



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

FLOTAÇÃO DE CIANITA DA LOCALIDADE DE “BOA ESPERANÇA”, MG

Série Tecnologia Mineral	Nº 4	Seção Beneficiamento	Nº 4	Brasília	1979
-----------------------------	------	----------------------	------	----------	------

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 Boas — Superintendente

Beneficiamento
n.º 4

FLOTAÇÃO DE CIANITA DA
LOCALIDADE DE "BOA ESPERANÇA", M G

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral
Setor de Autarquias Norte
Quadra 01 — Bloco B — Telex 0611116
70.000 — Brasília (DF) — Brasil

Copyright 1979
Reservados todos os direitos
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

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

M 419f Masson, Ivan Ondino de Carvalho
Flotação de cianita da localidade de Boa Esperança, MG
/ Por/ Ivan O. de Carvalho Masson / e/ Tulio H. Araya Luco.
Brasília, DNPM, 1979.
P. il. tab. cm (DNPM. Tecnologia Mineral, 4. Seção
Beneficiamento, 4)
Bibliografia
1. Cianita — Flotação. 2. Cianita — Boa Esperança
(MG), I. Luco, Tulio H. Araya, **co-autor**. II — Título. III.
Série.
CDU 549.613.3: 622.765.061(815.12)
CDD 549.62
622.752

FLOTAÇÃO DE CIANITA DA LOCALIDADE DE “BOA ESPERANÇA”, M.G.

Autores: Ivan Ondino de Carvalho Masson*
Tulio Hernan Araya Luco**

- * Eng. Químico, M. Sc. Eng. Metalúrgica e de Materiais
- ** Licenciado Hist-Nat.; pós-graduação Eng. Metalúrgica e de Materiais

Execução e Elaboração do Trabalho pelo
Centro de Tecnologia Mineral — CETEM através
do Convênio DNPM/CPRM

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	10
2. CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO	10
2.1. DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA	10
2.2. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA E QUÍMICA	10
2.3. ESTUDOS DE LIBERAÇÃO	12
2.4. TESTES DE MOAGEM SELETIVA — DISTRIBUIÇÃO DA CIANITA	13
3. ESTUDOS DE FLOTAÇÃO	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÕES	21
6. BIBLIOGRAFIA	22

ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 — Grau de Liberação da Cianita em Função do Tempo de Moagem	12
Fig. 2 — Teor e Distribuição da Cianita em Função do Tempo de Moagem	14
Fig. 3 — Teor e Distribuição da Cianita na Fração Granulométrica acima de 65 Malhas	15
Fig. 4 — Diagrama Esquemático dos Testes de Flotação Simples	17
Fig. 5 — Diagrama Esquemático dos Testes de Flotação Cruzada	18
Tab. 1. Composição Mineralógica do Minério	11
Tab. 2. Composição Química do Minério	11
Tab. 3. Distribuição Acumulativa da Cianita	13
Tab. 4. Distribuição da Cianita Após Moagem e Classificação	13
Tab. 5. Distribuição da Cianita nas Frações Finas	16
Tab. 6. Reagentes — Condições Adotadas nos Testes de Flotação Simples	19
Tab. 7. Reagentes e Condições Adotadas nos Testes de Flotação Cruzada	19
Tab. 8. Resultados Obtidos nos Testes de Flotação Simples	20
Tab. 9. Resultados Obtidos nos Testes de Flotação Cruzada	21

RESUMO

Visando a obtenção de concentrados com elevado teor de cianita, foram realizados estudos de beneficiamento, em escala de laboratório, envolvendo a técnica de concentração por flotação.

A caracterização química e mineralógica do minério indicou um teor de 54% de cianita, sendo a ganga formada por 21,5% de pirofilita + talco + muscovita, 15% de quartzo, 2,1% turmalina, 1,4% de hematita e 2,9% de rutilo finamente disseminado na rede cristalina da cianita.

Por moagem seletiva do minério, separou-se um concentrado de granulometria grosseira (acima de 65 malhas, correspondendo a 20% da massa total do minério e analisando 98% em peso de cianita.

O equivalente a 60% da massa total do produto desta moagem, apresentando uma granulometria intermediária compreendida entre 65 e 400 malhas, foi submetido, com sucesso, à flotação catiônica inversa, visando flotar a ganga e deprimir a cianita.

Testes de flotação cruzada, simulando um circuito contínuo, utilizando como reagentes acetato de dodecilamina, Dow Froth 250, óleo diesel e CaO, em pH = 10,5, mostraram que uma etapa de flotação de desbaste, seguido por dois estágios de flotação de limpeza permite a obtenção de um concentrado a 98% em peso de cianita, sendo a recuperação total de 83%.

ABSTRACTS

Ore dressing studies were conducted in order to obtain high Kyanite contents in the concentrate products of froth flotation tests.

The chemical and mineralogical analysis of the ore, assayed 54% kyanite mass content. The gangue assayed a 21,5% mass content of pyrophyllite + talc + muscovite, 15% quartz, 2,1% turmaline, 1,4% hematite, 2,9% of rutile (finely disseminated in the crystal lattice of the kyanite) the others constituents consisting of several less important minerals.

After proceeding to a selective grinding of the ore, a concentrate (+ 65 Mesh), which represented 20% of the feed and with a 98% kyanite content mass was obtained.

The material in the range 65 × 400 Mesh, which constituted 60% of the ground product, was submitted to inverse cationic flotation, aiming at floating the gangue and depressing the kyanite. This test produced good results.

Cross-flotation tests, simulating a continuous circuit, using as reagents dodecylamine acetate, Dowfroth 250 diesel oil and CaO with pH 10,5, showed that through the use of a single-stage "rougher" flotation followed by two-stage "cleaner" flotations produced a 98% kyanite mass content in the concentrate, while the total mass recovery was 83%.

I. INTRODUÇÃO

As principais reservas de cianita existentes no Brasil encontram-se localizadas no Estado de Minas Gerais; constituem-se de jazimentos relativamente pequenos em que a cianita apresenta-se, predominantemente, com impurezas disseminadas.

Atualmente, o aproveitamento da cianita é feito através de lavra rudimentar, sendo o beneficiamento executado apenas por seleção manual dos blocos em que a cianita se apresenta relativamente pura. A utilização destas técnicas inadequadas acarreta altas perdas e implica, conseqüentemente, no esgotamento prematuro das reservas deste bem mineral.

A produção atual de cianita não chega a atender metade do consumo interno, obrigando as indústrias dos setores de cerâmica, refratários e vidros a ter, como alternativa, que realizar sucessivas e crescentes importações ou retirar de suas linhas de produção regular materiais à base de cianita.

Embora o País não disponha de grandes reservas deste minério, é imperioso que um processo de concentração de cianita seja definido, de modo a justificar investimentos no sentido da mecanização de lavra. Assim, a exploração racional dos jazimentos conhecidos permitiria, de imediato, suprir a demanda interna e economizar divisas para o País.

Com esta finalidade o Departamento Nacional da Produção Mineral solicitou à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais a execução de estudos de viabilidade técnica do aproveitamento de minérios de cianita existentes no Estado de Minas Gerais.

Os trabalhos foram desenvolvidos com minérios de cianita das localidades de Fazenda Boa Esperança, Fazenda Taquaral, Quinta de Santana e Fazenda Caxambu; situando-se as duas primeiras no Município de Diamantina-MG.

A partir da caracterização química e mineralógica das amostras coletadas, optou-se por desenvolver estudos de beneficiamento com o minério de cianita da localidade da Fazenda Boa Esperança, por suas características mineralógicas peculiares, ganga formada principalmente por pirofilita e talco, potencial de reserva e proximidade dos centros consumidores.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO

2.1 — Descrição Petrográfica

A amostra coletada em Mateus Leme (Fazenda Boa Esperança), apresentou uma característica mineralógica muito especial, qual seja uma ganga constituída, principalmente, por pirofilita e talco.

Macroscopicamente, apresenta cristais desenvolvidos de cianita com bandas escuras e irregulares de turmalina, aglomerados com pirofilita e mais raramente de quartzo.

Ao microscópio observa-se cristais prismáticos de cianita com inclusões muito pequenas de grãos de rutilo. O quartzo apresenta-se ora isolado, ora como aglomerados intersticiais de forma irregular.

2.2 — COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA E QUÍMICA

Todos os minerais identificados, à exceção do rutilo e da hematita, são compostos silicatados, e mais ainda alguns deles, tais como a cianita e a pirofilita, são alumínio-silicatos. Devido a esta característica do minério, a execução apenas de análises químicas quantitativas seria insuficiente para a determinação tanto do teor da cianita, como dos minerais da ganga.

Sendo assim, com base na diferença de peso específico existente entre esses minerais, adotou-se uma técnica de separação em líquido denso, de modo a estimar os seus teores.

Os resultados obtidos, combinados com aqueles oriundos das análises químicas, permitiram determinar a composição mineralógica da amostra.

Para fins de caracterização mineralógica, a separação em líquido denso foi feita utilizando-se a técnica de separação em gradiente de densidade, obtido com misturas de iodeto de metileno e n-n-dimetil -formamida.

Quando dos testes de beneficiamento, o teor da cianita, nos diversos produtos obtidos, foi determinado apenas pela técnica de separação em iodeto de metileno ($d = 3.31$) através de uma curva padrão, previamente construída, lançando densidade versus teor de cianita em amostra artificialmente preparada.

Não se levou em consideração as quantidades diminutas de rutilo, que por estar incluso na cianita de forma finamente disseminada, ou por apresentar peso específico maior que a

cianita, vai também para a fração afundada. Apesar desta limitação, o método mostrou-se eficiente. Análises químicas realizadas, permitiram estimar-se em 1 a 2% erro do método de dosagem dos concentrados finais.

A composição mineralógica do minério, estimada a partir dos resultados obtidos através de separação em líquido denso, contagem microscópica e análise química é a seguinte:

M I N E R A I S	% EM PESO
Cianita.....	54,00
Pirofilita + Talco + Muscovita.....	25,00
Quartzo.....	10,00
Turmalina.....	2,10
Rutilo.....	2,90
Hematita.....	1,40
Outros.....	4,6

Tabela I — Composição Mineralógica do Minério.

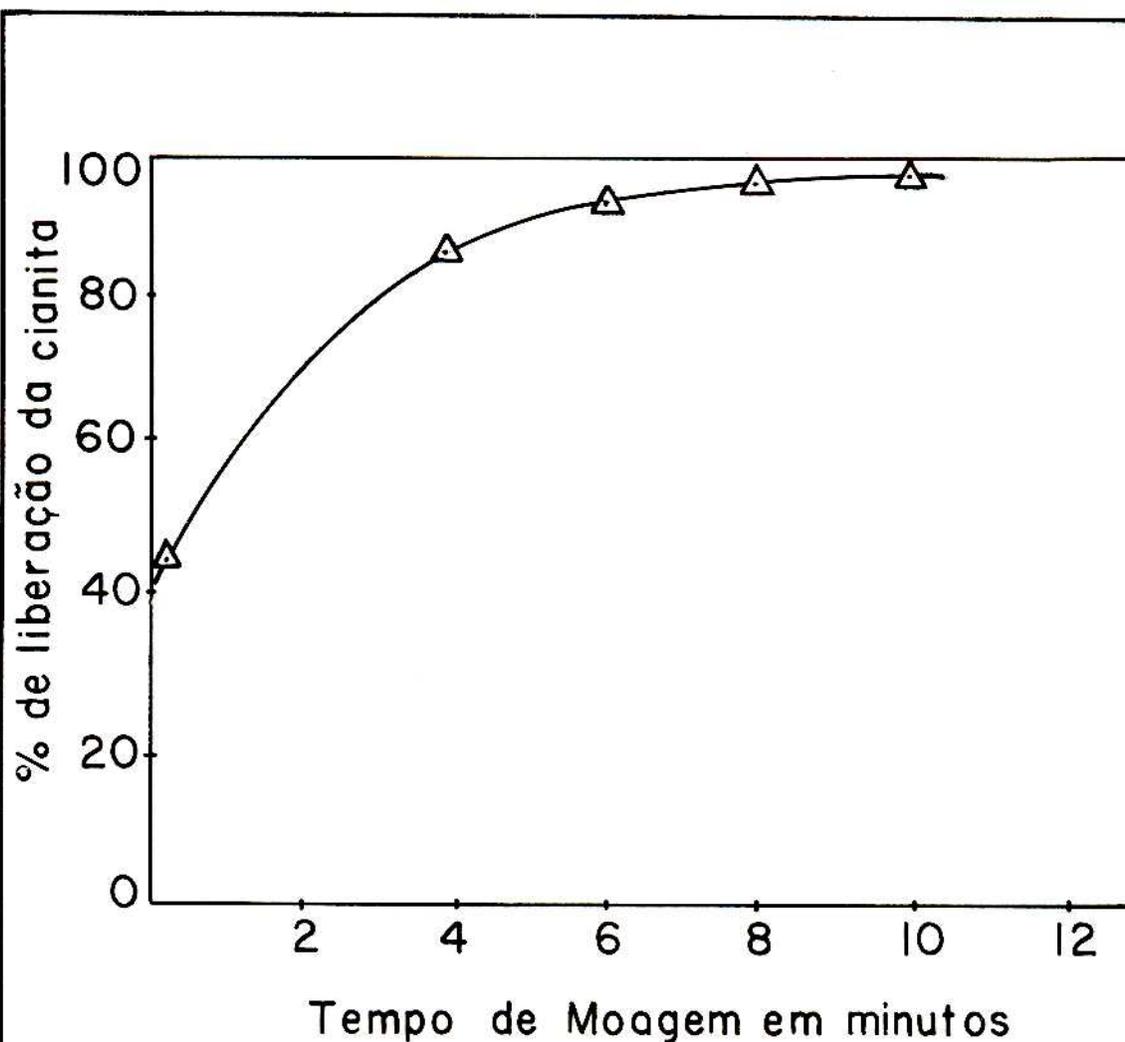
Observa-se que a cianita representa mais de 50% da amostra, em peso, e a ganga é formada, principalmente, por pirofilita, talco, mica e quartzo, e em menor quantidade turmalina.

Uma análise química completa da amostra apresentou os seguintes resultados:

C O M P O S T O S	% EM PESO
SiO ₂	50,00
Al ₂ O ₃	39,80
Fe ₂ O ₃	1,40
TiO ₂	2,90
Cr ₂ O ₃	0,30
Na ₂ O.....	0,60
K ₂ O.....	1,80
CaO.....	0,60
MgO.....	0,50
Perda ao Fogo.....	1,90

Tabela 2 — Composição Química do Minério.

A partir de exames microscópicos, determinou-se a liberação da cianita na amostra. Esta se encontra praticamente liberada da ganga na granulometria abaixo de 35 malhas, com exceção do rutilo que permanece como inclusão, mesmo nas frações inferiores a 200 malhas. A Figura 1 mostra o grau de liberação em função do tempo de moagem.



Tempo de Moagem em minutos	0	4	6	8	10
% abaixo 35 malhas	45,85	87,07	92,83	96,25	96,36

Fig. nº 1

Grau de liberação da Cianita em função do tempo de moagem.

2.4 — DISTRIBUIÇÃO DA CIANITA

Entre os principais constituintes da ganga encontra-se pirofilita, talco e micas, cujas propriedades físicas, de dureza e peso específico, diferem muito daquelas da cianita (cianita dureza 5 — 7, pirofilita 1 — 1,5). Estas propriedades implicam numa fragmentação diferencial, acarretando uma segregação da maior parte da pirofilita e talco nas faixas granulométricas mais finas, por conseguinte, concentrando-se a cianita nas frações grosseiras.

Testes de moagem foram feitos com objetivo de obter uma fração grosseira com alto teor em cianita, uma fração granulométrica para submeter à concentração e uma fração fina a ser rejeitada.

A Tabela 3 mostra resultados dos testes de moagem, o teor de cianita e a distribuição desta em forma acumulada.

A Figura 2 apresenta os resultados do teste de moagem. Optou-se por um corte a 65 malhas, separando-se a fração acima de 65 malhas, com teor de cianita elevado.

Observa-se que com 8 minutos de moagem, no qual se tem 96% da cianita liberada, obtém-se quase 20% da massa total com teor de 98,50% de cianita e uma distribuição desta de 33%, acima de 65 malhas.

Tempo de Moagem	Produto(%)Malha	+28	+65	+200	-200	*Aliment.
4 minutos	Peso Cianita	3,97	39,74	71,89	28,11	100,00
	Teor	95,00	78,35	71,26	18,80	56,51
	Distribuição	6,67	55,09	90,65	9,35	100,00
6 minutos	Peso Cianita	1,43	28,86	67,73	32,27	100,00
	Teor	99,00	80,97	74,67	18,38	56,51
	Distribuição	2,51	41,35	89,50	10,50	100,00
8 minutos	Peso Cianita	0,59	19,46	63,38	36,62	100,00
	Teor	99,00	98,52	79,10	20,40	56,61
	Distribuição	1,02	33,28	87,03	12,97	100,00
10 minutos	Peso Cianita	0,26	12,35	57,71	42,29	100,00
	Teor	100,00	99,02	76,29	29,60	56,54
	Distribuição	0,46	21,63	77,86	22,14	100,00

* Alimentação refere-se ao minério britado abaixo de 10 malhas.

Tabela 3 — Distribuição Acumulativa da Cianita.

A Figura 3 resume os resultados de distribuição e teor de cianita na fração granulométrica acima de 65 malhas em função do tempo de moagem.

Testes de deslamagem foram feitos a 200, 270 e 400 malhas, com objetivo de avaliar a perda de cianita nas frações finas. (Tabela 4).

MALHA	PESO (%)	C I A N I T A	
		TEOR (% peso)	DISTRIBUIÇÃO (%)
- 200	34,27	20,89	11,56
- 270	27,97	13,96	6,74
- 400	19,47	8,65	2,81

Tabela 4 — Distribuição da Cianita nas Frações Finas.

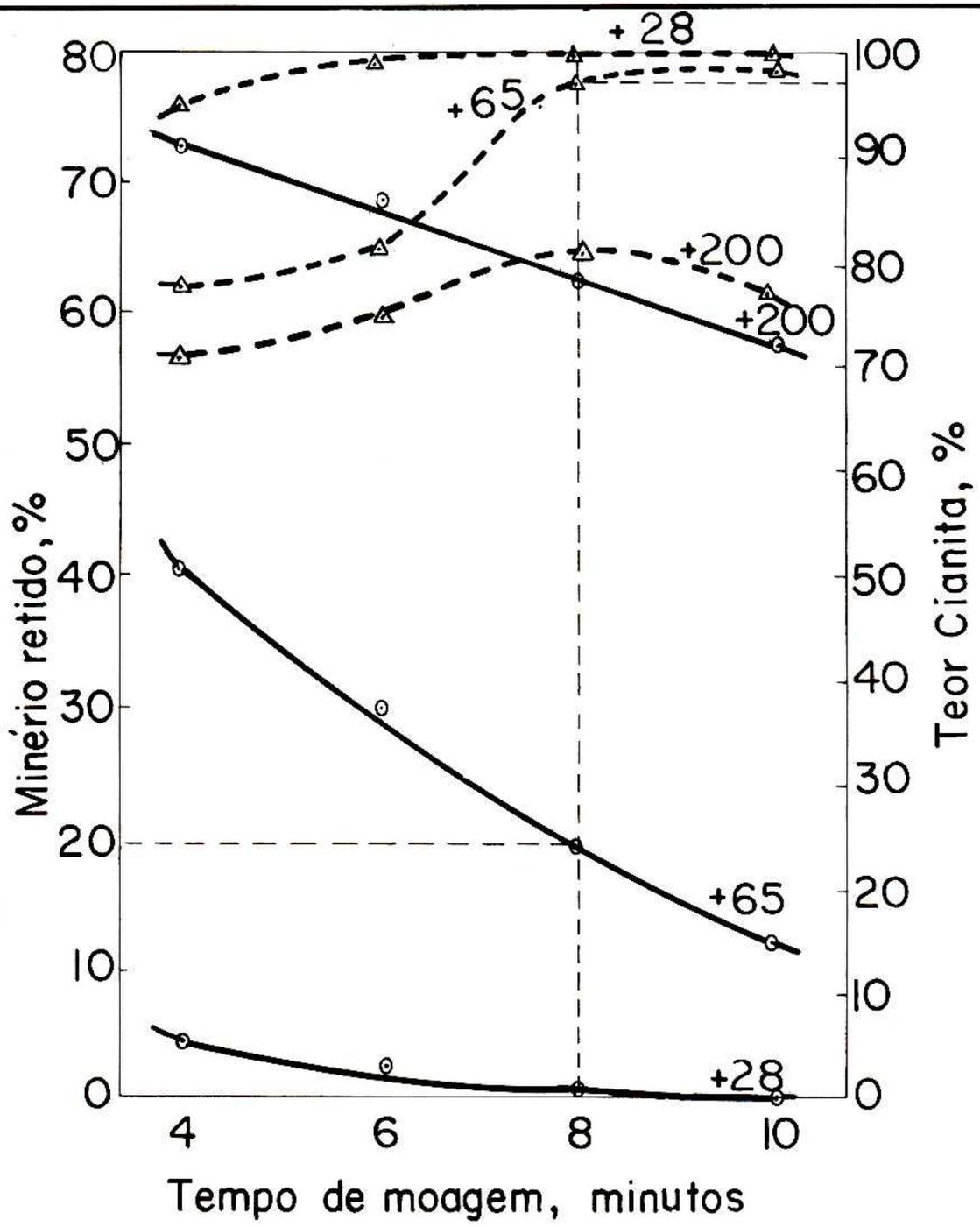
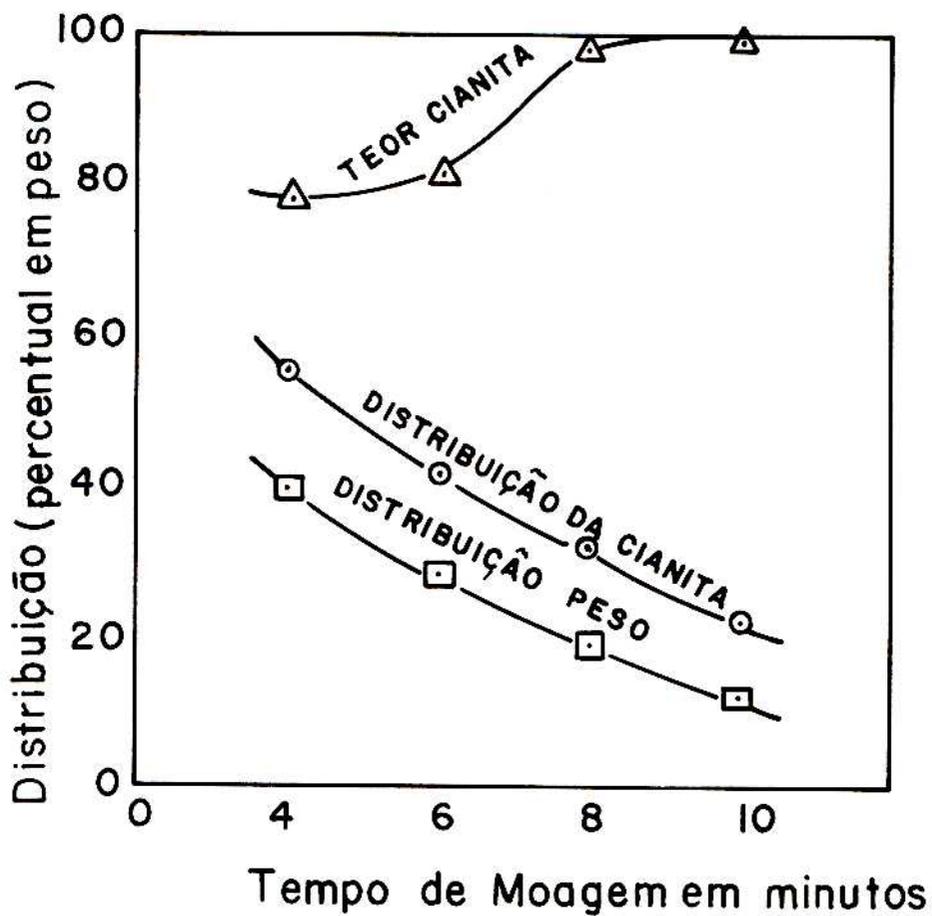


Figura 2 - Curvas de distribuição do peso e teor da cianita nas distintas frações granulométricas em função do tempo de moagem.

●—● PESO
 ▲---▲ TEOR



Tempo Moagem	4	6	8	10
Teor cianita	78,35	80,97	98,02	99,02
Dist. cianita	55,09	41,35	33,28	21,63
Dist. peso	39,94	28,86	19,46	12,35

Fig. nº 3

Teor e distribuição da cianita na fração granulométrica acima de 65 malhas.

Observa-se que o teor e a distribuição de cianita diminuem nas frações mais finas.

Tendo em vista, a distribuição da cianita nas frações granulométricas, optou-se por separar uma fração grosseira, acima de 65 malhas, com teor de cianita de 98%; uma fração intermediária de 65/400 malhas para beneficiamento por flotação e uma fração fina, abaixo de 400 malhas, a ser rejeitada.

A distribuição da cianita depois da moagem e classificação, está apresentada na Tabela 5.

MALHA	PESO (%)	C I A N I T A	
		TEOR (% peso)	DISTRIBUIÇÃO (%)
+ 65	19,46	98,52	33,92
65/400	60,93	58,43	63,01
- 400	19,61	8,86	3,07
Alimentação	100,00	56,54	100,00

Tabela 5 — Distribuição da Cianita Após Moagem e Classificação

3. ESTUDO DE FLOTAÇÃO

A fração granulométrica 65/400 malhas foi submetida a ensaios de flotação, visando obter um concentrado de cianita de alto teor.

Os vários reagentes estudados, conduziram a uma flotação catiônica inversa, flotando-se a ganga pirofilitica e deprimindo a cianita.

Os melhores resultados foram obtidos utilizando-se os reagentes acetato de dodecilamina e óleo diesel como coletor, Dow Froth 250 como espumante e CaO como modificador de pH (pH utilizado 10,5).

Ensaio simples em batelada e de flotação cruzada, simulando um circuito contínuo, foram realizados.

Para o primeiro caso foi necessário três estágios de limpeza para chegar a um concentrado de alto teor em cianita (Figura 4).

No segundo caso (ensaio de flotação cruzada), onde houve recirculação dos produtos intermediários foi necessário apenas dois estágios de limpeza e menor consumo de reagentes (Figura 5).

As Tabelas 6 e 7 apresentam as condições em que os testes foram executados. Os resultados obtidos são mostrados nas tabelas 8 e 9.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se os resultados mostrados nas Tabelas 8 e 9, pode observar-se que ao recircular os produtos intermediários depois de atingir o equilíbrio no circuito de flotação contínua simulado, obtém-se um concentrado com 98% de cianita, a partir do segundo estágio de limpeza.

O ensaio de flotação cruzada permite prever o comportamento de um sistema de flotação contínua, pois leva em consideração a influência da recirculação dos produtos intermediários.

O concentrado final de cianita é constituído pela fração grossa acima de 65 malhas e pelo concentrado da flotação da fração 65/400 malhas. Este concentrado é de aproximadamente de 98% de cianita com uma recuperação total da ordem de 83% (Figura 4 e 5).

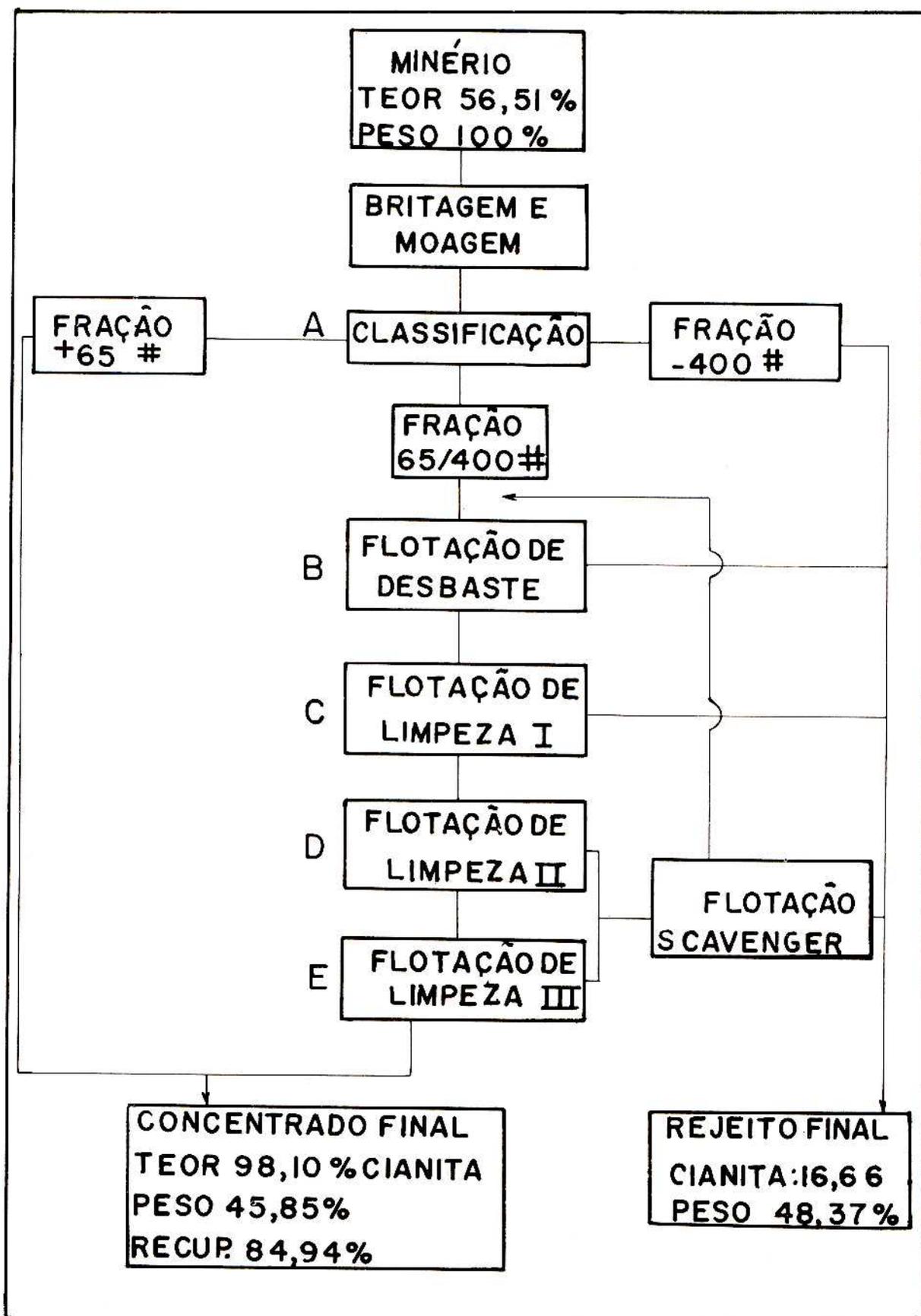


Fig. 4_ Fluxograma adotado nos testes de flotação em batelada

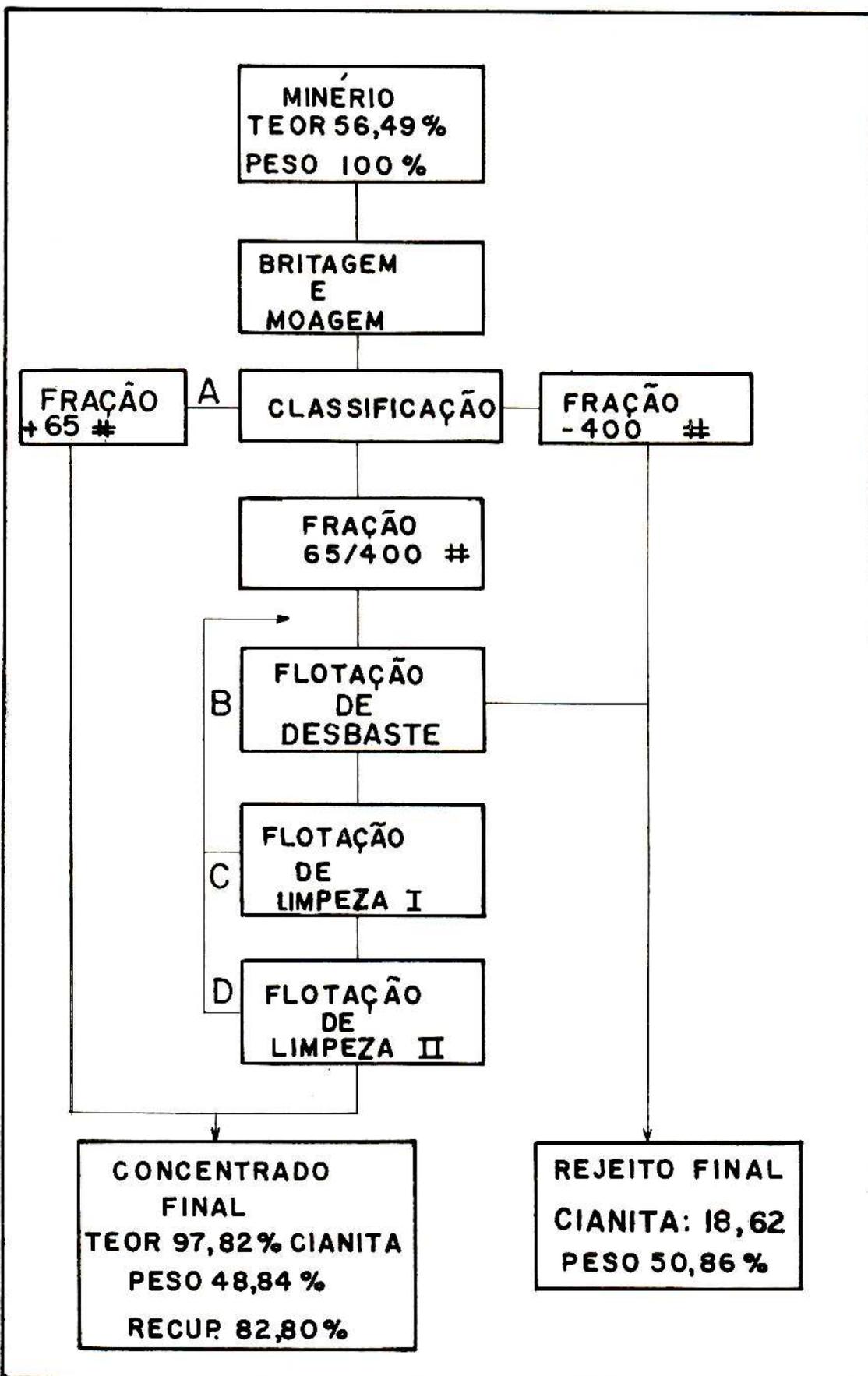


Fig.5_Fluxograma dos testes em flotação cruzada.

Estágios	Reagentes lb/t				pH de Flotação
	CaO	Oleo Diesel	* D.A.A.	* DF. 250	
Flotação de desbaste	1,20	0,20	0,20	0,30	10,5
Flotação de Limpeza I	-	0,14	0,18	0,21	10,2
Flotação de Limpeza II	-	0,10	0,13	0,16	10,0
Flotação de Limpeza III	-	0,21	0,27	0,24	9,5
Flotação "Scavenger"	-	0,29	0,30	0,32	8,0

* D.A.A. — Acetato de dodecilamina

* DF. 250 — Dow Froth 250

Tabela 6 — Condições de Flotação adotadas nos testes em batelada.

Estágios	Reagentes lb/t				pH de Flotação
	CaO	Oleo Diesel	* D.A.A.	* DF. 250	
Flotação primária	1,20	0,20	0,20	0,30	10,6
Flotação de Limpeza I	-	0,18	0,19	0,27	10,5
Flotação de Limpeza II	-	0,26	0,21	0,29	10,3

* D.A.A. — Acetato de dodecilamina

* DF. 250 — Dow Froth 250

Tabela 7 — Reagentes adicionados durante Flotação Cruzada, Simulando um Circuito Contínuo.

E T A P A S	Peso (%)	C I A N I T A		Recup. (%)
		Teor (% peso)	Distrib. (%)	
A - Moagem e Classificação				
Fração + 65 malhas	19,46	98,52	33,92	
Fração 65/400 malhas	60,93	58,43	63,01	
Fração -400 malhas	19,61	8,86	3,07	
Alimentação	100,00	56,51	100,00	
B - Flotação de desbaste da Fração 65/400 malhas				
Concentrado	48,65	70,23	60,46	95,97
Rejeito	12,18	11,68	2,54	
Alimentação	60,93	58,43	63,01	
C - Flotação de Limpeza I				
Concentrado	40,81	79,02	57,07	90,58
Rejeito	7,84	24,47	3,40	
Alimentação	48,65	70,23	60,46	
D - Flotação de Limpeza II				
Concentrado	31,42	92,01	51,15	81,20
Rejeito	9,39	35,59	5,92	
Alimentação	40,81	79,02	57,07	
E - Flotação de Limpeza III				
Concentrado	26,39	97,80	45,67	72,50
Rejeito	5,03	61,57	5,48	
Alimentação	31,42	92,01	51,15	
F - Flotação "Scavenger" dos Rejeitos "D" e "E"				
Concentrado	5,78	60,02	6,14	53,88
Rejeito	8,64	34,37	5,25	
Alimentação	14,42	44,65	11,39	

Tabela 8 — Resultados obtidos nos testes de flotação em batelada.

E T A P A S	Peso (%)	C I A N I T A		% Recup. Total da Flotação
		Teor (% peso)	Distrib. (%)	
A - Moagem e Classificação				
Fração + 65 malhas	21,05	97,65	36,39	
Fração 65/400 malhas	60,85	57,08	61,49	
Fração -400 malhas	18,10	6,64	2,12	
Alimentação	100,00	56,49	100,00	
B - Flotação de desbaste da Fração 65/400 malhas				
Concentrado	41,42	83,73	61,40	80,76
Rejeito	32,76	25,23	14,63	
Alimentação	74,48	57,66	66,03	
C - Flotação de Limpeza I				
Concentrado	31,07	94,09	51,74	68,07
Rejeito	10,35	52,65	9,65	
Alimentação	41,42	83,73	61,40	
D - Flotação de Limpeza II				
Concentrado	27,79	98,02	48,22	63,43
Rejeito	3,28	60,78	3,53	
Alimentação	31,07	94,09	51,75	
Produtos Intermediários				
Rejeito "C" - "D"	13,63	64,61* 60,63	13,18	

Tabela 9 — Resultados obtidos nos testes de flotação cruzada, simulando um circuito contínuo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de laboratório, com o minério de cianita procedente da localidade de Boa Esperança, chegou-se às seguintes conclusões:

- 1) A cianita está liberada a partir de 35 malhas. Sua ganga é formada, principalmente, por pirofilita e talco, de dureza muito menor que a cianita, distribuindo-se assim após moagem, nas frações granulométricas mais finas.
- 2) Da classificação do minério moído seletivamente, resultam os seguintes produtos:
 - a) Uma fração grosseira (acima de 65 malhas), com alto teor em cianita, correspondendo a 20% da massa total do minério, com um teor de 98% de cianita;
 - b) Um produto intermediário, com granulometria compreendida entre 65 a 400 malhas, representando 60% da massa total e teor de 57% em cianita;
 - c) Uma fração fina abaixo de 400 malhas que vai para o rejeito e representa 20% da massa, com 3% de cianita.
- 3) A fração granulométrica intermediária, 65/400 malhas, se submetida a uma flotação inversa, onde a ganga é flotada na espuma com acetato de dodecilamina e óleo diesel como coletores, Dow Froth 250 como espumante e CaO como modificador de pH, (pH de flotação = 10,5), necessitaria de dois estágios de limpeza para obter-se um concentrado com 98% de cianita.

- 4) Os concentrados de cianita obtidos por flotação e por classificação formam um produto final com teor médio combinado de 98% de cianita e correspondem à recuperação total de 83%.
- 5) Finalmente, conclui-se que é tecnicamente viável o beneficiamento do minério de cianita; obtendo-se concentrados de altos teores e recuperação total aceitável, combinando-se os processos de moagem seletiva e flotação catiônica da ganga.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN CYANAMID COMPANY — **Mining chemical handbook.**
2. BARONE, R.H.D.T. Perfil analítico da cianita. **Boletim. Departamento Nacional da Produção Mineral**, n. 7, 1973. 10p.
3. BROWNING, J.S.; BENNETT, P.E. Beneficiation of Georgia Kyanite ore. **Report of investigations. Bureau of Mines**, n. 7376, Apr. 1970.
4. _____; CLEMMONS, B.H.; McVAY, T.L. Recovery of kyanite and sillimanite from Florida Beach Sands. **Report of investigations. Bureau of Mines**, n. 5274, Nov. 1956.
5. FUERSTENAU, D.W. **Froth flotation.** New York, AIME, 1962. 677p. il.
6. KLASSEN, V.I.; MOKROUSOV, V.A. **An introduction to the theory of flotation.** London, Butterworths, 1963.
7. RULE, A.R., McCLAIN, R.S. Beneficiation of Idaho kyanite — bearing materials. **Report of investigations. Bureau of Mines**, n. 7745, 1973.
8. WYMAN, R.A. Flotation of Canadian Kyanite. **Mining engineering**, 10 (1): 111-112. _____ **Transactions of AIME**, V. 211, 1958.

