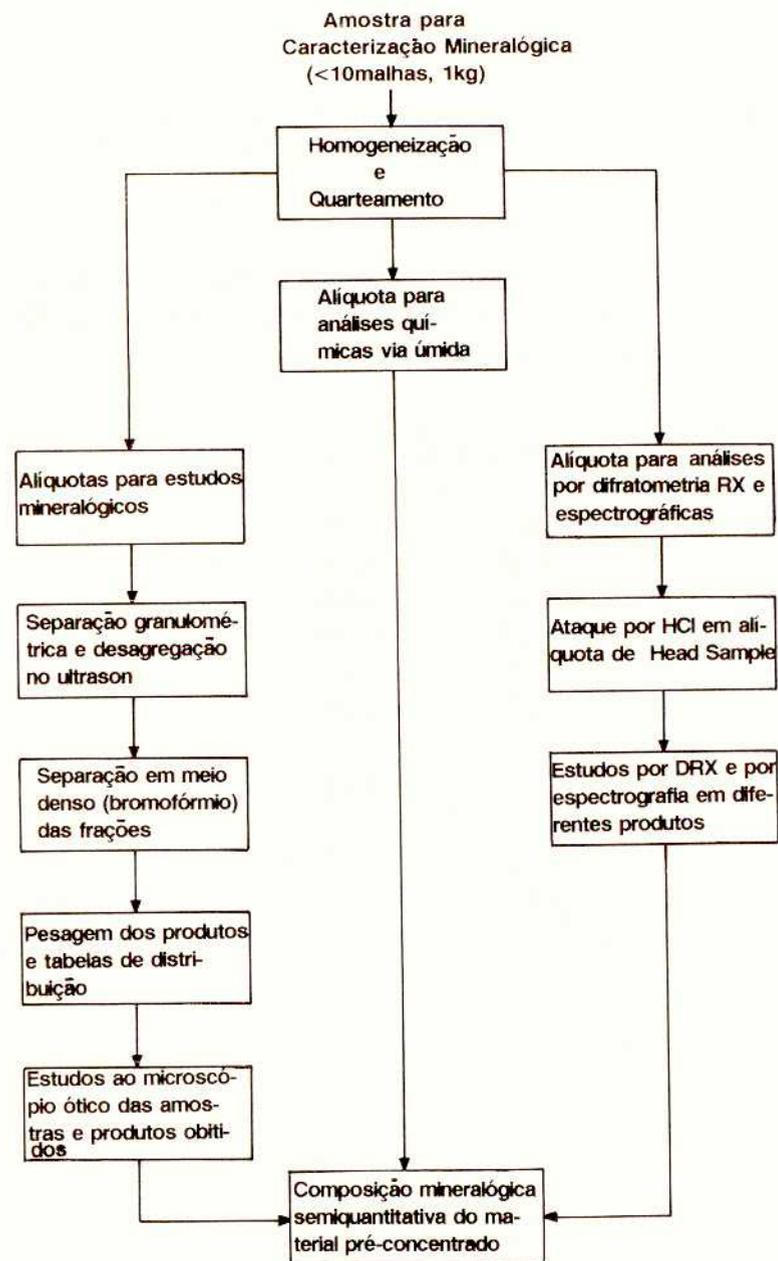


Figura 2 - Diagrama com as etapas/procedimentos utilizados na caracterização mineralógica do pré-concentrado da Mineração casa de Pedra.

Os resultados de análises químicas forneceram uma panorâmica da presença e da distribuição dos principais elementos químicos mais importantes do minério.

Tabela 2 - Resultados de análises químicas por via úmida dos principais elementos do pré-concentrado da Mineração Casa de Pedra.

Compostos	(%)
SiO <sub>2</sub>	41,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,90
FeO	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,50
K <sub>2</sub> O	1,88
CaO	0,46
MgO	0,19
TiO <sub>2</sub>	0,85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,50
Na <sub>2</sub> O	0,51
P.F.	6,70

Tabela 3 - Resultados de análises espectrográficas semiquantitativas (%) dos principais elementos de amostra representativa do pré-concentrado e de algumas frações granulométricas.

Elemento	Am. Repres.	Fração (malhas)			
		- 10 + 35	-100 + 200	- 400	
Ag	0,003	0,001	0,003	0,001	
Pt	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Ni	0,007	0,03	0,01	0,03	
Co	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Hg	P	P	P	P	
Cu	0,003	0,007	0,07	0,007	
Au	0,003	0,003	0,003	0,003	

Notas: (i) Pt e Co não detectados; os limites de detecção são 0,01% e 0,003%, respectivamente; (ii) P = presença do elemento.

#### 4.2. Estudos Mineralógicos

A identificação dos minerais formadores do material aluvionar feruginoso foi obtida através de estudos ao microscópio ótico, seguidos de análises por difração de raios X nas diferentes amostras.

Devido à natureza do material, de granulometria variada e com intensa impregnação nos minerais com óxidos de ferro hidratado, foi necessário, com o intuito de facilitar a caracterização, passar a amostra por uma etapa de desagregação energética (escrubagem), utilizando-se ultra-som. Os produtos obtidos sofreram lavagens sucessivas com água, e a amostra, depois de seca, foi separada em diversas faixas granulométricas, conforme está apresentado na Tabela 4. (Nota-se, comparando com a Tabela 1, que o tratamento gerou mais finos.)

Ficou evidenciada a predominância de minerais pesados, e essa peculiaridade justificou uma separação em meio denso, sendo utilizado nesses ensaios o bromofórmio, com densidade igual a 2,89 (Tabela 5).

Os estudos ao microscópio ótico mostraram que a amostra é constituída essencialmente por minerais de óxido de ferro, hidratados ou não, e de grãos de quartzo. Em menores quantidades foram observados fragmentos de rochas fílitosas, muitas vezes com inclusões de microgrãos de óxidos de ferro, de formas cúbicas, provavelmente pseudomorfoseados de antigos grãos automórficos de pirita.

Os minerais de ferro estão representados em sua maioria pela hematita (com refletividade de 24,9% medida) e, em pequenas quantidades, pela magnetita. Alguns grãos de hematita apresentaram inclusões residuais de diminutas partículas de pirita, sugerindo, nesse caso, que a hematita pode ser produto secundário e de alteração do sulfeto. Esses pequenos fragmentos de pirita apresentaram, ao microscópio ótico, uma refletividade de 52,6% medida em luz monocromática de 546 manômetros, cuja percentagem de reflexão é bastante característica desse tipo de sulfeto.

Tabela 4 - Análise granulométrica do pré-concentrado da Mineração Casa de Pedra, após desagregação com ultrassom.

Faixa (malhas)	Peso (g)	Peso (%)	Peso Acum. (%)
- 10 + 20	47,98	35,7	35,7
- 20 + 35	27,21	20,3	56,0
- 35 + 100	20,10	15,0	71,0
- 100 + 200	7,70	5,7	76,7
- 200 + 400	4,43	3,3	80,0
- 400	26,35	20,0	100,0

Tabela 5 - Distribuição em peso dos produtos de separação em meio denso ( $d = 2,89$ ) das diversas faixas granulométricas, do pré-concentrado da Mineração Casa de Pedra/MT, obtidas após desagregação com ultrassom.

Faixa (malhas)	Peso (g)	F l u t u a d o		A f u n d a d o	
		(g)	(%)	(g)	(%)
- 10 + 20	47,67	19,01	39,9	28,66	60,1
- 20 + 35	25,97	8,52	32,8	17,45	67,2
- 35 + 100	20,06	7,68	38,3	12,38	61,7
- 100 + 200	7,29	2,35	32,2	4,94	67,8
- 200 + 400	4,40	0,68	15,5	3,72	84,5

Os estudos evidenciaram ainda a ocorrência de óxido de ferro hidratado (limonita) associado intimamente aos argilominerais dos tipos illita e caulinita, que muitas vezes constituem aglomerados, ora bastante friáveis e de fácil desagregação, ora endurecidos e cimentados pelo próprio óxido de ferro hidratado.

O quartzo, o segundo mineral em quantidade nessa amostra, mostrou-se em geral sob a forma de grãos arredondados, às vezes com intensa impregnação superficial de óxido de ferro, causando-lhes uma coloração avermelhada característica.

Em pequenas quantidades, foram identificados microgrãos de zirconita, em cristais pseudo-hexagonais e de formas roladas. Muito raramente, foram vistos grãos de zirconita com aspectos amorfos,

devido a uma intensa metamictização nesses grãos, bem como alguns cristais de turmalina negra, provavelmente a variedade afrisita.

Vale salientar que, em alguns produtos resultantes da concentração em líquido denso, foi possível observar algumas partículas de ouro liberadas, com tamanhos variando de 0,5 a 0,15 milímetros aproximadamente.

A composição mineralógica semiquantitativa desse material ferruginoso pode ser vista na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição mineralógica semiquantitativa do pré-concentrado da Mineração Casa de Pedra.

C o n s t i t u i n t e s	Peso (%)
Quartzo	33,0
Material argiláceo ferruginoso	32,0
Hematita	21,0
Óxido de ferro hidratado (limonita)	3,0
Material filitoso	10,5
Outros	0,5

\*Outros - zirconita, turmalina, pirita oxidada etc.

### 4.3. Discussão e Conclusões

A caracterização mineralógica do minério aurífero ferruginoso evidenciou ser este material de aspecto aluvionar constituído essencialmente de grãos de quartzo, de argilominerais ferruginosos, grãos de hematita, seguidos de pequenas quantidades de microfragmentos de rochas fílitosas.

O óxido de ferro é representado em sua maioria pelos grãos de hematita e em menores quantidades pela magnetita. Alguns grãos de hematita mostraram-se sob forma cúbica e os estudos em secções polidas evidenciaram que esses grãos foram provavelmente pseudo-morfoseados de antigos sulfetos piritosos.

A quantificação do ouro por ensaios por fusão para diferentes frações granulométricas mostrou que cerca de 64% do ouro ocorre entre 28 e 48 malhas (Tabela 1). Estudos exaustivos em produtos afundados por meio denso nessas mesmas faixas granulométricas permitiram visualizar ao microscópio ótico algumas partículas de ouro sob formas arredondadas e/ou roladas.

Relacionando-se os resultados de ensaios por fusão com as observações ao microscópio ótico, podemos concluir que o ouro livre e visível se concentra predominantemente nas faixas grosseiras (- 28 + 48 malhas). O restante do ouro não foi visualizado nas demais frações granulométricas devido principalmente à intensa impregnação de óxido de ferro hidratado em todos os minerais da amostra, inclusive o ouro, conseqüentemente mascarando-os. Outro fator que possivelmente dificultou esta visualização é que grande parte das partículas auríferas presentes na amostra são extremamente finas (< 400 malhas ou < 37 $\mu$ m), ocorrendo livres ou inclusas nos demais microgrãos dos minerais de ganga, tornando-se portanto imperceptíveis, mesmo ao nível de ampliações máximas do microscópio ótico tradicional de pesquisa.

## 5. ESTUDOS DE CONCENTRAÇÃO

### 5.1. Ensaio de Concentração

Os ensaios de concentração com a amostra de pré-concentrado (~ 15kg) foram realizados com dois objetivos: (i) fornecer informações sobre o comportamento do material frente aos métodos de concentração testados e (ii) dar subsídios adicionais sobre as características do ouro no minério, compatibilizando-as com os resultados da caracterização mineralógica.

As etapas dos estudos de concentração – gravíticos e magnéticos – constam da Figura 3. A mesa oscilatória foi utilizada para uma primeira concentração. A separação magnética, a seco, foi realizada com o objetivo de separar os óxidos de ferro (campo de ~ 12000 Gauss) e confirmar se as partículas de ouro estão intensamente impregnadas de óxido de ferro. Foi utilizado um separador magnético de disco. Por fim, a concentração gravítica no separador Mozley teve o objetivo de apurar o concentrado.

O balanço metalúrgico das operações por etapa está apresentado na Tabela 7 e o balanço geral na Tabela 8. Esses resultados permitiram as conclusões apresentadas a seguir.

- (i) A primeira etapa de concentração em mesa oscilatória resultou na recuperação de 60% do ouro alimentado. Como a recuperação em massa foi de 16% – portanto, bem razoável –, supõe-se que não se obteve maior recuperação devido principalmente à fração fina de ouro (< 270 malhas). É sabido que em material cuja granulometria é muito fina a recuperação em mesa oscilatória será menos eficiente. É possível ainda que parte do ouro esteja sob forma coloidal e intimamente associado à ganga, constituída pelo quartzo e por outros minerais silicatados.

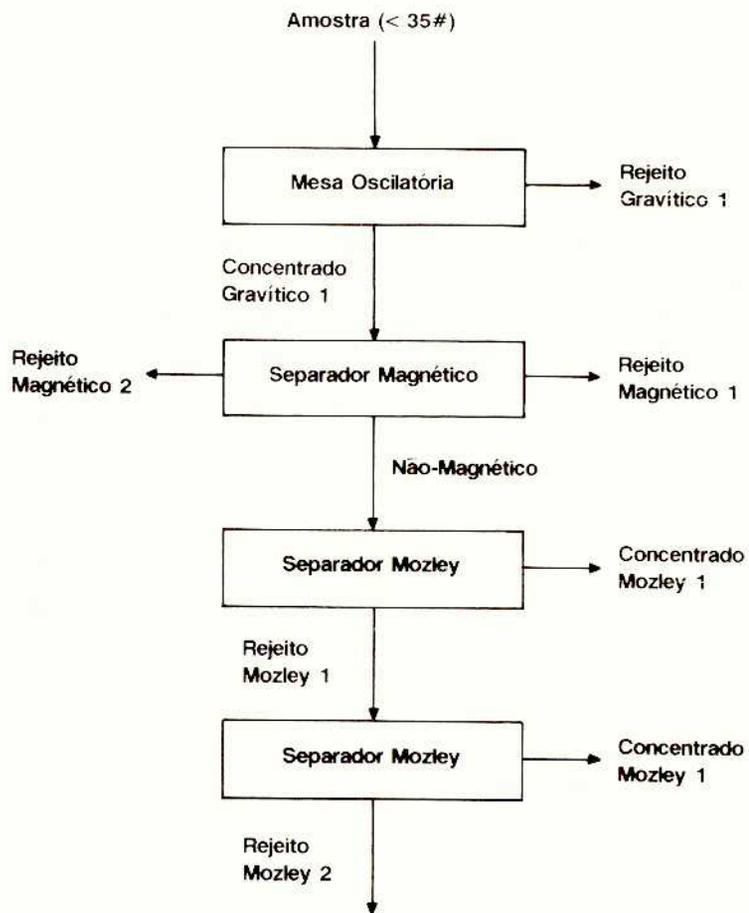


Figura 3 - Etapas de concentração

Tabela 7 - Balanço metalúrgico dos ensaios de concentração por etapa.

Etapa	Produto	Peso (g)	Peso (%)	Au (g/t)	Dist. Au (%)
Mesa Oscilatória	Con. Grav. 1	1863	16,3	1622	60,1
	Rej. Grav. 1	<u>9540</u>	<u>83,7</u>	<u>210</u>	<u>39,9</u>
	Alimentação	11403	100,0	440	100,0
Separação Magnética	Rej. Mag. 1	154	8,2	1580	8,0
	Rej. Mag. 2	273	14,7	295	2,7
	Ñ-Magnético	<u>1436</u>	<u>77,1</u>	<u>1879</u>	<u>89,3</u>
	Conc. Grav. 1	1663	100,0	1622	100,0
Separador Mozley	Conc. Moz. 1	228	15,9	3230	27,3
	Rej. Moz. 1	<u>1208</u>	<u>86,1</u>	<u>1586</u>	<u>72,7</u>
	Ñ-Magnético	1436	100,0	1879	100,0
Separador Mozley	Conc. Moz. 2	56	4,6	680	2,0
	Rej. Moz. 2	<u>1152</u>	<u>95,4</u>	<u>1630</u>	<u>98,0</u>
	Rej. Moz. 1	1208	100,0	1586	100,0

Tabela 8 - Balanço metalúrgico geral dos ensaios de concentração.

Produto	Peso (%)	Au (g/t)	Dist. Au (%)
Conc. Moz. 1	2,0	3230	15,0
Conc. Moz. 2	0,5	680	0,8
Rej. Moz. 2	10,0	1630	37,7
Rej. Mag. 1	1,4	1580	5,0
Rej. Mag. 2	2,4	295	1,6
Rej. Grav. 1	<u>83,7</u>	<u>210</u>	<u>39,9</u>
Alimentação	100,0	440	100,0

- (ii) Os resultados da separação magnética indicaram que parte do ouro está associada ou inclusa nos óxidos de ferro (alguma percentagem de ouro também pode ter sido recuperada apenas por arraste mecânico). Por outro lado, a boa recuperação do ouro (~ 90%) no produto não-magnético sugere que as partículas de ouro recobertas com óxido de ferro hidratado - o que é muito provável, segundo indicou o estudo ao microscópio - não são afetadas a ponto de serem atraídas pelo campo magnético.
- (iii) Os resultados dos ensaios seqüenciais com o separador Mozley evidenciaram dificuldade na realização de uma etapa de limpeza, ou seja, “apurar” o concentrado. Isso pode ser explicado, por tentativa, pela não liberação de boa parte do ouro recuperada anteriormente na mesa vibratória. Essas partículas de ouro podem estar associadas à ganga quartzosa e/ou à ganga argilácea ferruginosa, sendo que esta última possivelmente não é muito ferruginosa para ser atraída no separador magnético.

## 5.2. Conclusões

Com os resultados desses ensaios de concentração são possíveis as conclusões apresentadas em seguida.

- (i) Há dificuldade de se apurar o concentrado (com uma boa recuperação) devido à presença de parte do ouro não-liberada e/ou à presença de parte do ouro nas frações finas (não recuperado eficientemente em mesa oscilatória).
- (ii) Como a amostra utilizada nos ensaios de concentração estava abaixo de 35 malhas, provavelmente o material beneficiado na empresa (através de moinho de martelo e centrífuga), por ser mais grosseiro, apresenta-se com uma menor percentagem de liberação das partículas de ouro. Isso significa que possivelmente deve haver dificuldade ainda maior para – mantendo boa recuperação – apurar o concentrado, com o objetivo de diminuir a massa, e depois, presume-se, proceder à amalgamação.
- (iii) Muito possivelmente não deve ocorrer uma alta eficiência de recuperação das partículas de ouro liberadas pelo processo de amalgamação, devido ao recobrimento por óxidos de ferro hidratado. Tal suspeita foi reforçada pelo estudo mineralógico realizado em uma alíquota do concentrado Mozley 1, com alto teor de ouro. Observou-se em lupa binocular a alíquota antes e depois de um ataque químico com HCl – para solubilizar os óxidos de ferro hidratado. No primeiro caso foram observados – como seria de se esperar em concentrado com tão alto teor – inúmeros grãos de ouro, a maioria de forma achatada com ausência de arestas, limpos superficialmente, predominando o tamanho de 0,1mm. Constatou-se também a presença de poucos grãos arredondados com tamanhos de até 1mm. Foi possível identificar grãos de ouro levemente recobertos por óxidos de ferro hidratado, além de raras partículas de ouro não-liberadas, associadas ao quartzo. Após ataque com

HCl, que solubilizou metade da alíquota, em peso, notou-se um aumento da presença de grãos de ouro muito fino ( $< 0,1\text{mm}$ ) – não visíveis antes do ataque químico – de formas variadas, em geral arredondadas, irregulares e, menos frequentemente, lamelares.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS E COMENTÁRIOS

- (i) O teor de ouro do pré-concentrado recebido no CETEM, determinado por cálculo das frações granulométricas, por média de quatro determinações em amostra representativa e por cálculo de balanço metalúrgico, foi, respectivamente, de 519, 508 e 440g/t. Assumindo um valor médio desses três resultados obtém-se o teor de ouro de 489g/t. Supondo agora que se logrou uma recuperação de 100% na pré-concentração realizada no concentrador centrífugo, e considerando os 36kg de concentrado obtidos de 52t, chega-se a um teor de ouro para o minério original de 0,34g/t. Em uma suposição pessimista – 50% de recuperação –, o teor seria de 0,68g/t. Portanto, muito provavelmente o teor de ouro do minério está entre 0,34 e 0,68g/t.
- (ii) A distribuição de ouro na amostra reduzida a menos de 10 malhas mostrou que 80% do ouro está acima de 100 malhas; indicação de que no pré-concentrado recebido (com 35% em peso acima de 10 malhas) a distribuição de ouro é mais grossa ainda.
- (iii) Foi constatada a dificuldade de se purificar o pré-concentrado (reduzido a menos de 35 malhas) com uma boa recuperação de ouro. A razão provável para isso pode ser a liberação apenas parcial do ouro. Estudos mais exaustivos teriam que ser feitos para quantificar a liberação do ouro na amostra.

- (iv) A comprovação de que uma fração das partículas de ouro, normalmente aquelas mais finas, estão recobertas com óxido de ferro hidratado permite supor que a amalgamação dessas partículas será provavelmente ineficiente.
- (v) Para minimizar as perdas de ouro na amalgamação recomenda-se que o processo seja realizado em tambor, com adição de meio moedor. O rejeito da amalgamação deve passar por uma redução granulométrica adicional com o objetivo de promover a liberação das partículas de ouro não recuperadas, seguindo-se uma outra etapa de amalgamação. O problema de recobrimento do ouro por hidróxido de ferro não é eliminado com a recomendação acima. Outra possibilidade a ser considerada é a reconcentração do pré-concentrado, com o objetivo de se obter um concentrado de alto teor contendo o ouro liberado, e a remoagem e cianetação do rejeito dessa reconcentração. Enfim, são rotas tecnológicas que precisam ser confirmadas com ensaios de laboratório.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do geólogo Saulo R. Pereira Filho do CETEM/CNPq e do engenheiro Walter J. de Godoy Santos do DNPM de Cuiabá-MT na etapa inicial de definição e obtenção da amostra enviada ao CETEM. O engenheiro Walter também participou dos ensaios de concentração, durante um período de estágio no CETEM.

## BIBLIOGRAFIA

- DANA, E.S. *Textbook of mineralogy*. 4. ed. New York: John Wiley, 1932. 851p.
- DEER, W:A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. *Rock forming minerals* London: Longman, 1975.
- GASPARRINI, C. The mineralogy of gold and its significance in metal extraction. *CIM BULL.*, v.76, p.144-153, 1983.
- HENLEY, K.J. Gold-ore mineralogy and its relation to metallurgical treatment. *Minerals Sci. Eng.* v.7, n.4, p.289-312, 1975.
- HESS, H.H. *Notes on operation of Frantz isodynamic magnetic separator*. [Princeton]: Princeton University, 1966.
- KERR, P.F. *Optical mineralogy*. 3 ed. New York: MacGraw-Hill, 1959.
- MC ANDREW, J. Calibration of a Frantz isodynamic separator and its application to mineral separation. *Proc. Aus. Inst. Min. Metall.* M. v 181, p.59-73, 1957.
- MULLER, L.D.F.; BURTON, C.J. The heavy liquid density gradient and its application in ore dressing mineralogy. In: COMMONW. MINING AN METALURGICAL CONGRESS. 8, Australia, 1965. Proceedings. Cap. 6, p.1151-1163.
- PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. *Les minéraux en grains*, Paris: Masson, 1970. 600 p.
- ROUBAULT, M. *Determination des minéraux des roches au microscope polarisant*, Paris: Editions Lamare Poimet, 1963. 375 p.
- WYK, EI; DIXON, K. *The recovery of platinum-group metals and gold by the lead-collection step of the fire-assay procedure*. Randburg Council for Mineral Technology, 1983. (Mintek Report; M88)

## 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 Sergio 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.
- 51- Eletrorrecuperação de Ouro a Partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 52- Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão Benvindo da Luz e Ivan Falcão Fontes, 1991.
- 53- Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 54- Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão Benvindo da Luz, Marcello Mariz da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992.
- 55- Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutierrez, 1992.
- 56- Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 57- O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionizia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.

## NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

- 01 - Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Nelson Luiz S. Ferreira, Salete Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza, (2ª edição) 1991.
- 02 - Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT : Estudo de Caso (versão Português/Inglês)- Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos Nelson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso; Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.

## NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

- 01- Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco Rego Chaves Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987
- 02- A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987
- 03- Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987 (esgotado)
- 04- Política Mineral do Brasil - Dois Ensaios Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 05- A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaios Críticos - Francisco Rego Chaves Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Isabel Marques, 1987 (esgotado)
- 06- Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987
- 07- Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988 (esgotado)
- 08- A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988 (esgotado)
- 09- Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989 (esgotado)
- 10- Política Científica e Tecnológica: No Japão, Coréia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989
- 11- Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque, (organizadores) 1990
- 12- Ensaio Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha, (organizadora) 1991
- 13- Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991
- 14- Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. Chaves Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991
- 15- Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991
- 16- Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991
- 17- Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991
- 18- Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991

## NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

- 01- *Qualidade na Formulação de Misturas* - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 02- *La Importancia Del Método En La Investigación Tecnológica* - Roberto C. Villas Bôas, 1992.

