


MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
CONVÊNIO DNPM - CPRM

**PROJETO**  
**FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO**  
**RELATÓRIO FINAL**

PHL 13324

 CPRM	SUREMI I. 90 ARQUIVO TECNICO
Relatório n.º	634-S
N.º de Volumes:	1 V.º

*Adão Benvindo da Luz*  
*Juliano Peres Barbosa*  
*Carlos Adolpho M. Baltar*



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
DIRETORIA DA AREA DE PESQUISAS  
SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA MINERAL  
DIVISÃO DE TECNOLOGIA MINERAL  
RIO DE JANEIRO - R.J

1977

# PROJETO FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

**Coordenador do Projeto**

*Adão Benvindo da Luz*

**Chefe do Projeto**

*Juliano Peres Barbosa*

**Equipe Executora**

*Adão Benvindo da Luz  
Carlos Adolpho M. Baltar  
Juliano Peres Barbosa*

**Colaboração**

*João Alves Sampaio  
José Farias de Oliveira  
Marco Antonio T. Furtado  
Ney Hamiltom Porphirio*

# PROJETO FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

## RELATÓRIO FINAL

### ÍNDICE DO VOLUME

	pág
I INTRODUÇÃO	I
II FLUORITA	4
2.1 - Considerações Gerais	4
2.2 - Mineração Santa Catarina	8
2.2.1- Caracterização do Minério	8
2.2.2- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	12
2.2.3- Balanço Metalúrgico	19
2.2.4- Características do Concentrado	24
2.2.5- Estudo de Laboratório	26
2.2.6- Considerações Gerais e Conclusões	32
2.3 - Mineração Fluorita	34
2.3.1- Caracterização do Minério	34
2.3.2- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	37
2.3.3- Balanço Metalúrgico	40
2.3.4- Considerações Gerais e Conclusões	42
2.4 - Flotação de Minérios Sul Catarinense	44
2.4.1- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	44
2.4.2- Balanço Metalúrgico	48
2.4.3- Cálculo da Carga Circulante e da Eficiência do Classificador Akins	50
2.4.4- Considerações Gerais e Conclusões	51
2.5 - Considerações Finais sobre a Fluorita	52
III CROMITA	53
3.1 - Considerações Gerais	53
3.2 - Mineração Pedrinhas	58
3.2.1- Caracterização do Minério	58
3.2.2- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	61
3.2.3- Balanço Metalúrgico	64
3.2.4- Características dos Concentrados	67
3.2.5- Estudo de Laboratório	69
3.2.6- Considerações Gerais e Conclusões	74

	pag
3.3 - Coitezeiro Mineração	76
3.3.1- Caracterização do Minério	76
3.3.2- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	79
3.3.3- Balanço Metalúrgico	82
3.3.4- Características dos Concentrados	85
3.3.5- Estudo de Laboratório	87
3.3.6- Considerações Gerais e Conclusões	92
3.4 Mineração Vale do Jacurici	94
3.4.1- Caracterização do Minério	94
3.4.2- Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento	97
3.4.3- Balanço Metalúrgico	100
3.4.4- Características do Concentrado	101
3.4.5- Estudo de Laboratório	103
3.4.6- Considerações Gerais e Conclusões	107
3.5 Considerações Finais sobre a Cromita	109
CASSITERITA	111
BIBLIOGRAFIA	114
APÊNDICE	119

# INTRODUÇÃO

## I - INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência dos fluxogramas de beneficiamento de algumas das principais minerações do País, bem como sugerir métodos ou processos alternativos para aumentar a recuperação das usinas consideradas mais deficientes.

Para atingir estes objetivos foram realizados:

- Levantamento dos fluxogramas de beneficiamento;
- Amostragem nas diversas etapas do processo de beneficiamento, julgadas necessárias, bem como das alimentações, rejeitos e concentrados das usinas;
- Balanço metalúrgico das usinas;
- Ensaio de laboratório, visando melhorar a eficiência de recuperação das usinas.

Na execução dos trabalhos, pelas características do próprio projeto, a etapa de amostragem reveste-se de importância toda especial. Desta forma, foram tomadas

das precauções para que a mesma fosse realizada de acordo com técnicas adequadas à obtenção de amostras com representatividade.

Entre outras precauções, teve-se o cuidado de tomar incrementos durante um período de tempo suficiente para permitir considerar-se a amostra obtida como representativa das condições reais de operação da usina.

Amostras de alimentação, rejeito e concentrado foram tomadas, objetivando a determinação da eficiência de recuperação das usinas de beneficiamento estudadas. Outros pontos do circuito, julgados necessários, foram também amostrados, visando ao controle de determinadas operações unitárias.

As tomadas de vazão foram efetuadas com o mesmo cuidado e rigor que a amostragem.

Em virtude de seu volume, algumas amostras tiveram de ser britadas e quarteadas nas próprias usinas. Outras, por se constituírem em um sistema sólido-líquido, tiveram de ser decantadas, em geral com o auxílio de flocculantes. Quando existiam estufas ou chapas térmicas nas usinas, as amostras decantadas eram secadas.

Tão importante quanto a coleta das amostras primárias, é a sua posterior preparação para a análise química. Assim, as operações de cominuição, homogenei-

zação e de quarteamento foram convenientemente realizadas ,  
de modo a garantir a representatividade das alíquotas reti-  
radas para análise.

Dentre os distritos mineiros considera-  
dos prioritários no anteprojeto, foram estudados os fluxo -  
gramas de 19 usinas, referentes aos distritos mineiros de  
fluorita, cromita e cassiterita.



FLUORITA

## II - FLUORITA

### 2.1 - Considerações Gerais

A fluorita é um mineral industrial de importância fundamental como fundente na obtenção do aço, na fabricação de produtos químicos fluorados, na produção de alumínio e na indústria cerâmica.

Comercialmente, existem três tipos de fluorita: metalúrgico, ácido (ou químico) e cerâmico. As especificações<sup>1</sup> requeridas para os diferentes tipos estão apresentadas na Tabela I.

Tabela I - Especificações comerciais para os diferentes tipos de fluorita

TIPO	CaF <sub>2</sub> Min. <sup>2</sup>	SiO <sub>2</sub> Máx. <sup>2</sup>	CaCO <sub>3</sub> Máx. <sup>3</sup>	S Máx.	Pb Máx.	P Máx.	FeO Máx.
METALÚRGICO	85%	5%	-	0,3%	0,5%	traços	-
ÁCIDO	97%	1,5%	1,25%	0,1%	-	-	-
CERÂMICO	85%	2,5%	1,0%	-	traços	-	0,12%

Quanto a granulometria, as especifica-

ções são:

tipo metalúrgico - 0,6 a 10 cm;

tipo ácido - 100% abaixo de 100  
mesh;

tipo cerâmico - 50% abaixo de 100  
mesh.

A fluorita é um fundente utilizado em quase todas operações siderúrgicas. O emprego da fluorita tipo metalúrgico na obtenção do aço, visa promover a fluidez da escória e, deste modo, facilitar a dessulfuração e desfosforação do aço.

Para a produção eletrolítica de uma tonelada de alumínio metálico é necessário cerca de 70 quilogramas de fluorita tipo ácido, previamente transformada em fluoreto de alumínio e criolita sintética ( $\text{Na}_2\text{AlF}_6$ ), que agem no sentido de dissolver o concentrado de alumina, formando o eletrólito para obtenção do alumínio metálico.

Na indústria cerâmica, a fluorita é utilizada na opacificação de vidros e esmaltes, servindo também como fundente.

Os compostos químicos fluorados são obtidos, essencialmente, a partir do ácido fluorídrico (HF), que por sua vez tem na fluorita tipo ácido sua matéria pri-

ma principal. Esses compostos apresentam uma infinidade de aplicações e podem ser subdivididos em dois grandes grupos: fluoretos orgânicos e fluoretos inorgânicos.

Os fluoretos orgânicos (fluorcarbonos), são os mais aplicados pela indústria química de flúor. A grande utilização dos fluorcarbonos deve-se às suas notáveis propriedades: não são tóxicos, não são inflamáveis, não são corrosivos e apresentam uma excepcional estabilidade química. Eles apresentam desempenho notável como gases usados em refrigeração, agentes dispersores de aerossóis (usados em desodorantes, "hair spray", tintas, desinfetantes, etc), solventes, plásticos (Teflon e Kel-F) e como intermediários na obtenção de polímeros (elastômeros).

Os fluoretos inorgânicos são utilizados, principalmente, na decapagem do aço inoxidável, na separação isotópica do urânio por difusão, como catalisador na produção de gasolina de alta octanagem, em antissépticos, em inseticidas, em eletrólitos para galvanoplastia, como antioxidantes, como catalisadores em sínteses orgânicas e na fluoretação da água.

Nos últimos vinte anos o consumo mundial de fluorita tem crescido numa taxa de 7% ao ano, sendo que a demanda mundial de fluorita durante o ano de 1975 alcançou a 4,6 milhões de toneladas<sup>2</sup>. Deste total, cerca de 55% foi usada para fins metalúrgicos, 5% para fins cerâmicos -

cos e 40% foi utilizada como fluorita tipo ácido. A demanda brasileira atual de fluorita, segundo informações colhidas junto aos produtores, é cerca de 45 mil toneladas anuais, das quais 70% tipo metalúrgico, 28% tipo ácido e 2% tipo cerâmico.

O beneficiamento da fluorita no Brasil é efetuado por quatro minerações: Mineração Nossa Senhora do Carmo Ltda., Mineração Santa Catarina S.A., Mineração Fluorita S.A. (MINERFLUOR) e Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda, as quais exploram o mesmo filão por lavra subterrânea, sendo todas situadas na localidade de Segunda Linha Torrens, Município de Morro da Fumaça - Estado de Santa Catarina.

**MINERAÇÃO**  
**SANTA CATARINA**

## 2.2 - Mineração Santa Catarina

### 2.2.1 - Caracterização do Minério

#### a) Análise Modal e Composição Química

A composição dos constituintes mineralógicos foi obtida através de exame microscópico de lâminas de grãos.

A composição química foi obtida pela análise quantitativa de uma amostra representativa da alimetação.

As tabelas II e III fornecem, respectivamente, os resultados da análise modal e composição química do minério.

Tabela II - Análise modal do minério de fluorita da Mineração Santa Catarina.

MINERAL	(%)
Fluorita .....	67
Feldspato .....	5
Calcedônia .....	13
Quartzo .....	13
Opacos .....	2

Tabela III - Composição Química da Alimentação da Usina de Beneficiamento da Mineração Santa Catarina

COMPOSTO	(%)
CaF <sub>2</sub> .....	64,3
SiO <sub>2</sub> .....	25,6
CaCO <sub>3</sub> .....	1,0
BaSO <sub>4</sub> .....	0,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,5
Fe <sub>2</sub> S <sub>5</sub> .....	0,4
MgO .....	0,3
PO <sub>4</sub> .....	inferior à 0,05%
Outros *	7,1

\* Outros (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, perda ao fogo, etc).

Uma análise espectrográfica para 30 elementos, de uma amostra da alimentação da usina de beneficiamento, forneceu os resultados apresentados na tabela IV.



Tabela IV - Análise espectrográfica de uma amostra representativa da alimentação da usina de beneficiamento da Mineração Santa Catarina

ELEMENTO	TEOR
Ca .....	acima de 20%
Fe .....	0,3%
Ba .....	0,2%
Mg .....	0,15%
Mn .....	500 ppm
Ti .....	300 ppm
Sr .....	100 ppm
Pb .....	30 ppm
La .....	30 ppm
Y .....	150 ppm

Observações: 1. Elementos com teor abaixo de 10 ppm:  
B, Be, Cu, Sc e V.

2. Elementos não detectados:  
Ag, As, Au, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Nb, Ni,  
Sb, Sn, W e Zn.



## b) Estudo de Liberação

O grau de liberação da fluorita, estudado mediante a contagem de pontos ao microscópio, apresentou os seguintes valores (Tabela V)

Tabela V - Grau de liberação da fluorita

GRANULOMETRIA (MESH)	GRAU DE LIBERAÇÃO DA FLUORITA (%)
48 x 65	96
65 x 100	98
100 x 150	99

Pela tabela acima, verifica-se que a fluorita de granulometria inferior a 48 mesh está praticamente liberada dos demais constituintes (quartzo, feldspato, calcedônia, etc).

## 2.2.2 - Descrição do Processo e Fluxograma de Beneficiamento

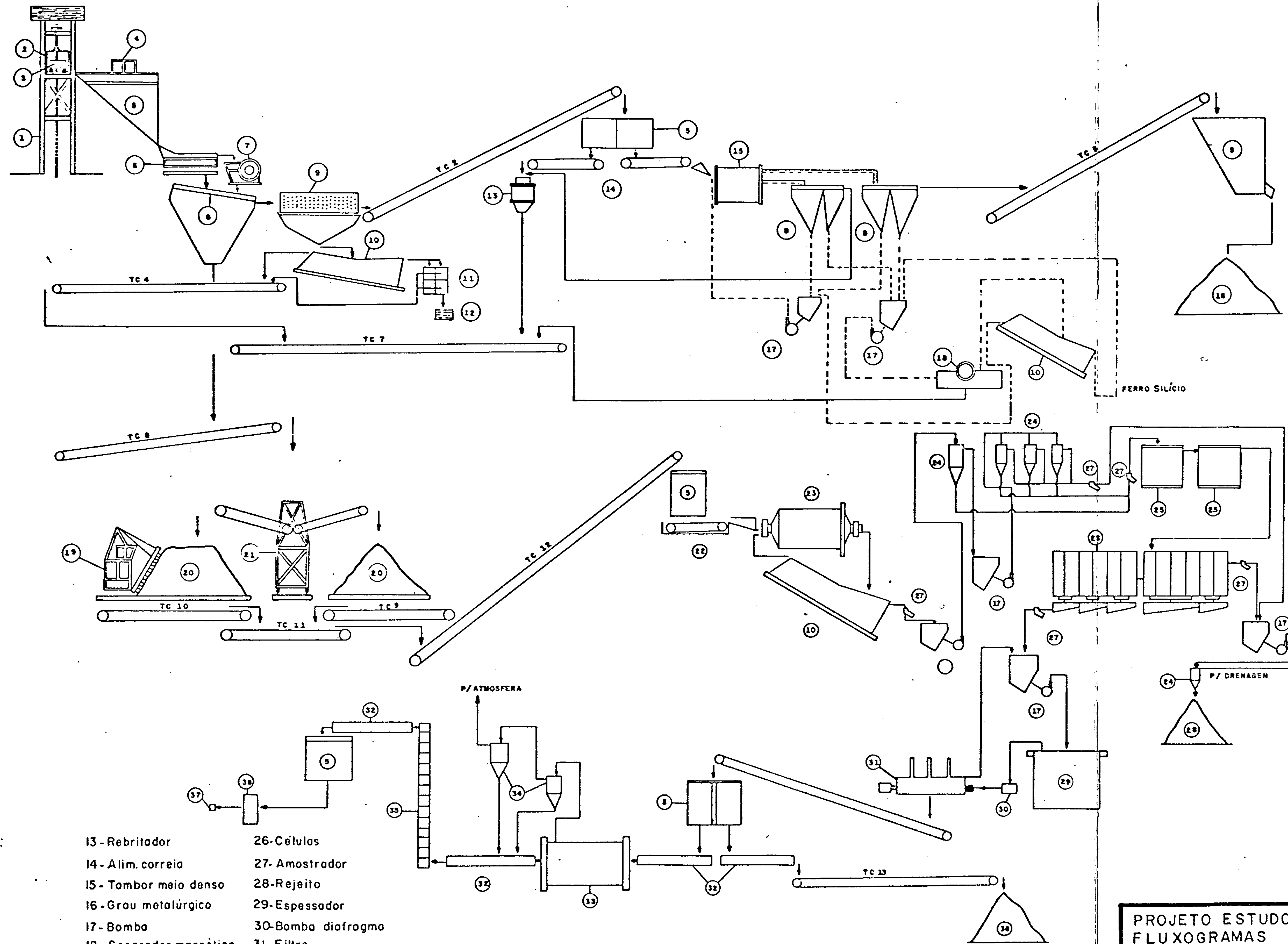
O beneficiamento do minério de fluorita utilizado na usina dessa mineração (Figura 1), pode ser subdividido em dois circuitos: produção de fluorita do tipo metalúrgico e produção de fluorita tipo ácido.

### a) Circuito de Produção de Fluorita Tipo Metalúrgico

Este circuito consiste nas seguintes operações unitárias: britagem, classificação e separação em meio denso.

#### a.1 - Britagem

O minério proveniente da mina, após transporte vertical, é depositado em um silo, munido de grade fixa protetora, onde são quebrados os blocos de tamanho superior à malha da grade e descartados os matacões de estéreis, mediante escolha manual. Do silo, o minério segue por intermédio de um alimentador vibratório com grelha de 2 1/2", a um britador de mandíbulas que reduz o mi



LEGENDA:

- |                            |                          |                         |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 - Poço                   | 13 - Rebritador          | 26 - Células            |
| 2 - Gaiola                 | 14 - Alim. correia       | 27 - Amostrador         |
| 3 - Vagoneta               | 15 - Tambor meio denso   | 28 - Rejeito            |
| 4 - Vibrador               | 16 - Grau metalúrgico    | 29 - Espessador         |
| 5 - Silo                   | 17 - Bomba               | 30 - Bomba diafragma    |
| 6 - Alimentador vibratório | 18 - Separador magnético | 31 - Filtro             |
| 7 - Britador               | 19 - Retomador           | 32 - Transp. helicoidal |
| 8 - Peneira vibratória     | 20 - Pilhas de homas     | 33 - Forno              |
| 9 - Tromel lavador         | 21 - Stoker              | 34 - Ciclones           |
| 10 - Classificador espiral | 22 - Balança dosadora    | 35 - Elev. de canecos   |
| 11 - Decantação            | 23 - Moinho              | 36 - Ensacodeira        |
| 12 - Drenagem              | 24 - Hidrociclone        | 37 - Sacos de 50 kg     |
|                            | 25 - Condicionador       | 38 - Concentrado úmido  |

PROJETO ESTUDO DA EFICIENCIA DOS FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

CONVENIO DNP M / CPRM

MINERAÇÃO  
SANTA CATARINA

EXECUÇÃO: MIN. SANTA CATARINA FIG: 1



nério a uma granulometria inferior a 2 1/2".

#### a.2 - Classificação

O britado e o passante na grelha do alimentador vibratório, são recolhidos e classificados em uma peneira vibratória com malhas de 5/8". O passante da peneira segue, por intermédio de correia transportadora, para as pilhas de homogeneização (circuito de produção de fluorita tipo ácido), enquanto o retido segue para um tromel lavador. Os finos provenientes do tromel alimentam um classificador Akins, onde o "overflow" deste é decantado em um pequeno tanque de sedimentação, enquanto o "under" é conduzido por correia transportadora para as pilhas de homogeneização.

#### a.3 - Separação em Meio Denso

O material retido no tromel lavador, constitui a alimentação da separação em meio denso. Esta é realizada num tambor separador marca WENCO (4' x 4'), usando como meio denso uma suspensão de ferro-silício (15% de silício), cuja densidade é 2,75. Nessas condições a fluorita (densidade - 3,1 a 3,3) afunda, enquanto a ganga

flutua. Essas frações assim separadas, são lavadas em duas peneiras vibratórias, com a finalidade de se recuperar o ferro-silício. A fluorita lavada é conduzida aos silos de estocagem e expedição, constituindo-se no produto final tipo metalúrgico. O rejeito do meio denso segue para a re-britagem.

A recuperação do ferro-silício faz-se através de um separador eletromagnético, marca ERIEZ, operando em circuito fechado com um classificador AKINS. A fração magnética proveniente do separador magnético alimenta o classificador, onde o "under" (ferro-silício recuperado) retorna ao tambor separador do meio denso, enquanto o "over" volta ao separador magnético.

#### b) Circuito de Produção de Fluorita Tipo Ácido

Tem uma capacidade nominal de 10 t/h e compreende as seguintes operações: rebitagem, homogeneização, moagem, deslamagem, flotação e desaguamento.

##### b.1 - Rebitagem

O rejeito do meio denso, após lava -

gem, é rebritado em britador cônico, marca BARBER-GREENE, reduzindo-se a uma granulometria inferior a 5/8". Este material segue, por meio de correia transportadora, para as pilhas de homogeneização.

### b.2 - Homogeneização

Os finos provenientes do circuito de produção de fluorita tipo metalúrgico (passante da peneira vibratória, "underflow" do classificador AKINS, material decantado no tanque de sedimentação e rejeito do meio denso rebritado), são conduzidos para as pilhas de homogeneização através de correia transportadora, onde são homogeneizados em dois pátios de 73 metros de comprimento por intermédio de um "STACKER". A reposição deste material homogeneizado em uma outra correia transportadora, que segue para alimentar o moinho, é executada por um retomador com capacidade de 10 t/h.

### b.3 - Moagem

A moagem é feita por um moinho de bolas DENVER (7' x 7') com capacidade de 10 t/h. A carga moedora é de 15 toneladas, com bolas de 1, 2 e 3" de diâ-

metro. O moinho opera em circuito fechado com um classificador AKINS, (corte de aproximadamente 80 mesh), sendo o "over" deste, bombeado para os hidrociclones.

#### b.4 - Deslamagem

A deslamagem do produto do circuito de moagem é executada em dois estágios: primeiramente a polpa é processada em um hidrociclone (pressão de 20 psi) primário de 10", onde o "under" deste segue para os condicionadores da flotação e o "over" alimenta uma bateria de três hidrociclones (pressão de 20 psi) secundários de 4", funcionando em paralelo. O "under" dos hidrociclones secundários, junta-se ao "under" do hidrociclone primário, constituindo-se na alimentação da flotação, enquanto que o "over" dos hidrociclones secundários (ultrafinos com 96% abaixo de 400 mesh), é descartado do circuito.

#### b.5 - Flotação

A alimentação do circuito de flotação ("under" dos hidrociclones) segue para dois condicionadores, onde são adicionados os seguintes reagentes: "tall-oil" (coletor), "emigol" (coletor auxiliar), silicato de



sódio (depressor) e carbonato de sódio (regulador de pH).

A polpa proveniente dos condicionadores, com pH em torno de 9,5 alimenta o circuito de flotação, constituído de doze células (marca DENVER nº 24), assim distribuídas: quatro células no "rougher", duas células no "scavenger" e 3 baterias, de duas células cada, operando em série no "cleaner". O rejeito da flotação junta-se ao rejeito da deslamagem em uma caixa de onde são descartados, enquanto o concentrado é bombeado para o espessador.

#### b.6 - Desaguamento

O concentrado flotado, antes de ser ensacado e enviado para o mercado consumidor, passa pelas seguintes operações de desaguamento: espessamento, filtração e secagem. O material espessado (espessador de 20' de diâmetro), é bombeado para um filtro de disco, que reduz a umidade do concentrado para 8,5%. Este concentrado, conduzido por correia transportadora, tem duas opções: ou vai diretamente para secagem em forno rotativo ou é estocado em um pátio, aguardando futura secagem. Após a secagem, o material passa consecutivamente por dois coletores centrífugos, tipo ciclone, para a separação do vapor d'água da fluorita. Finalmente, a fluorita tipo ácido é embalada em sacos de 50 kg.

### 2.2.3 - Balanço Metalúrgico

A Tabela IV fornece os teores de  $\text{CaF}_2$  das amostras coletadas na Mineração Santa Catarina, no período de 22 a 26 de abril de 1976.

Tabela IV - Teor de  $\text{CaF}_2$  das amostras provenientes da usina de beneficiamento de fluorita da Mineração Santa Catarina.

PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS	TEOR DE $\text{CaF}_2$ (%)
Alimentação da usina (ROM)	64,3
Retido na peneira vibratória	63,2
Passante na peneira vibratória	69,3
Passante no tromel	71,8
Retido no tromel	55,4
"over" do Akins do tromel	59,8
"under" do Akins do tromel	72,9
Concentrado do meio denso	78,9
Rejeito do meio denso	15,6
Alimentação do moinho	58,9
"over" dos ciclones	53,5
"under" dos ciclones	59,7
Rejeito da flotação	10,3
Concentrado da flotação	97,6

Com base nas análises químicas das amostras (Tabela IV) e nas medidas de vazão, foi calculado o balanço metalúrgico da usina e de algumas operações unitárias, julgadas necessárias.

a - BALANÇO METALÚRGICO DA USINA

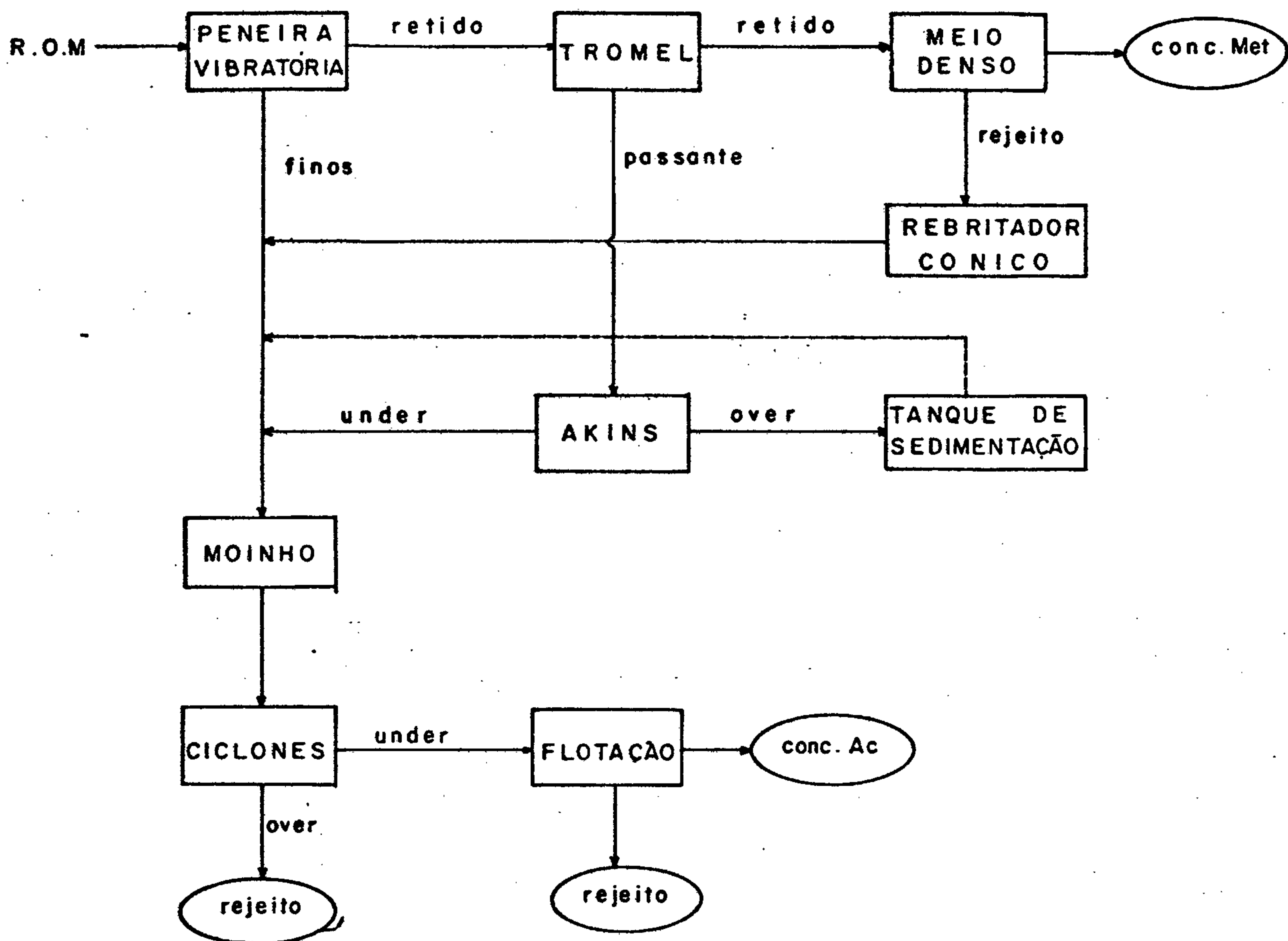


Fig - 2 : Fluxograma simplificado da usina de beneficiamento da mineração Santo Catarina.

Tabela VII : Cálculo da distribuição de CaF<sub>2</sub> na usina.

	Vazão (t/h)	% Peso	Teor CaF <sub>2</sub> (%)	Distribuição CaF <sub>2</sub> (%)
Alimentação	6,33		64,3	
Conc. Tipo Metalúrgico	1,71	27,01	78,9	33,1
Over dos ciclones	0,59	9,32	53,5	7,8
Conc. Tipo Ácido	2,28	36,02	97,6	54,7
Rejeito da flotação	1,75	27,65	10,3	4,4

Recuperação - 87,8% do CaF<sub>2</sub>

b - BALANÇO METALÚRGICO DA DESLAMAGEM - FLOTAÇÃO

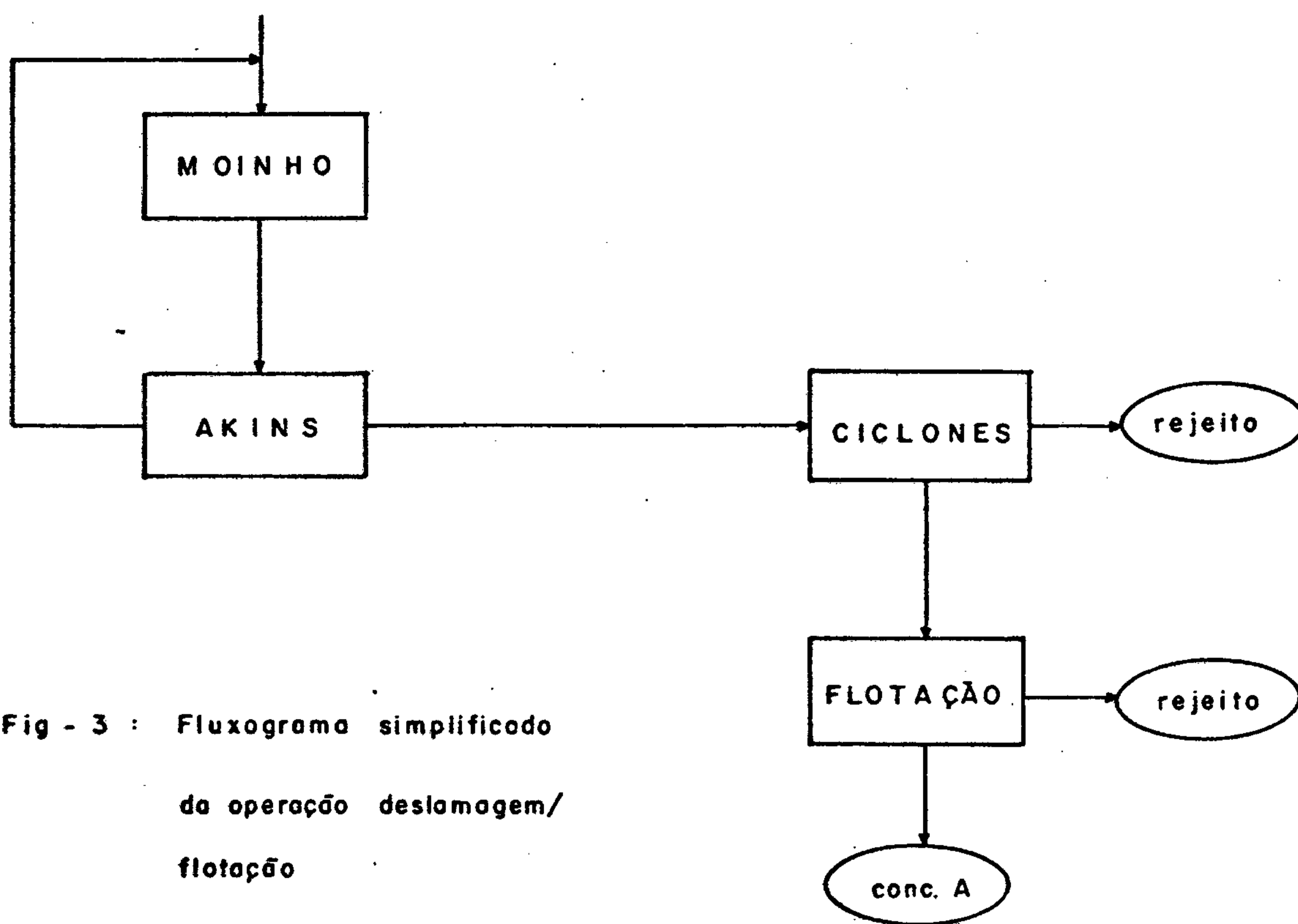


Fig - 3 : Fluxograma simplificado da operação deslamagem/flotação

Tabela VIII - Cálculo da distribuição de CaF<sub>2</sub> na deslamagem / flotação .

	% Peso	Teor CaF <sub>2</sub> (%)	Distribuição CaF <sub>2</sub> (%)
Over do Akins		58,9	
Rejeito dos Ciclones	12,78	53,9	11,7
Rejeito da Flotação	37,87	10,3	6,6
Concentrado Tipo Ácido	49,35	97,6	81,8

Razão de concentração - 1,66

Rendimento em massa - 49,35 %

Recuperação - 81,8 % do CaF<sub>2</sub>

c - BALANÇO METALÚRGICO DA FLOTACÃO

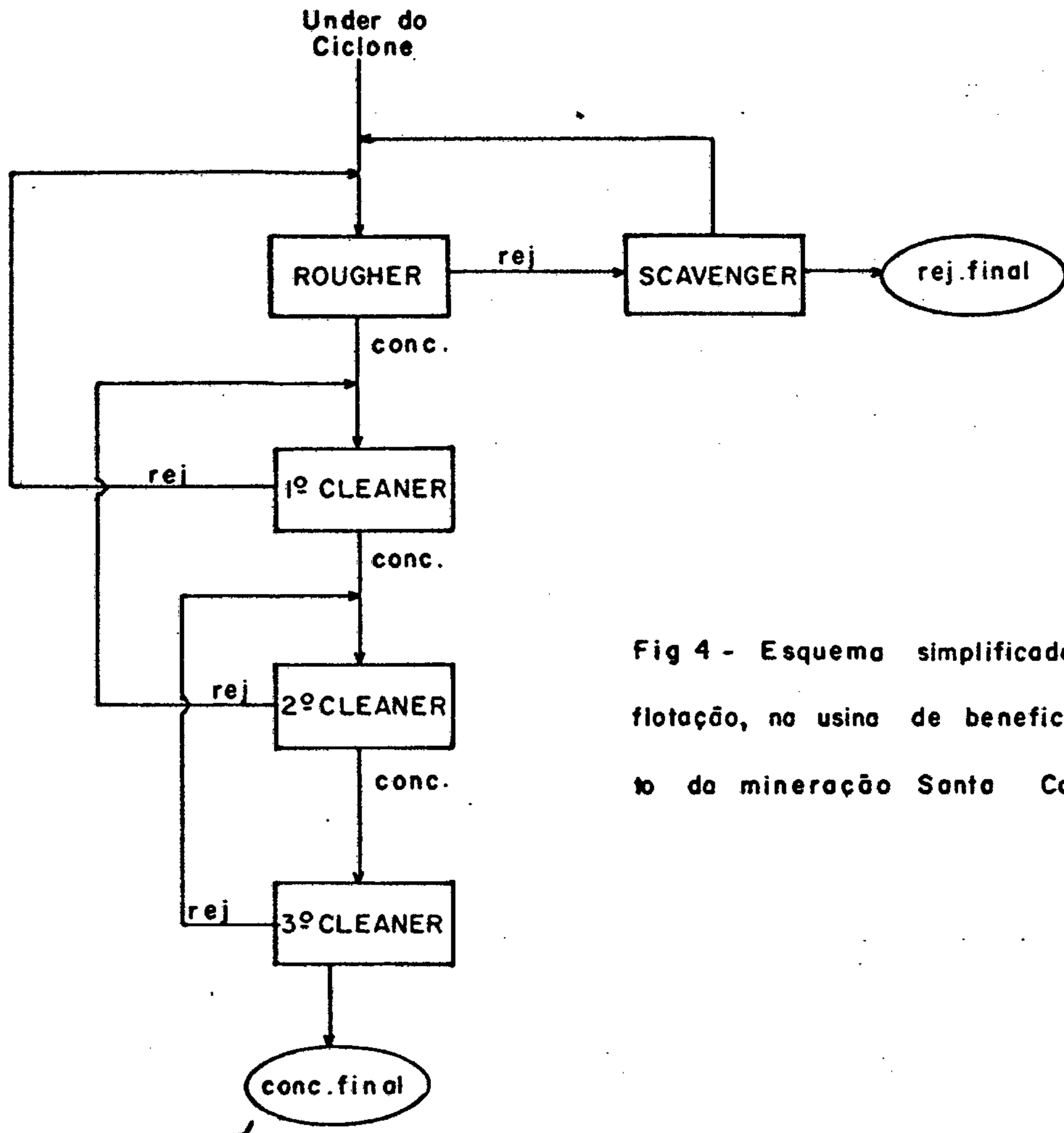


Fig 4 - Esquema simplificado da flotação, na usina de beneficiamento da mineração Santa Catarina.

Tabela IX - Cálculo da distribuição de  $\text{CaF}_2$  na flotação.

	% Peso	Teor $\text{CaF}_2$ (%)	Distribuição $\text{CaF}_2$ (%)
Under dos Ciclones		59,7	
Concentrado tipo Ácido	56,58	97,6	92,5
Rejeito	43,42	10,3	7,5

Razão de concentração - 1,63

Rendimento de massa - 56,58 %

Recuperação - 92,5 %

d - BALANÇO METALÚRGICO DO MEIO DENSO

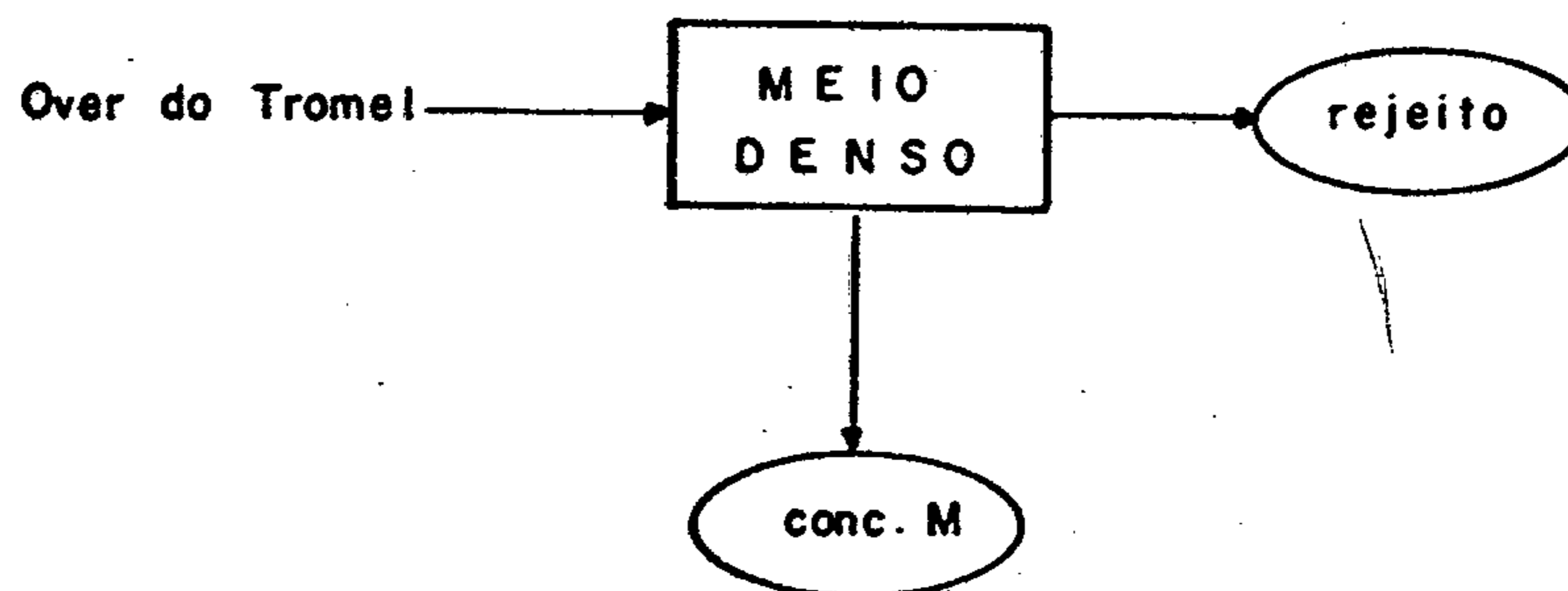


Fig 5 : Esquema simplificado da operação de separação em meio denso.

Tabela X : Cálculo da distribuição do  $\text{CaF}_2$  na operação de separação em meio denso

	% Peso	Teor $\text{CaF}_2$ (%)	Distribuição $\text{CaF}_2$ (%)
Over do Tromel		55,4	
Conc. tipo Metalúrgico	62,88	78,9	89,5
Rejeito	37,12	15,6	10,5

Razão de concentração - 1,42

Rendimento em massa - 62,88 %

Recuperação - 89,5 %

2.2.4 - Características dos Concentrados

As tabelas XI e XII apresentam os resultados de análise química e granulometria do concentrado de fluorita tipo ácido.

Tabela XI - Análise química do concentrado tipo ácido proveniente da Mineração Santa Catarina.

COMPOSTO	TEOR %
CaF <sub>2</sub> .....	97,6
SiO <sub>2</sub> .....	1,0
CaCO <sub>3</sub> .....	0,6
Outros .....	0,8

Tabela XII - Análise granulométrica do concentrado tipo ácido do proveniente da Mineração Santa Catarina.

Mesh (Tyler)	% em Peso Retido	% em Peso Acumulado
65	1,35	1,35
100	7,15	8,50
150	9,71	18,21
200	14,06	32,27
270	9,13	41,40
325	8,03	49,43
400	11,77	61,20
- 400	38,80	100,00

Pela tabela XII observa-se que 91,5% do concentrado está abaixo de 100 mesh, e portanto muito próximo das especificações granulométricas para fluorita tipo ácido (100% abaixo de 100 mesh).

O concentrado do tipo metalúrgico a apresentou um teor de  $\text{CaF}_2$  de 78,9% e  $\text{SiO}_2$  de 17,7%. Verifica-se, portanto, que o teor de  $\text{SiO}_2$  está bem acima das especificações internacionais (5% de  $\text{SiO}_2$ ).

A granulometria do concentrado tipo metalúrgico varia de 5/8" a 2 1/2".





## 2.2.5 - Estudo de Laboratório

### a - Flotação de Ultrafinos de Fluorita

Como a maior perda de  $\text{CaF}_2$  na usina de beneficiamento da Mineração Santa Catarina se verifica na operação de deslamagem (7,8% do  $\text{CaF}_2$ ), foi programada uma série de ensaios de flotação, visando à recuperação dos ultrafinos.

LAY e GORDON<sup>7</sup> obtiveram boa recuperação de ultrafinos de fluorita contendo pouca ou nenhuma argila ou  $\text{CaCO}_3$ .

Pela análise granulométrica do "overflow" dos hidrociclones secundários, constatamos que 96,25% do material está abaixo de 400 mesh.

Os experimentos foram realizados em célula de flotação FARGER GREEN com capacidade para 2,5 litros de polpa. As condições dos ensaios podem ser vistos na Tabela XIV e os resultados obtidos na Tabela XV.

Tabela XIV - Condições do experimento de flotação de ultrafinos de fluorita.

Coletor .....	Tall Oil (400 g/t)
Depressor .....	Silicato de sódio (400 g/t)
Espumante .....	Óleo de pinho (25 g/t)
Modificador de pH .....	Carbonato de sódio
pH .....	8,6
Polpa .....	20% de sólidos
Tempo de condicionamento .....	6 minutos
Tempo de Flotação ("rougher") .....	4 minutos
Tempo de reflotação ("cleaner") .....	2,5 minutos
Granulometria .....	(400 mesh x 6 $\mu$ )
Quantidade de Material .....	446 g.

Tabela XV - Resultados da flotação de ultrafinos

	PESO (%)	TEOR DE (CaF <sub>2</sub> ) (%)	TEOR DE SiO <sub>2</sub> (%)	DISTRIBUIÇÃO DE CaF <sub>2</sub> (%)
Alimentação	100	54,2	34,8	-
Concentrado	39,4	92,3	2,8	67,2
Misto	16,4	36,9	47,8	11,1
Réjeito	44,2	26,6	60,3	21,7

Pelos resultados acima acredita-se que mais de 60% do  $\text{CaF}_2$  contido nos ultrafinos, poderiam ser recuperados por flotação. É importante observar-se que os teores de  $\text{CaF}_2$  (92,3%) e  $\text{SiO}_2$  (2,8%) do concentrado, foram obtidos com apenas um estágio de "cleaner". Acredita-se que num segundo estágio de "cleaner", o concentrado atingiria as especificações da fluorita tipo ácido.

b. Cálculo da Carga Circulante

A perda de  $\text{CaF}_2$  na deslamagem poderia também ser minimizada evitando a sobre-moagem.

Através da análise granulométrica (Tabela XVI), foi calculada a razão da carga circulante (26%). Este valor, aparentemente é baixo; haja visto que a literatura indica valores bem superiores, como mais usuais.

Tabela XVI - Análise granulométrica do circuito de moagem da Mineração Santa Catarina.

MESH	DESCARGA DO MOINHO		"OVER" DO AKINS		"UNDER" DO AKINS	
	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.	% RET.	% ACUM.
65	15,89	15,89	2,56	2,56	60,83	60,83
100	11,78	27,67	8,90	11,46	21,26	82,09
150	8,96	36,63	10,85	22,31	6,84	88,93
200	8,32	44,95	12,30	34,61	4,10	93,03
325	11,95	56,90	14,48	49,09	4,18	97,21
- 325	43,1	-	50,91	-	2,79	-

## c. Teste de Flotação

Foram realizados alguns ensaios de flotação em célula DENVER de laboratório (capacidade de 500 g), usando material na faixa granulométrica de 100 a 400 mesh. Os resultados obtidos (Tabela XVIII), demonstram não existir maiores dificuldades para se chegar ao grau ácido, sendo portanto a natureza do minério bastante favorável ao processo de flotação.

Tabela XVII - Condições da flotação utilizando-se ácido oleico.

Coletor .....	ácido oleico
Depressor .....	silicato de sódio
Espumante .....	óleo de pinho
pH .....	8,0
Tempo de condicionamento .....	8,0 minutos
Tempo de flotação ("rougher") .....	4,5 minutos
Tempo de reflotação ("cleaner") .....	4,0 minutos
Quantidade de material .....	545 g

Tabela XVIII - Resultados da flotação utilizando-se ácido oleico

	PESO (%)	TEOR DE CaF <sub>2</sub> (%)	TEOR DE SiO <sub>2</sub> (%)	DISTRIBUIÇÃO DE CaF <sub>2</sub> (%)
Alimentação	100,0	61,1	34,0	100,0
Concentrado	61,1	96,8	0,8	96,7
Misto	5,9	27,7	61,0	2,7
Rejeito	33,0	1,2	90,6	0,6

d. Separação em líquido-denso

Os testes de laboratório realizados em líquido-denso (bromofórmio-densidade 2,8), revelaram que a especificação para emprego metalúrgico, só foi satisfeita em relação ao conteúdo em SiO<sub>2</sub> do concentrado, para as frações abaixo de 10 mesh; o que significa, não ser possível obter-se concentrados tipo metalúrgico que atendam simultaneamente as exigências relativas à granulometria e teor de SiO<sub>2</sub> em meio de densidade igual ou inferior a do líquido experimentado.

A tabela abaixo, mostra os resultados obtidos em teste de separação em líquido-denso.

Tabela XIX - Ensaio de separação em líquido-denso com bromo f6rmio.

MESH (Tyler)	AFUNDADO		FLUTUADO	
	TEOR DE CaF <sub>2</sub> (%)	TEOR DE SiO <sub>2</sub> (%)	TEOR DE CaF <sub>2</sub> (%)	TEOR DE SiO <sub>2</sub> (%)
+ 2 1/2	81,3	14,1	13,5	74,8
2 1/2 x 4	86,6	9,8	9,5	78,8
4 x 6	89,7	6,9	6,9	81,7
6 x 10	90,5	5,4	6,7	81,9
10 x 14	93,3	3,3	4,9	84,2

### 2.2.6 - Considerações Gerais e Conclusões

Através do balanço metalúrgico da usina da Mineração Santa Catarina, constatamos que a mesma apresenta uma boa recuperação (87,8). Os estudos de laboratório realizados mostraram que essa recuperação poderia ser melhorada, se fosse minimizada a perda na deslamagem.

A separação em meio denso apresentou uma alta recuperação (89,5%), mas por outro lado o concentrado obtido não atende às especificações requeridas. Baseado em resultados de laboratório, observou-se que para densidade igual ou inferior a 2,8 o minério na granulometria exigida não consegue efetivamente atender às especificações, mormente para o teor de  $\text{SiO}_2$ .

A recuperação do circuito de flotação (81,8%) poderia ser ainda melhor, tendo em vista que a natureza do minério é bastante favorável ao processo de flotação, como ficou evidenciado na série de testes realizados em laboratório.

Objetivando uma maior recuperação da usina, sugere-se então:

- redução da sobre모agem, ou
- recuperação dos ultrafinos de fluorita por flotação.

Para obter-se um concentrado tipo metalúrgico, dentro das especificações exigidas, poderia ser estudada a possibilidade de aumentar a densidade do meio denso. É bem verdade que assim procedendo, a recuperação do processo diminuiria, entretanto, a recuperação total da usina não seria praticamente afetada, visto que, o rejeito do meio denso é recuperado por flotação.



**MINERAÇÃO FLUORITA S.A**

**MINERFLUOR**

## 2.3 - Mineração Fluorita S.A. - MINERFLUOR

### 2.3.1 - Caracterização do Minério

#### a - Análise Modal e Composição Química do Minério

As tabelas XX e XXI apresentam, respectivamente a composição química e mineralógica do minério.

Tabela XX - Análise modal do minério de fluorita deslamado, proveniente da Mineração Fluorita S.A.

MINERAL	COMPOSIÇÃO %
Fluorita .....	60
Feldspato .....	13
Calcedônia .....	15
Quartzo .....	9
Opacos .....	3

Tabela XXI - Composição química da alimentação da usina de beneficiamento da Mineração Fluorita S.A.

COMPOSTO	TEOR (%)
CaF <sub>2</sub> .....	54,6
SiO <sub>2</sub> .....	32,8
CaCO <sub>3</sub> .....	1,0
BaSO <sub>4</sub> .....	1,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,1
FeS .....	1,2
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> .....	inf. à 0,02
Outros* .....	5,1

\* Outros (K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, etc.).

A tabela XXII apresenta os resultados obtidos pela análise espectrográfica para 30 (trinta) elementos.

Tabela XXII - Análise espectrográfica de uma amostra representativa da alimentação da usina de beneficiamento da Mineração Fluorita S.A.

ELEMENTO	TEOR (%)
Ca .....	acima de 20%
Fe .....	1,5%
Ba .....	0,5%
Mg .....	0,2%
Ti .....	0,1%
Sr .....	500 ppm
Mn .....	200 ppm
Pb .....	100 ppm
Y .....	150 ppm
La .....	70 ppm
Zr .....	50 ppm

- Observações:
1. Elementos com teor abaixo de 10 ppm: Cu, Be, B, Sc e V.
  2. Elementos não detectados: Ag, As, Au, Cd, Bi, Co, Ni, Sb, Sn, W, Zn, Cr, Mo e Nb.

### 2.3.2 - Descrição do Processo e Fluxograma de Beneficiamento

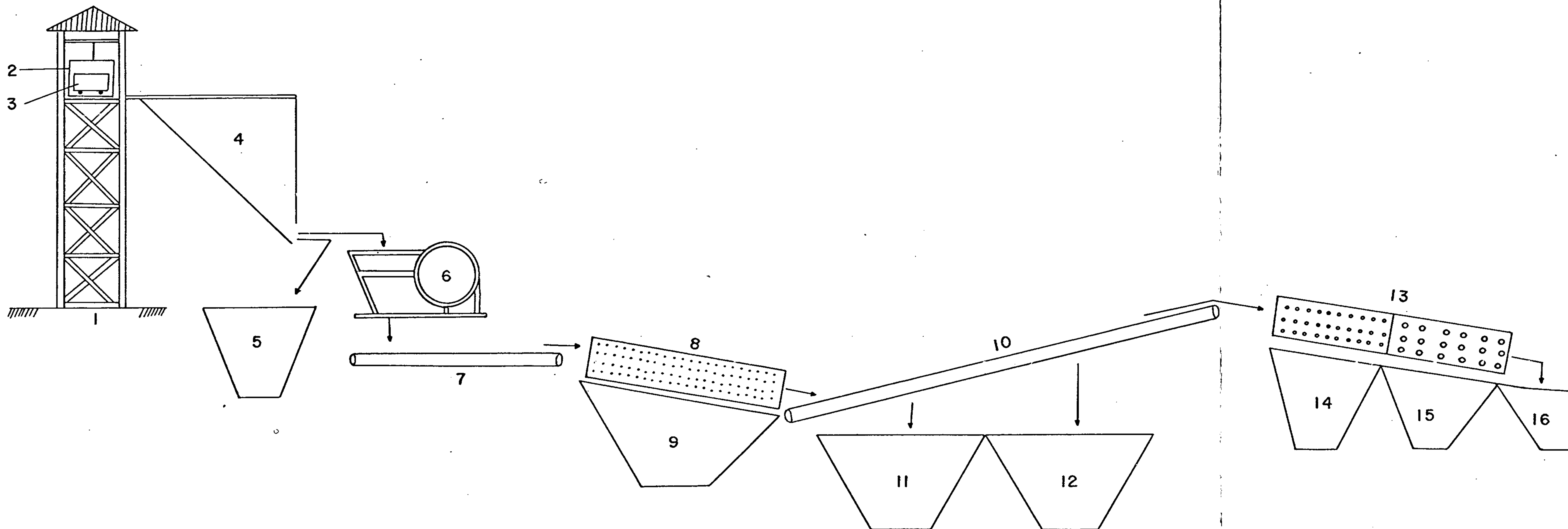
A usina de beneficiamento dessa mineração produz cerca de 15 t/dia de concentrado de fluorita tipo metalúrgico ao tratar 40 t/dia de "run of mine". O processo utilizado é bastante rudimentar e consta das seguintes etapas: britagem, classificação em tromel e escolha manual (ver fluxograma na fig.6).

#### a. Britagem

O "run of mine", após transporte vertical, é depositado em um silo com capacidade de 5 toneladas. Antes da britagem, o minério é submetido a uma escolha manual preliminar, onde são retirados os matacões de estéril e quebrado aqueles de tamanho superior à boca do britador. A britagem é realizada em um britador de mandíbulas, com abertura de descarga de 80 mm, o qual é alimentado manualmente.

#### b. Classificação e Escolha Manual


O material proveniente da britagem é



LEGENDA:

- 1- Poço
- 2- Gaiola
- 3- Vagoneta
- 4- Silo do "RUN OF MINE"
- 5- Silo de matoções de estéril
- 6- Britador de mandíbulas
- 7- Correia Transportadora 1
- 8- Tromel lavador
- 9- Silo de finos
- 10- Correia Transportadora 2
- 11- Silo de estéril
- 12- Silo de estéril
- 13- Tromel
- 14- Silo de fluorita 1"
- 15- Silo de fluorita 2"
- 16- Silo de fluorita <2"

PROJETO ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS  
FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

 CONVÊNIO DNPM / CPRM

MINERAÇÃO FLUORITA S.A  
MINERFLUOR

EXECUÇÃO: DEPEM / DITEMI FIG: 6

conduzido por correia transportadora a um tromel lavador. Os finos passantes no tromel, são recolhidos em um silo , sendo posteriormente destinados à Flotação de Minérios Sul Catarinense, empresa ligada à MINERFLUOR.

A fração grosseira, retida no tromel, é recolhida em correia transportadora com cerca de 10 metros de comprimento, de onde é feita a escolha manual.

O material descartado por catação manual da correia transportadora é, posteriormente, colocado em um pátio de estocagem. A fim de atender ao mercado consumidor, o material beneficiado (fluorita tipo metalúrgico) é classificado num segundo tromel, em três frações granulométricas, e estocado em silos para expedição.

### 2.3.3 - Balanço Metalúrgico

A tabela XXIII fornece os teores de  $\text{CaF}_2$  e  $\text{SiO}_2$  das amostras coletadas na Mineração Fluorita, no período de 22 a 23 de abril de 1976.

Tabela XXIII - Teor de  $\text{CaF}_2$  e  $\text{SiO}_2$  das amostras provenientes da usina de beneficiamento da Mineração Fluorita S.A.

AMOSTRA	TEOR DE $\text{CaF}_2$ (%)	TEOR DE $\text{SiO}_2$ (%)
Alimentação	54,4	33,8
Retido do tromel	46,7	42,6
Passante do tromel	65,3	25,4
Rejeito da esc.manual	17,1	61,9
Concentrado metalúrgico	79,3	16,8

Baseado nas análises químicas das amostras (Tabela XXIII), foi calculado o balanço metalúrgico da usina da Mineração Fluorita.

É importante esclarecer que no decorrer da amostragem não foram feitas as tomadas de vazão, devido às constantes paralisações da usina. Os valores apresentados estão sob a forma de porcentagem e foram calculados a partir dos teores de  $\text{CaF}_2$  nas amostras coletadas.



## BALANÇO METALÚRGICO DA USINA

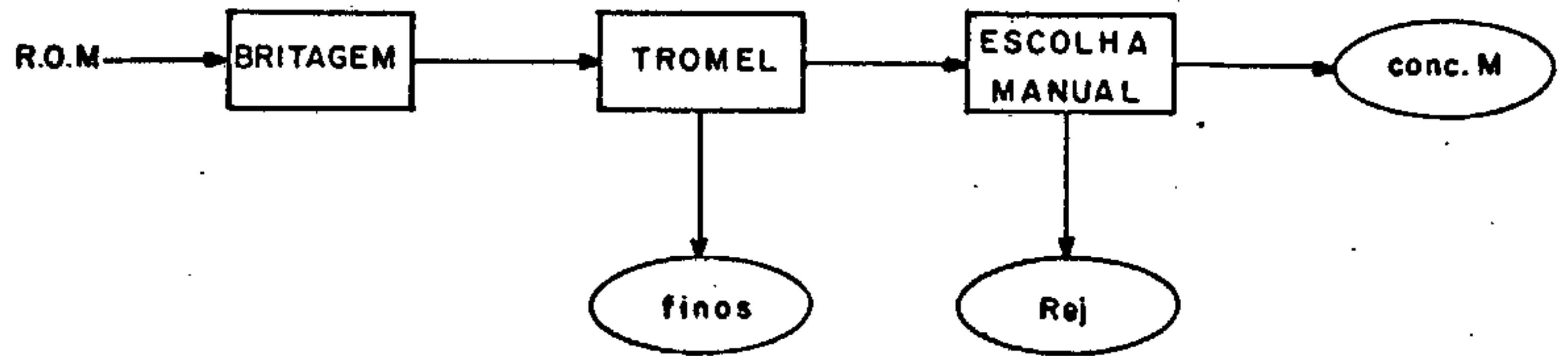


Fig- 7 : Fluxograma simplificado da usina de beneficiamento da Mineração Fluorita

Tabela XXIV - Cálculo da distribuição de  $\text{CaF}_2$

	% Peso Calculada	Teor de $\text{CaF}_2$ (%)	Distribuição $\text{CaF}_2$ (%)
Alimentação		54,4	
Finos do Tromel	41,4	65,3	49,7
Conc. Metalúrgico	27,9	79,3	40,7
Rejeito da Escolha	30,7	17,1	9,6

Recuperação : 40,7 % do  $\text{CaF}_2$

Tabela XXV - Cálculo da distribuição , sem levar em consideração os finos

	% Peso Calculada	Teor de $\text{CaF}_2$ (%)	Distribuição $\text{CaF}_2$ (%)
Retido do Tromel		46,7	
Conc. Metalúrgico	47,6	79,3	80,8
Rejeito da Escolha	52,4	17,1	19,2

Recuperação : 80,8 % do  $\text{CaF}_2$

#### 2.3.4 - Considerações Gerais e Conclusões

A recuperação da "usina de beneficia -  
mento" da MINERFLUOR, sem levar em consideração os finos do  
tromel, ou seja, a recuperação obtida pela catação manual  
(80,8%) pode ser considerada razoável, sendo no entanto es-  
se valor extremamente variável, tendo em vista a total de -  
pendência do fator humano. Apesar dessa recuperação não es-  
tar muito abaixo daquelas obtidas por métodos mecânicos  
(meio denso), não significa que a catação manual seja indi-  
cada, nem mesmo sob o pretexto de aproveitar a mão de obra  
disponível, em benefício da comunidade local.

A usina apresenta paralisações constan-  
tes devido ao entupimento do britador e ao estado de conser-  
vação das correias transportadoras e roletes, já demasiada-  
mente gastos.

A inexistência de grade protetora jun-  
to ao virador de vagonetas, faz com que a quebra dos blo -  
cos maiores que a boca do britador seja feita com marreta no  
próprio britador.

Para eliminar a fração de granulome -  
tria inferior a descarga de britagem e mecanizar o circuito  
de britagem, é necessário a colocação de um alimentador vi-  
bratório.

O rejeito da escolha manual é descartado do circuito de beneficiamento, sendo estocado. Este rejeito deveria ser rebritado e homogeneizado com os finos para ser recuperado por flotação, como o faz a Mineração Santa Catarina.

Objetivando melhorar a eficiência da usina, sugere-se então:

- a. Introdução de um circuito de separação em meio denso;
- b. Colocação de uma grade protetora junto ao virador de vagonetas;
- c. Introdução no circuito de britagem de um alimentador vibratório;
- d. Recuperação através de flotação do rejeito da escolha manual.

**FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS  
SUL CATARINENSE LTDA**

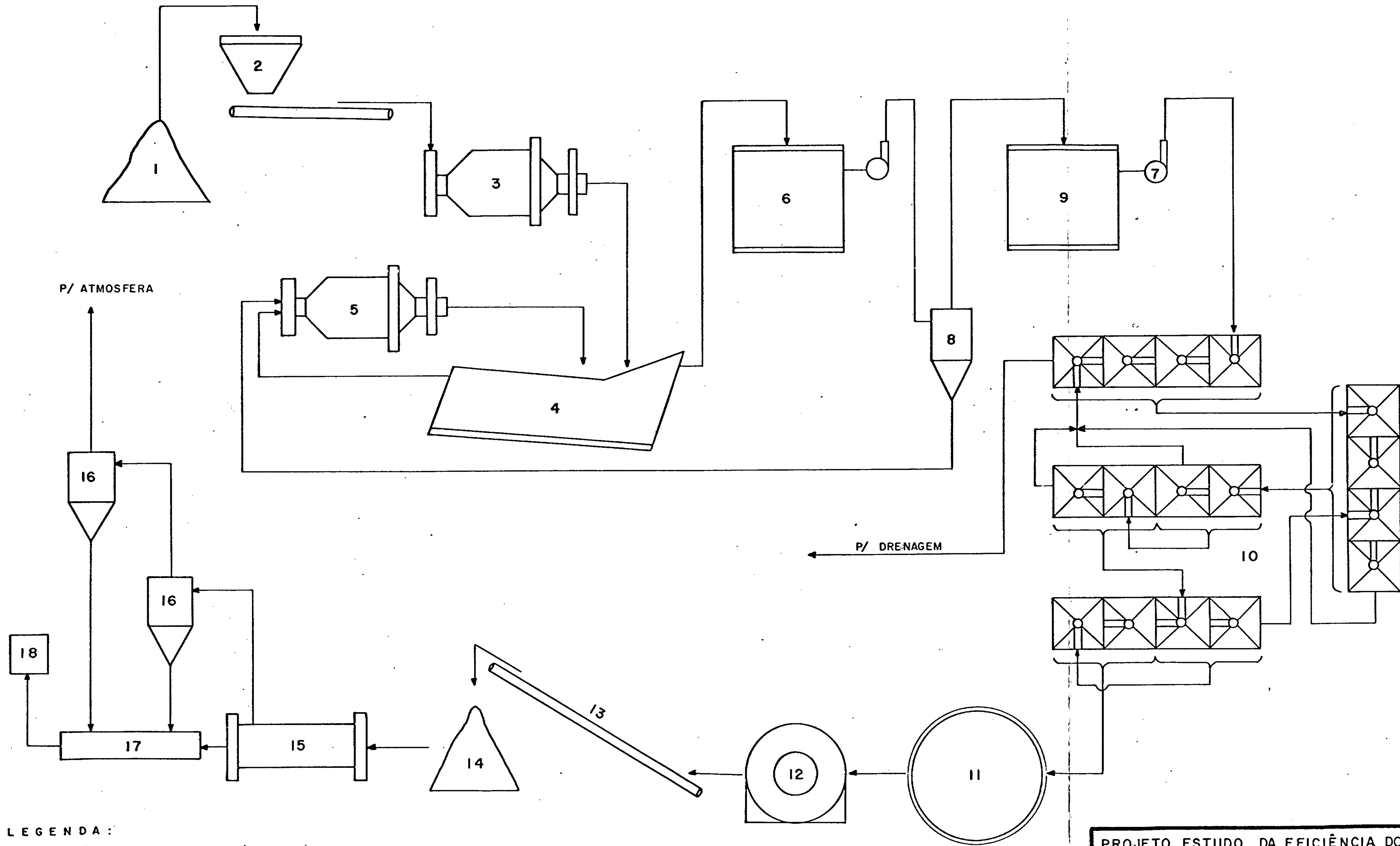
## 2.4 - Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda.

### 2.4.1 - Descrição do Processo e Fluxogramas de Beneficiamento

O processo de beneficiamento utilizado na usina da Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda., visa à produção de fluorita tipo ácido. O minério beneficiado nessa usina constitui-se dos finos provenientes da MINERFLUOR, após transporte por caminhões num percurso de 1,8 km. Basicamente, as operações do beneficiamento podem ser subdivididas em: moagem, ciclonagem, flotação e desaguamento ( ver fluxograma na fig. 8).

#### a. Moagem e Classificação


O minério, através de um alimentador de correia, alimenta um moinho de bolas (4' x 6,5'), operando em circuito aberto com um classificador tipo AKINS. Este, opera em circuito fechado com um segundo moinho de bolas (3,3' x 5,5'), onde o "overflow" dirige-se para o primeiro tanque condicionador. Quando o "overflow" do classificador AKINS enche o primeiro tanque condicionador (capacidade de 500 kg) o material é bombeado, de maneira intermitente, para um hidrociclone. O "underflow" deste segue para o



**LEGENDA :**

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 - Alimentação da usina    | 10 - Célula de flotação       |
| 2 - Alimentador de correias | 11 - Espessador               |
| 3 - 1º Moinho               | 12 - Filtro a tambor          |
| 4 - Classificador Akins     | 13 - Correia Transportadora   |
| 5 - 2º Moinho               | 14 - Concentrado úmido        |
| 6 - 1º Condicionador        | 15 - Secador rotativo         |
| 7 - Bomba                   | 16 - Coletor centrífugo       |
| 8 - Hidrociclone            | 17 - Transportador helicoidal |
| 9 - 2º Condicionador        | 18 - Ensacadeira              |

PROJETO ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS  
FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

 CONVÊNIO DNPM / CPRM

**FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS  
SUL CATARINENSE LTDA**

EXECUÇÃO: DEPEM / DITEMI FIG: 8



segundo tanque condicionador e o "underflow" retorna ao segundo moinho de bolas. O tempo decorrido para a bomba esvaziar o primeiro condicionador é de aproximadamente 5 minutos e o período de tempo entre cada ciclonagem é de aproximadamente 45 minutos.

#### b. Flotação

Com aproximadamente a mesma vazão do "overflow" do classificador AKINS, uma bomba de diafragma transfere a polpa do segundo condicionador para o circuito de flotação.

O circuito de flotação é constituído por 16 células, subdivididas em 4 baterias de 4 células cada. Nas 4 células da primeira bateria ("células rougher"), alimentadas pelo segundo condicionador e pelo retorno dos rejeitos das células do 1º, 2º e 3º "Cleaner", existe a produção de um concentrado primário e de um rejeito que é descartado do circuito. Esse concentrado primário passa por 5 etapas sucessivas de limpeza, executadas pelas 12 células restantes (células "cleaner"). Deste modo, obtém-se um concentrado final que é a seguir desaguado.

Os reagentes utilizados nesta usina para a flotação da fluorita são: oleína, emigol, silicato de sódio e carbonato de sódio, usados, respectivamente, como:



coletor, ativador, depressor e regulador do pH. Estes reagentes são adicionados, manualmente, no 2º condicionador.

### c. Desaguamento

O desaguamento do concentrado flotado, compreende: espessamento, filtração e secagem.

O espessamento é realizado num tanque espessador com 5' de diâmetro. A polpa espessada é filtrada (de maneira intermitente) num filtro de tambor, reduzindo-se a unidade do concentrado para 11,1%. Em seguida, o filtrado é conduzido por um alimentador de parafuso para um forno rotativo que opera em circuito fechado com um classificador de pó. Após secagem, o material é transferido por elevadores de caneca até os silos de expedição.



## 2.4.2 - Balanço Metalúrgico

A tabela XXVI fornece os teores de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{CaCO}_3$ , das amostras coletadas na Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda, no período de 25 a 27 de maio de 1976.

Tabela XXVI - Composição química das amostras provenientes da usina de beneficiamento da Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda.

AMOSTRA	$\text{CaF}_2$ (%)	$\text{SiO}_2$ (%)	$\text{CaCO}_3$ (%)
Alimentação	62,6	28,0	0,5
Concentrado	97,8	1,0	0,4
Rejeito	20,1	63,1	0,6

Com base nas análises químicas e nas medidas de vazão, calculou-se o balanço metalúrgico da usina.

# BALANÇO METALÚRGICO DO PROCESSO DE FLOTAÇÃO

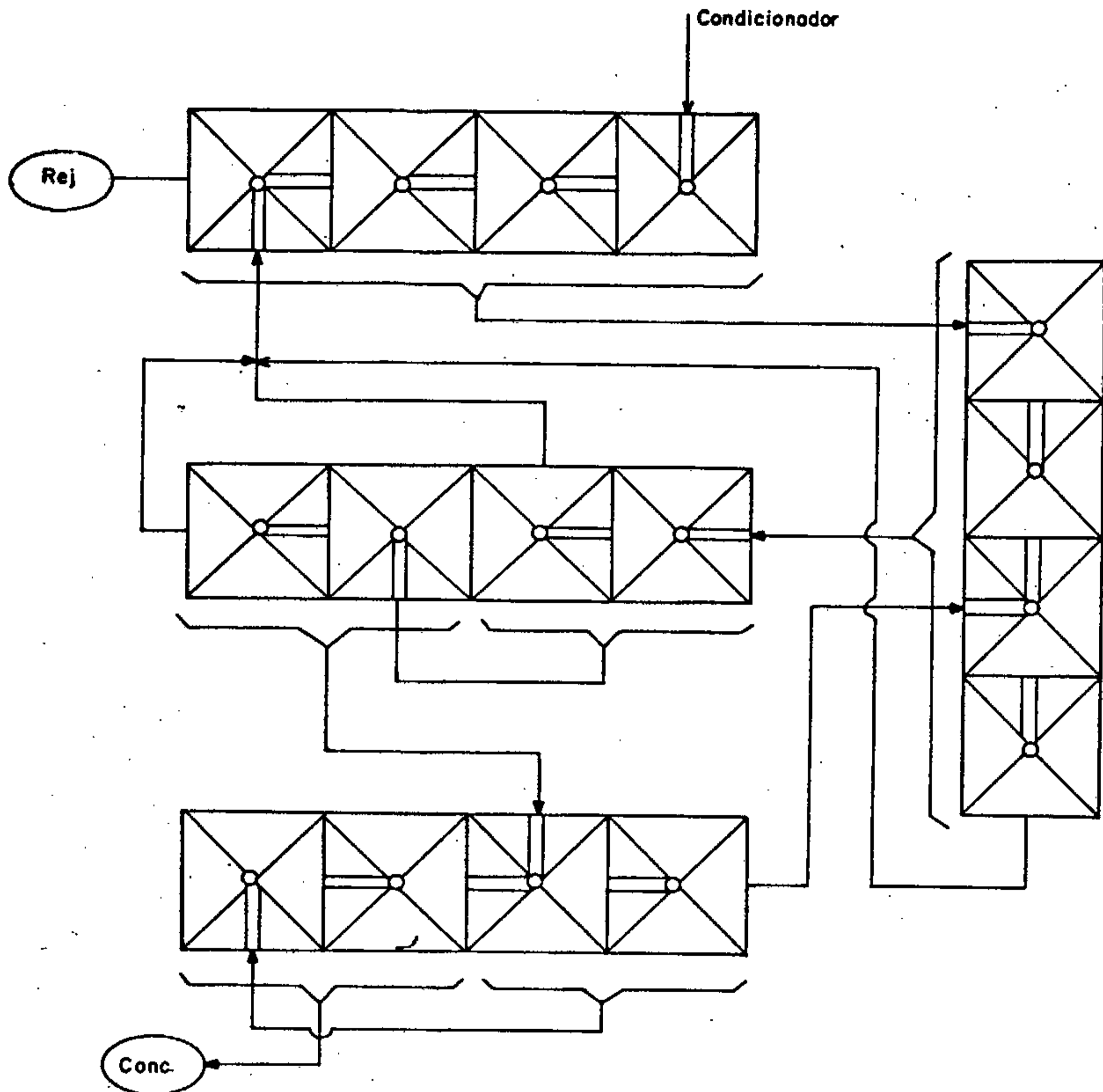


Fig - 9 : Esquema do processo de flotação da usina.

Tabela XXVI - Cálculo da distribuição de  $\text{CaF}_2$

	Vazão Kg/h	% Peso	Teor de $\text{CaF}_2$ (%)	Distribuição de $\text{CaF}_2$ (%)
Alimentação	625		62,6	
Concentrado	342	54,7	97,8	85,4
Rejeito	283	45,3	20,1	14,6

Razão de concentração - 1,56

Rendimento em massa - 54,7 %

Recuperação - 85,4 % do  $\text{CaF}_2$

### 2.4.3 - Cálculo da Carga Circulante e da Eficiência do Classificador Akins

Com base na análise granulométrica (Tabela XXVII) calculou-se a carga circulante e a eficiência do Classificador Akins.

Tabela XXVII - Análise granulométrica do circuito de moagem da Mineração Flotação de Minérios Sul Catarinense Ltda.

	DESCARGA DO 1º MOINHO	DESCARGA DO 2º MOINHO	OVERFLOW DO AKINS	UNDERFLOW DO AKINS
MESH	% ACUMULADA	% ACUMULADA	% ACUMULADA	% ACUMULADA
65	17,80	10,47	0,74	20,90
100	30,37	29,87	5,98	49,78
150	42,17	50,27	16,70	69,98
200	53,28	65,40	31,77	84,28
325	65,58	76,32	48,79	91,98

Carga circulante = 160%

Eficiência do classificador = 51,10%

Segundo a literatura, a eficiência do classificador AKINS está dentro da faixa usual. Quanto à carga circulante, este valor está um pouco menor que o encontrado na prática.

#### 2.4.4 - Considerações Gerais e Conclusões

Pelo balanço metalúrgico, constatou-se que a recuperação da usina pode ser considerada boa (85,4 % do  $\text{CaF}_2$ ), sendo, inclusive, maior que a recuperação obtida pelo circuito de flotação da Mineração Santa Catarina. Apesar dessa boa recuperação, existem falhas evidentes na operação da usina. Entre outras, observou-se que parte do circuito funciona de maneira intermitente, em consequência da improvisação de alguns equipamentos, por vezes superdimensionados, como é o caso do hidrociclone, do filtro de tambor e do forno de secagem.

## 2.5 - Considerações Finais Sobre a Fluorita

1. A briquetagem de fluorita se impõe a curto prazo, posto que com o decréscimo do teor de  $\text{CaF}_2$  do minério, diminuirá a produção do tipo metalúrgico. Além deste fato, os estoques não absorvidos pelo mercado de fluorita tipo ácido se apresentam com problema de comercialização e estocagem (Mineração Santa Catarina - 20.000 toneladas de concentrado tipo ácido estocado em abril de 1976), os quais poderiam ser briquetados e utilizados como tipo metalúrgico.

2. Considerando a Mineração Fluorita e a Flotação de Minérios Sul Catarinense, funcionando conjuntamente, ter-se-ia uma recuperação de 83,1% do  $\text{CaF}_2$  contido no minério lavrado pela MINERFLUOR.

3. A usina de beneficiamento da Mineração Nossa Senhora do Carmo que produz fluorita tipo metalúrgico e tipo ácido, não foi amostrado devido estar paralisada, por ocasião da visita (abril de 1976); tendo os responsáveis pela usina informado que o beneficiamento seria reiniciado somente em janeiro de 1977, quando da entrada em funcionamento de um novo circuito de britagem.

C R O M I T A

### III - CROMITA

#### 3.1 - Considerações Gerais

A cromita, única fonte comercial do elemento cromo, é um mineral do grupo dos espinélios. É frequente a substituição do elemento cromo por alumínio, íon férrico, etc, na rede cristalina do mineral. Em alguns ocorre também a presença de sílica e outros minerais sob a forma de inclusões. Em vista disso, não há um padrão de âmbito internacional para as especificações dos concentrados. Costuma-se, no entanto classificá-la de acordo com a sua aplicação, para os diferentes fins industriais, em três tipos:

a. Cromita de Grau Metalúrgico - Usada na fabricação de diversas ligas, principalmente ferro-cromo, que por sua vez, é indispensável na fabricação de aço inoxidável e de aços especiais. A cromita de grau metalúrgico deve apresentar um alto teor em  $Cr_2O_3$  (geralmente, acima de 48%), um máximo de 10% em  $SiO_2$ , uma relação Cr/Fe mínima de 3:1, devendo ainda ser um material de natureza resistente, e de granulometria grosseira.

b. Cromita de Grau Químico - Deve ser de natureza friável,

podendo o teor em  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  variar na faixa de 44 a 50%, sílica e óxido de cálcio são as impurezas mais prejudiciais, havendo uma tolerância para o conteúdo máximo, que pode variar de 2 a 8% em  $\text{SiO}_2$  e 0,5 à 1,5% em  $\text{CaO}$ . Cromita desse tipo encontra as mais diversas aplicações na indústria química: ácido crômico - utilizado na metalurgia para eletrodeposição de cromo metálico; cromato de sódio-atua como anticorrosivo em caldeiras, motores diesel, motores de automóvel, etc.; fosfato-crômico - usado em pinturas de proteção contra a corrosão; cromato e dicromatos - utilizados em madeiras, visando à sua conservação. Convém ainda salientar dentre várias outras aplicações dos compostos químicos de cromo, sua utilização na indústria têxtil, no curtimento de couro, e como pigmento.

c. Cromita Usada como Refratário - Pode apresentar um teor relativamente baixo em  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (30 a 35%), sendo, no entanto, exigido um teor mínimo em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na faixa de 25 a 30%. O minério deve possuir propriedades físicas que assegurem a obtenção de tijolos resistentes. A cromita sendo de natureza neutra, tem sido usada em revestimentos de fornos, para separação de refratários básicos (magnetita e dolomita) dos refratários ácidos (sílica e argila). Tijolos de cromo-magnésio ( $> 50\%$  Cr) e magnésio-cromo ( $< 50\%$  Cr) são utilizados para revestimento em fornos.

Há ainda que se considerar a nova área



de mercado conquistada, com "areia de cromita" para fundição, usada como material de moldagem, particularmente em processos de obtenção de aço de alta-liga, desenvolvidos a elevadas temperaturas.

Estima-se que 60% da produção mundial de cromita é consumida na metalurgia, 20% como refratário, 12% na indústria química e 8% como areia de fundição.

As principais reservas mundiais de cromita encontram-se em países, de relativa instabilidade política, tais como: África do Sul e Rodésia. Isto poderá acarretar uma escassez de suprimento de cromita, no mercado internacional, bem como extremas elevações de preços. Por essas razões, alguns países (Estados Unidos, Inglaterra, etc) têm dirigido suas pesquisas, no sentido de desenvolver processos para tornar o ferro e aço resistentes à corrosão, usando a mínima quantidade de cromo possível. Paralelamente, a mudança que vem sendo verificada na produção do aço inoxidável, com a crescente utilização do processo AOD (argon - oxygen decarburisation) e similares, tem favorecido o emprego na metalurgia, de minérios de mais baixa qualidade, aumentando, dessa forma, a disponibilidade de cromita para esse fim. Por outro lado, a substituição dos fornos Siemens-Martin por conversores a oxigênio, tem provocado um declínio no consumo da cromita tipo refratário. No entanto, espera-se que essa situação seja em parte compensada, com o crescente consumo de cromita, em fornos de

arco elétrico, e em fornos para fabricação de vidro.

Para o consumo de cromita na indústria química, não se prevê variações significativas. É esperado um desenvolvimento, cada vez maior, no setor de areia para fundição.

De modo geral, o consumo total de cromo deverá crescer numa média de 3% ao ano, até o final desse Século, quando já terá ultrapassado 3 milhões de toneladas de cromo metálico/ano<sup>(3)</sup>.

A África do Sul e a Rodésia, possuem aproximadamente 95% das reservas conhecidas no Mundo, seguindo-se a Finlândia, União Soviética, Índia e Brasil<sup>(3)</sup>. Este possui uma reserva medida da ordem de 10 milhões de toneladas<sup>(4)</sup>.

Atualmente, o maior produto de cromita é a União Soviética, seguida da África do Sul. Outros grandes produtores são as Filipinas, a Turquia e a Albânia (3 - 6).

A produção brasileira de cromita, em 1976, foi superior a 190 mil toneladas, tendo sido nesse ano exportado 14,5 mil toneladas entre "lump" e concentrado tipo metalúrgico, e importado pouco mais de 8 mil toneladas de cromita tipo refratário<sup>(4)</sup>.

O beneficiamento da cromita na Bahia é realizado por três minerações: Mineração Pedrinhas e Coitezeiro Mineração S.A. - COMISA-localizadas no município de Campo Formoso e Mineração Vale do Jacurici - Usina Medrado - localizada no distrito de Andorinhas, município de Senhor do Bonfim. Recentemente mais duas usinas de beneficiamento entraram em operação: a usina da Mineração Serra da Jacobina - SERJANA, localizada no município de Campo Formoso (set/76) e uma outra da Mineração Vale do Jacurici - Usina Laje Nova, localizada no município de Cansanção (maio/77).

**MINERAÇÃO PEDRINHAS**

### 3.2 - Mineração Pedrinhas

#### 3.2.1 - Caracterização do Minério

##### a - Análise Modal e Composição Química

As tabelas XXVIII e XXIX fornecem os resultados da análise modal e a composição química de uma amostra representativa da alimentação da usina de beneficiamento.

Tabela XXVIII - Análise modal da alimentação da Mineração Pedrinhas.

MINERAL	COMPOSIÇÃO %
Opacos* .....	46
Serpentina .....	30
Piroxênio .....	15
Clorita .....	6
Biotita .....	3

\* Opacos: cronita, magnetita e raros grãos de hematita.

Tabela XXIX - Composição Química da alimentação da usina de beneficiamento da Mineração Pedrinhas.

COMPOSTO	TEOR (%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	16,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	22,1
SiO <sub>2</sub> .....	27,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	6,9
MgO .....	14,9

Observação: Relação Cr/Fe no minério = 0,77.

Uma análise espectrográfica para 30 elementos de uma amostra da alimentação da usina de beneficiamento da Mineração Pedrinhas, não chamou atenção para a presença de elementos valiosos, a não ser cerca de 1500 ppm de Ni.

#### b - Estudo de Liberação

O grau de liberação da cromita, foi estudado mediante a contagem de pontos ao microscópio. A tabela XXIX-A apresenta os resultados obtidos e a figura 10 a curva de liberação.

Tabela XXIX - A : Grau de liberação da cromita da alimentação do jigue

M E S H	LIBERAÇÃO %
10 X 14	54
14 X 20	59
20 X 28	68
28 X 35	85
35 X 48	88
48 X 65	92

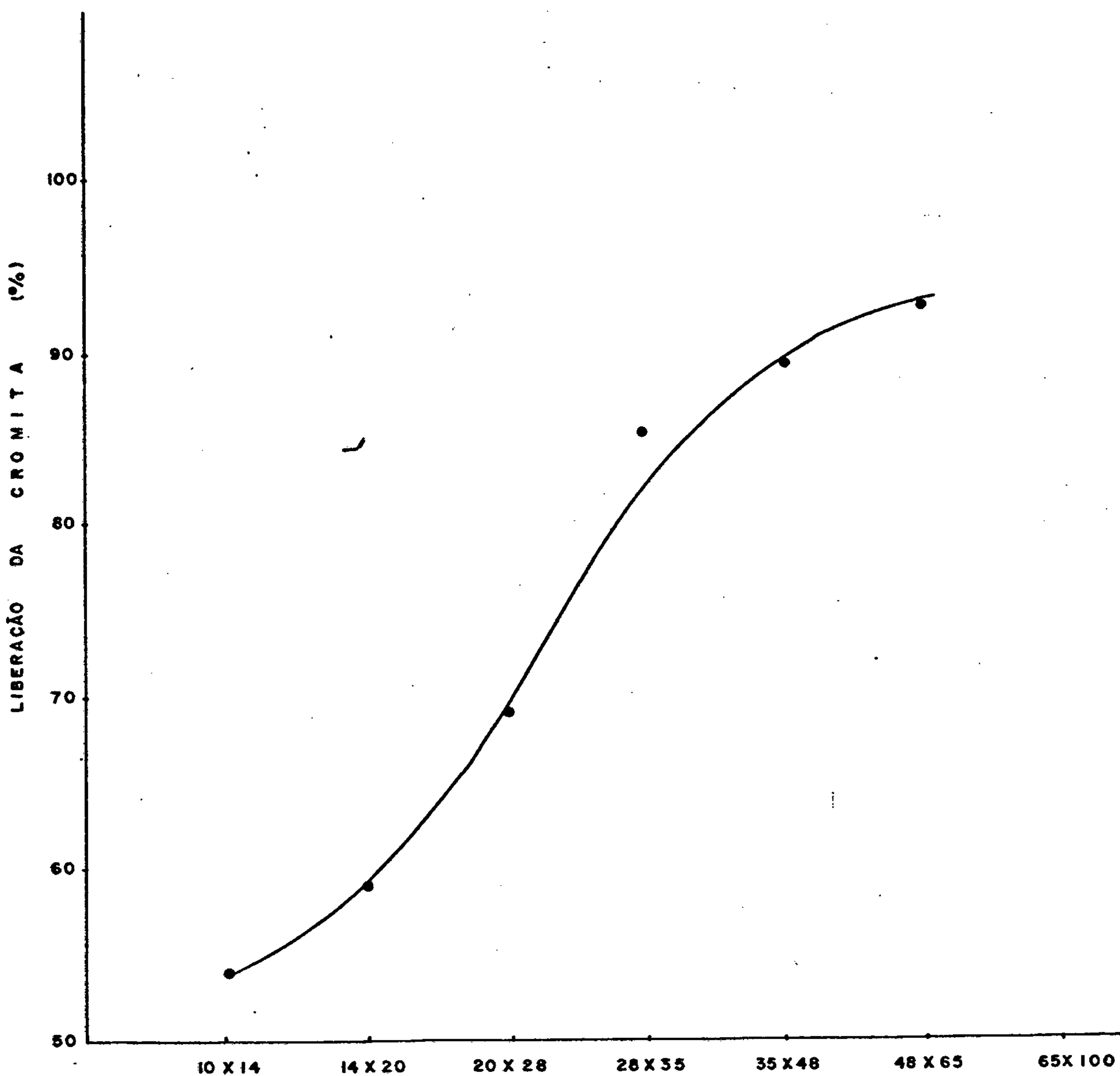
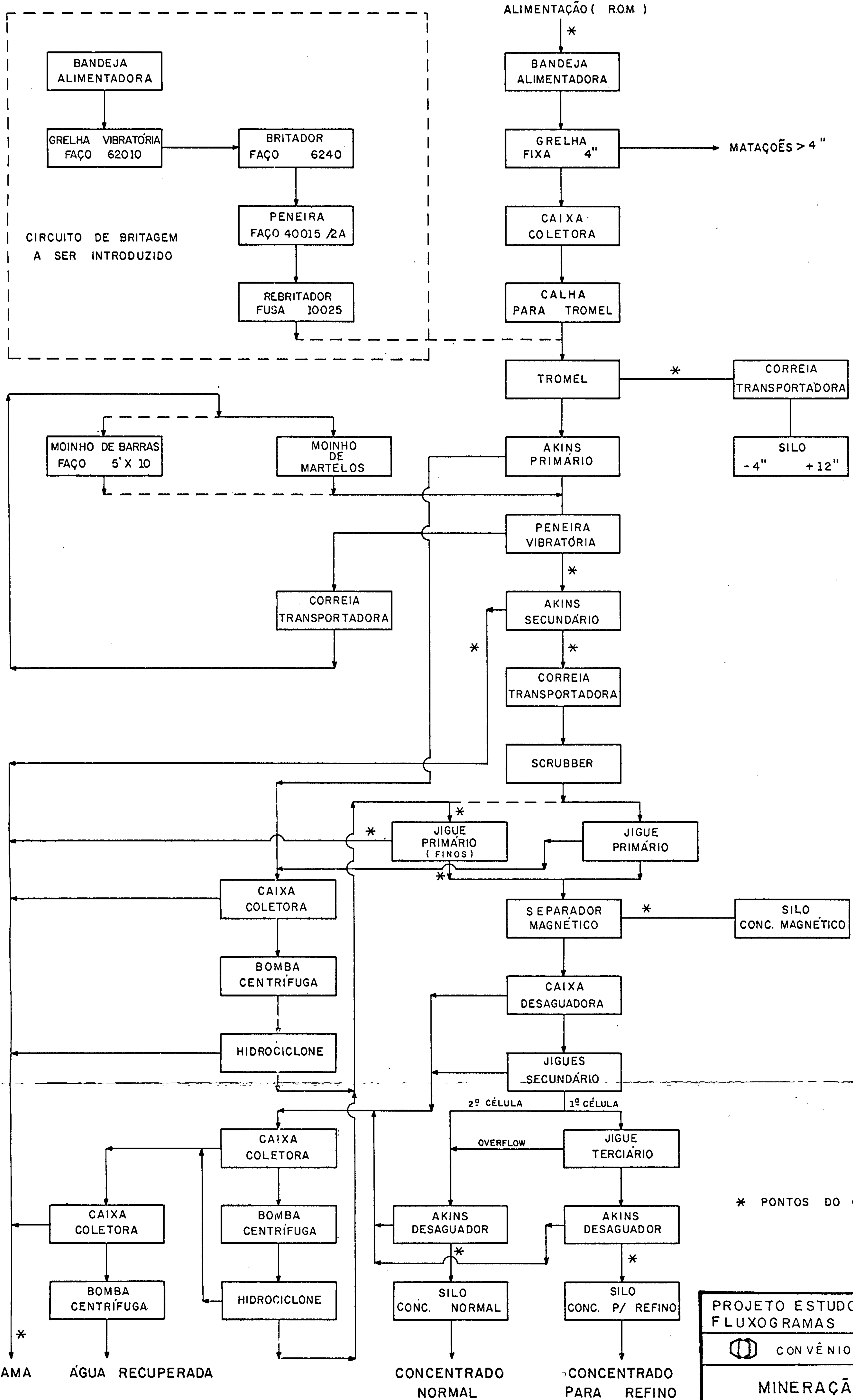


Figura 10 : Curva de liberação da cromita da alimentação do jigue na usina de Pedrinhas .

### 3.2.2 - Descrição do Processo e Fluxograma de Beneficiamento.

A usina de beneficiamento está localizada bem próxima da mina. O minério, transportado por caminhões, é depositado nos pátios de estocagem. Posteriormente, uma pá carregadeira despeja o minério em um silo munido com grade fixa de 4", onde sofre desagregação preliminar, mediante uso de monitores hidráulicos. Com essa desagregação, o minério é arrastado por gravidade para os troméis, (ver fluxograma - Fig. 11) com malhas de 1/2". O minério de granulometria superior a 4", retido na grade fixa do silo, é estocado. A fração retida nos troméis (1/2" a 4") é transportada, por caminhão, para os pátios de cotação, onde mediante seleção manual se obtém concentrado "lump", sendo o rejeito estocado. O material passante nos troméis segue para dois classificadores primários, tipo Akins. O "underflow" destes, alimenta três peneiras vibratórias (abertura de 1,2 mm), operando em circuito fechado com dois moinhos de martelo, enquanto o "overflow" é recolhido na caixa coletora nº 1 e daí bombeado para dois hidrociclones. O "underflow" dos hidrociclones alimenta um jig primário de duas células tipo YUBA ("jig de finos"), enquanto o "overflow" é descartado. O material passante das peneiras vibratórias é recolhido em um classificador secundário tipo Akins. O "overflow" deste é descartado, ao passo que o "underflow" é conduzido por correia transporta





CIRCUITO DE BRITAGEM  
A SER INTRODUIDO

\* PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS

PROJETO ESTUDO DA EFICIENCIA DOS FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO	
CONVÊNIO DNPM / CPRM	
MINERAÇÃO PEDRINHAS	
EXECUÇÃO: DEPEM / DITEMI	FIG: II

dora para um segundo jigue primário de duas células tipo YUBA, sendo que uma pequena fração desse "underflow" alimenta o "jigue de finos". O rejeito deste é descartado, enquanto o do segundo jigue primário segue para a caixa coletora nº 1. Os concentrados dos dois jigues primários são processados em um separador magnético. A fração magnética, contendo cerca de 20% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , é recolhida em silo e posteriormente rejeitada. A fração não magnética alimenta um jigue secundário de duas células. O rejeito deste é recolhido na caixa coletora nº 2 e a seguir bombeado para um hidrociclone, cujo "underflow" retorna para o "jigue de finos". O concentrado da 1ª célula do jigue secundário alimenta um jigue terciário de duas células, cujo concentrado (50%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) após secagem e peneiramento constitui-se na areia de cromita (fração granulométrica abaixo de 30 mesh) e no concentrado para refino (fração granulométrica acima de 30 mesh). O concentrado da 2ª célula, juntamente com o rejeito do jigue terciário, formam outro produto com cerca de 43,5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

A produção dessa usina é de aproximadamente 6.000 t/mês de concentrado.

### 3.2.3 - Balanço Metalúrgico

A tabela XXX fornece os teores de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras coletadas na Mineração Pedrinhas, durante o período de 30 de novembro a 2 de dezembro de 1976.

Tabela XXX - Análise química quantitativa de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras da usina de beneficiamento.

PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS	TEOR DE $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%)
Alimentação da usina (ROM) .....	16,8
Retido do tromel .....	22,2
Retido do tromel após esc. manual ..	19,2
Alimentação do Akins secundário ....	23,6
"Overflow" do Akins secundário .....	5,5
"Underflow" do Akins secundário ....	29,6
Alimentação do jigue de finos .....	24,1
Rejeito do jigue de finos .....	14,7
Concentrado do jigue de finos .....	35,4
Material magnético .....	17,4
Rejeito total .....	7,8
Concentrado normal .....	43,3
Concentrado para refino .....	47,2

Baseado nos resultados da Tabela XXX e nas medidas de vazão, calculamos o balanço metalúrgico da usina e do jigue primário de finos.

a - BALANÇO METALÚRGICO DA USINA

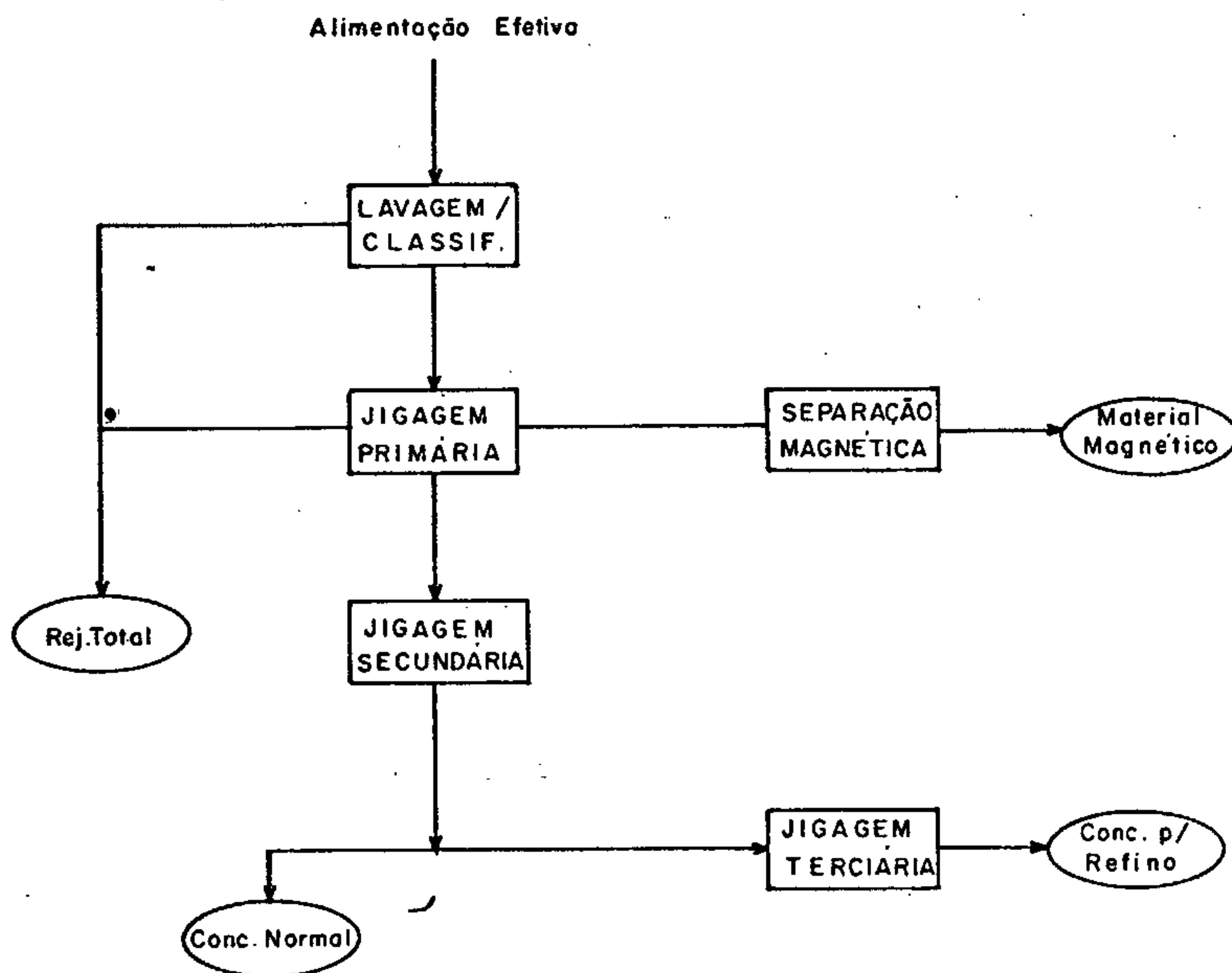


Figura 12 - Esquema simplificado da usina de beneficiamento de Pedrinhas .

Tabela XXXI - Cálculo da distribuição de  $Cr_2O_3$  na usina

	Vazão (t/h)	% Peso	Teor de $Cr_2O_3$ (%)	Distribuição $Cr_2O_3$ (%)
Alimentação Efetiva	42,85		16,0	
Concentrado Normal	6,74	15,73	43,3	42,5
Conc. p/ Refino	2,30	5,37	47,2	15,8
Material Magnético	2,39	5,58	17,4	6,0
Rejeito Total	31,41	73,30	7,8	35,7

Recuperação: 58,3 % do  $Cr_2O_3$

Observação : No cálculo do balanço metalúrgico da usina Pedrinhas , não levamos em consideração a fração da alimentação (R.O.M) acima de 1/2", o que se fosse feito acusaria uma queda na recuperação para cerca de 52%.

b. BALANÇO METALÚRGICO DO JIGUE DE FINOS

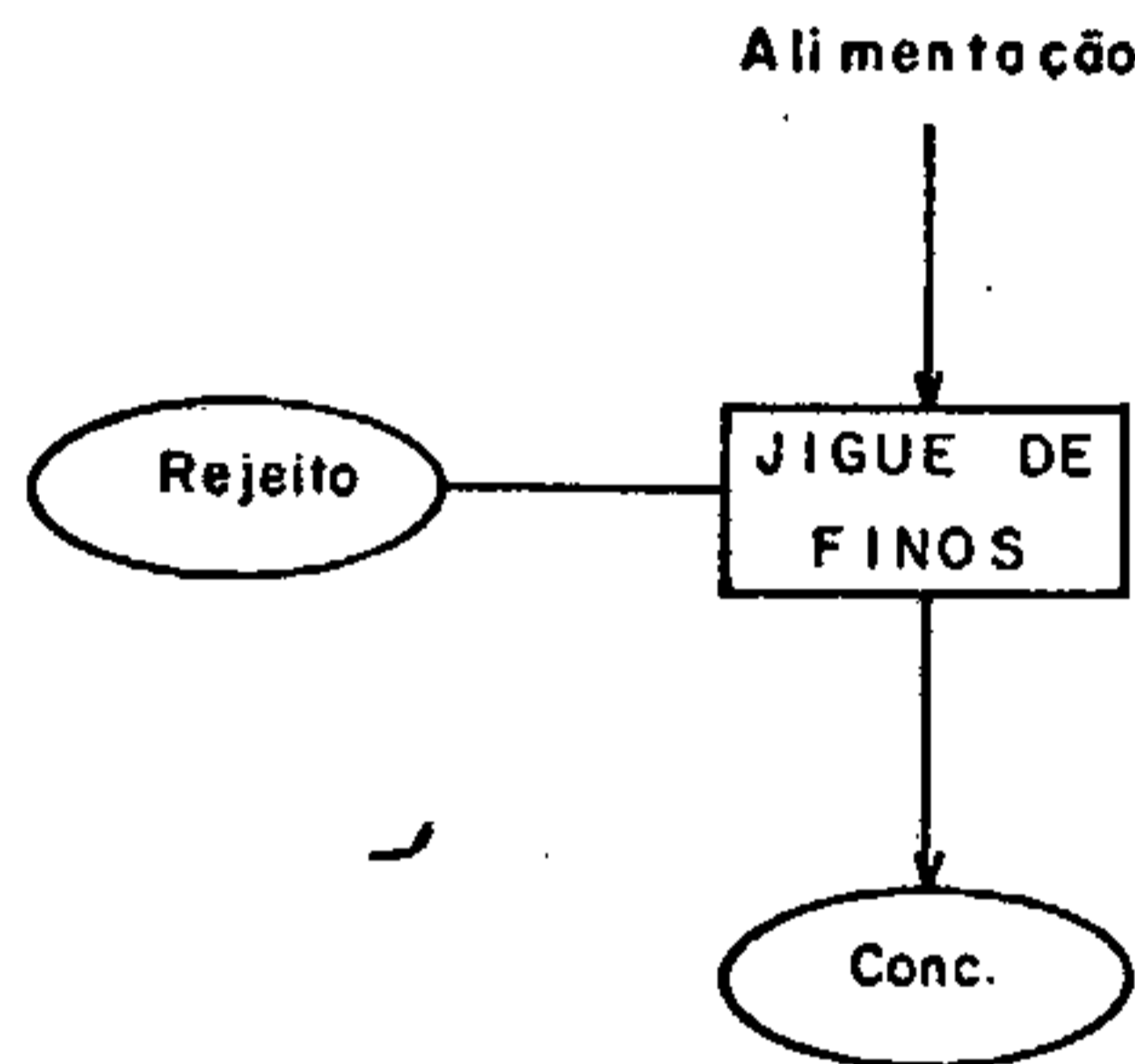


Figura 13 - Esquema simplificado da jigagem primária dos finos

Tabela XXX II - Cálculo da distribuição de  $Cr_2O_3$  no jigue de finos

	% Peso	Teor de $Cr_2O_3$ (%)	Distribuição $Cr_2O_3$ (%)
Alimentação		24,1	
Concentrado	45,4	35,4	66,7
Rejeito	54,6	14,7	33,3

Razão de concentração: 1,47 %

Recuperação: 66,7 % do  $Cr_2O_3$

### 3.2.4 - Característica dos Concentrados

As tabelas XXXIII e XXXIV apresentam os resultados das análises químicas e granulométricas dos concentrados provenientes da Mineração Pedrinhas.

Tabela XXXIII - Composição química dos concentrados da Mineração Pedrinhas.

CONCENTRADO	TEOR (%)				
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
Normal	43,3	30,1	5,8	8,8	8,6
p/Refino	46,8	32,2	2,1	9,4	6,5

A partir dos resultados da tabela acima, calculou-se a relação Cr/Fe para os concentrados:

Concentrado Normal: Cr/Fe = 1,41

Concentrado p/Refino: Cr/Fe = 1,42

Uma análise calcográfica do concentrado "lump" de Pedrinhas, mostrou que a cromita apresenta granulometria bastante variada: desde pequenos cristais na ordem de 0,05 mm até cristais hipidiomórficos bem desenvolvidos na ordem de 1,2 mm. Os cristais da cromita estão bastante fraturados e cimentados por material de ganga.

Tabela XXXIV - Análise granulométrica dos concentrados da usina de beneficiamento da Mineração Pedrinhas.

MESH	CONCENTRADO NORMAL		CONCENTRADO P/REFINO	
	% Retido	% Acumulado	% Retido	% Acumulado
14	2,59		0,40	
20	4,70	7,29	1,89	1,99
28	8,93	16,22	6,91	8,90
35	24,79	38,01	49,00	27,90
48	23,98	61,99	30,60	58,50
65	20,90	82,89	24,50	83,00
100	12,96	95,85	13,60	96,60
150	3,18	99,03	2,70	99,30
200	0,60	99,63	0,40	99,70

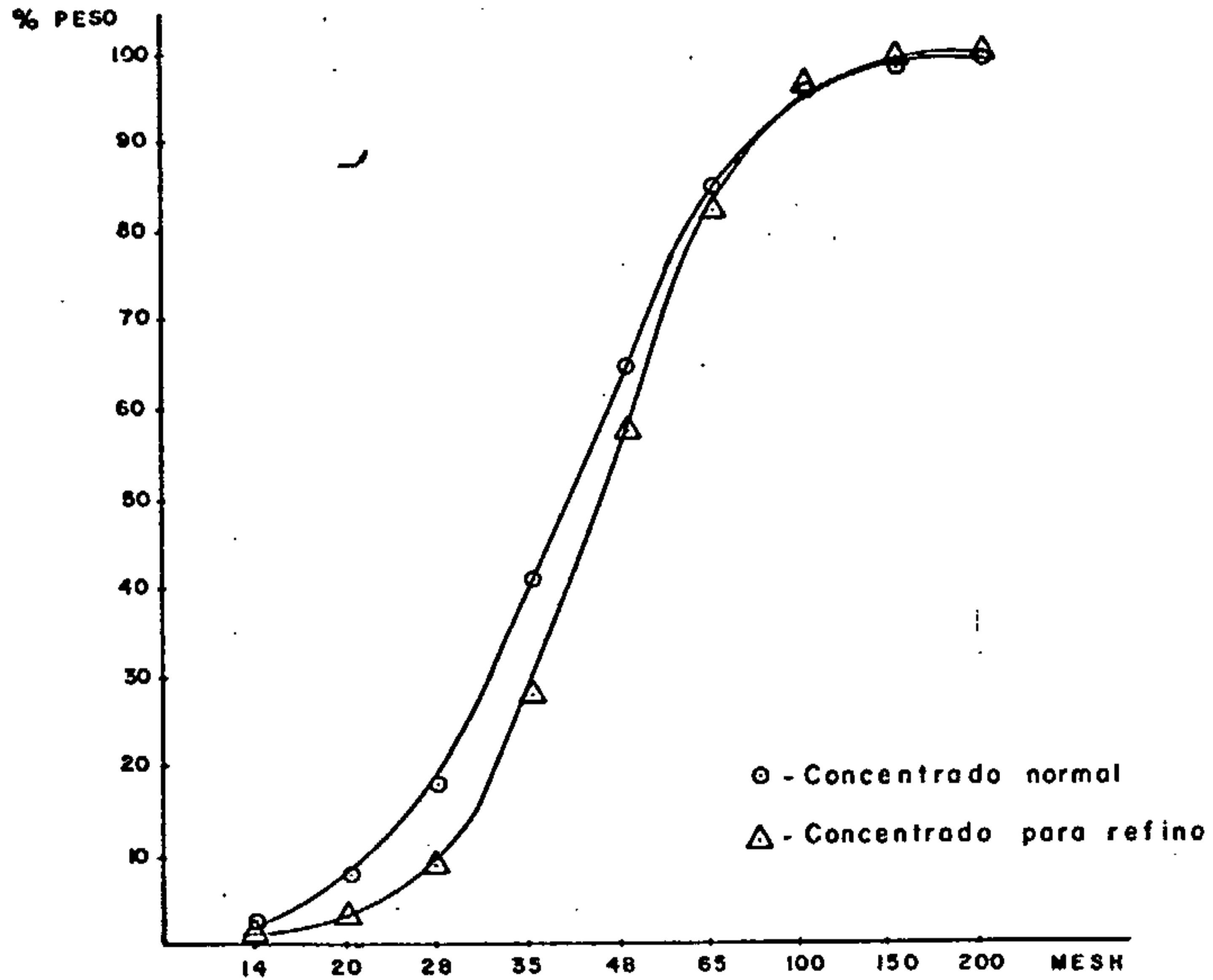


Figura-14: Curva granulométrica dos concentrados.

### 3.2.5 - Estudo de Laboratório

a - Distribuição Percentual de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  nas Diversas Faixas Granulométricas da Alimentação Efetiva da Usina.

Entendemos por "alimentação efetiva da usina" a fração da alimentação (ROM) de granulometria inferior a 1/2". Na realidade só esta fração é beneficiada, visto que a fração acima de 1/2" é descartada do circuito.

A tabela XXXV fornece a distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  em cada faixa granulométrica e as figuras 15 e 16 mostram, respectivamente, o histograma e a curva de distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  da alimentação efetiva da usina.



Tabela XXXV - Distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  nas diferentes faixas granulométricas da alimentação efetiva da usina.

Mesh (Tyler)	% Peso	Teor de $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Distribuição de $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%)
+ 14	1,39	12,5	1,0
14 x 20	2,16	17,8	2,1
20 x 28	3,18	27,1	4,8
28 x 35	7,44	32,1	13,3
35 x 48	9,72	33,6	18,2
48 x 65	9,26	35,3	18,2
65 x 100	9,08	31,6	16,0
100 x 150	5,74	24,1	7,7
150 x 200	5,02	14,2	4,0
200 x 325	5,20	11,3	3,3
- 325	41,8	5,0	11,6

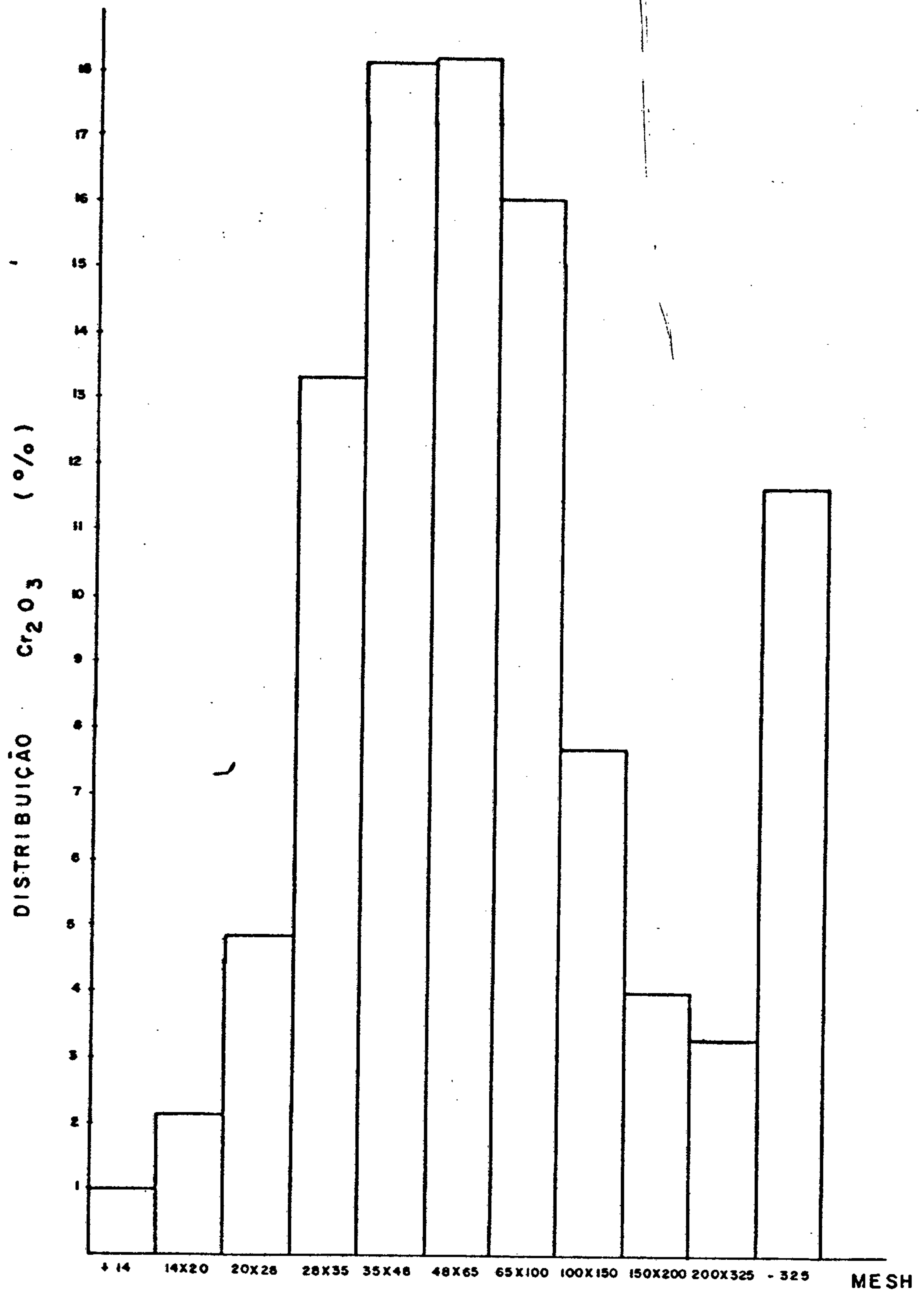


Figura-15: Histograma da distribuição de  $Cr_2O_3$  da alimentação efetiva da usina.

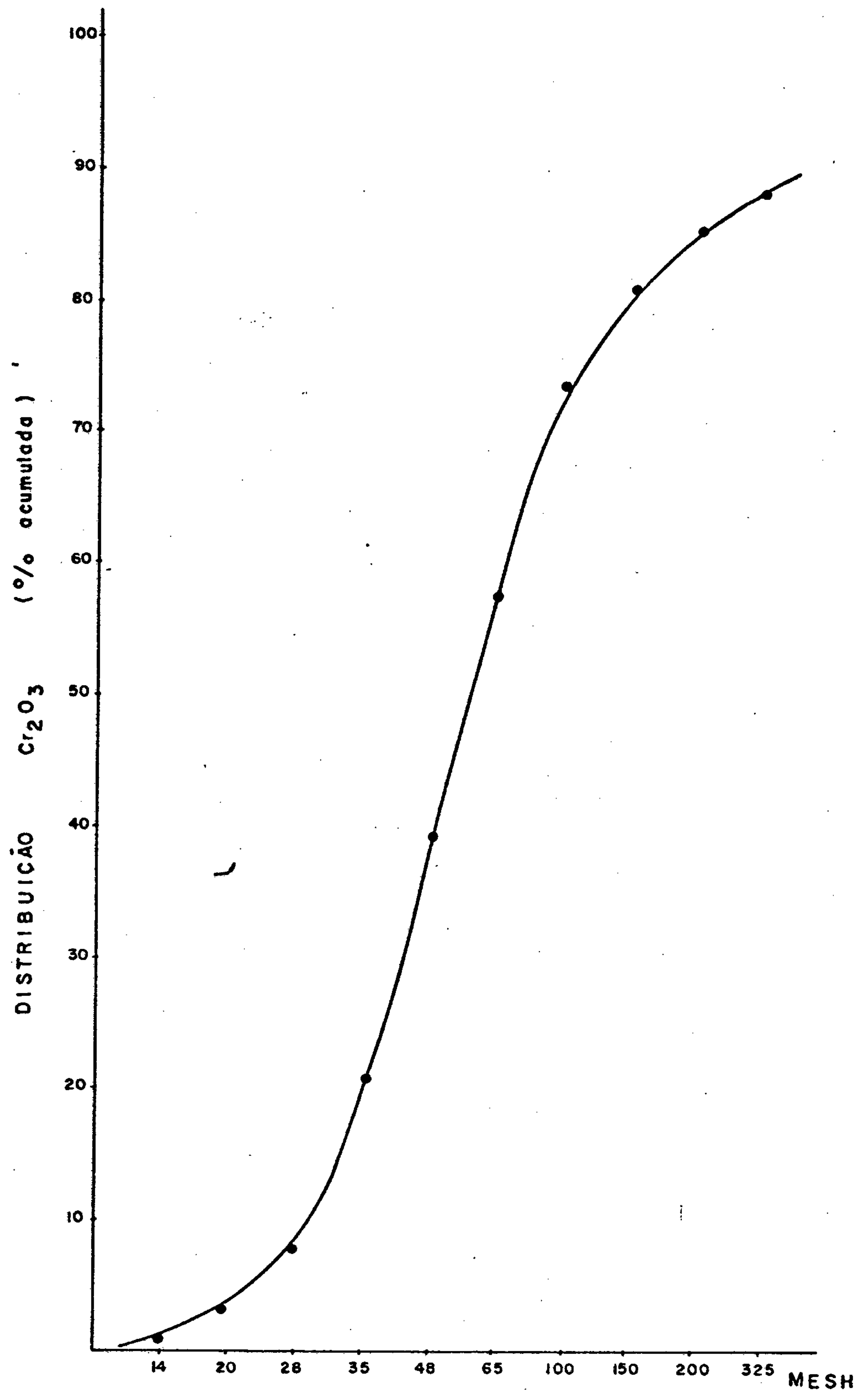


Figura-16: Curva da distribuição de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da alimentação efetiva da usina.

b - Aproveitamento da Cromita no Material Magnético

Visando à recuperação da cromita contida no material magnético (17,4% de  $Cr_2O_3$ ), descartado do circuito e atualmente estocado, foram realizados ensaios de moagem ( - 100 mesh) e concentração magnética (Separa - dor magnético de rolo induzido DINGS. Entretanto, os resultados obtidos não foram satisfatórios.

### 3.2.6 - Considerações Gerais e Conclusões

A recuperação da usina de beneficia-  
mento da Mineração Pedrinhas apresentou um valor de 58,3%,  
sem considerar o material acima de 1/2", descartado do cir-  
cuito e aproveitado, apenas parcialmente, por catação ma-  
nual. Essa recuperação cairia para 52%, caso aquela fração  
descartada do circuito fosse também considerada.

Acredita-se que a principal razão pa-  
ra essa baixa recuperação seja devida ao não aproveitamen-  
to dos finos (27% do  $Cr_2O_3$  contido no minério está na gra-  
nulometria abaixo de 100 mesh). Outro fator que concorre  
também para essa baixa recuperação é a inexistência de um  
circuito adequado de cominuição que promova a liberação sa-  
tisfatória da cromita.

Observou-se que os jigues operam numa  
faixa granulométrica relativamente ampla (10 x 120 mesh) ,  
prejudicando sua eficiência.

Constatou-se a dificuldade da recupera-  
ção da cromita contida no material magnético.

Objetivando melhorar a eficiência da  
usina, sugere-se:

- a) aproveitamento dos finos (100 x 325  
mesh) através de concentração em  
mesa;

b) britagem da fração atualmente esto  
cada (granulometria acima de 1/2")  
e posterior processamento;

c) Cominuição da alimentação dos ji-  
gues a cerca de 20 mesh (liberação  
de 68%).

**COITEZEIRO MINERAÇÃO S.A**  
**COMISA**

### 3.3 - COITEZEIRO MINERAÇÃO S.A. - COMISA

#### 3.3.1 - Caracterização do Minério

##### a - Análise Modal e Composição Química

As tabelas XXXVI e XXXVII fornecem os resultados da análise modal e da composição química de uma amostra representativa da alimentação da usina de beneficiamento da Coitezeiro Mineração S.A.

Tabela XXXVI - Análise modal da alimentação da Coitezeiro Mineração S.A.

MINERAL	COMPOSIÇÃO (%)
* Opacos .....	46
Serpentina .....	20
Piroxênio .....	32
Calcita .....	<1
Outros .....	2

\* Opacos: cromita e magnetita.



Tabela XXXVII - Composição química da alimentação da usina de beneficiamento da Coitezeiro Mineração S.A.

COMPOSTO	TEOR (%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	16,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25,0
SiO <sub>2</sub> .....	25,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	10,3
MgO .....	15,6

Observação: relação Cr/Fe no minério = 0,65

Uma análise espectrográfica para 30 elementos de uma amostra da alimentação da usina de beneficiamento da Coitezeiro Mineração S.A., chamou a atenção para a presença de 5.000 ppm de níquel e 1.500 ppm de cobalto.

#### b - Estudo de Liberação

O grau de liberação da cromita, foi estudada mediante a contagem de pontos em microscópio. A tabela XXVII-A apresenta os resultados obtidos e a figura 17 a curva de liberação correspondente.

Tabela XXVII-A: Grau de liberação da cromita da alimentação da usina de beneficiamento da COMISA

M E S H	LIBERAÇÃO %
14 X 20	61
20 X 28	74
28 X 35	87
35 X 48	93
48 X 65	94

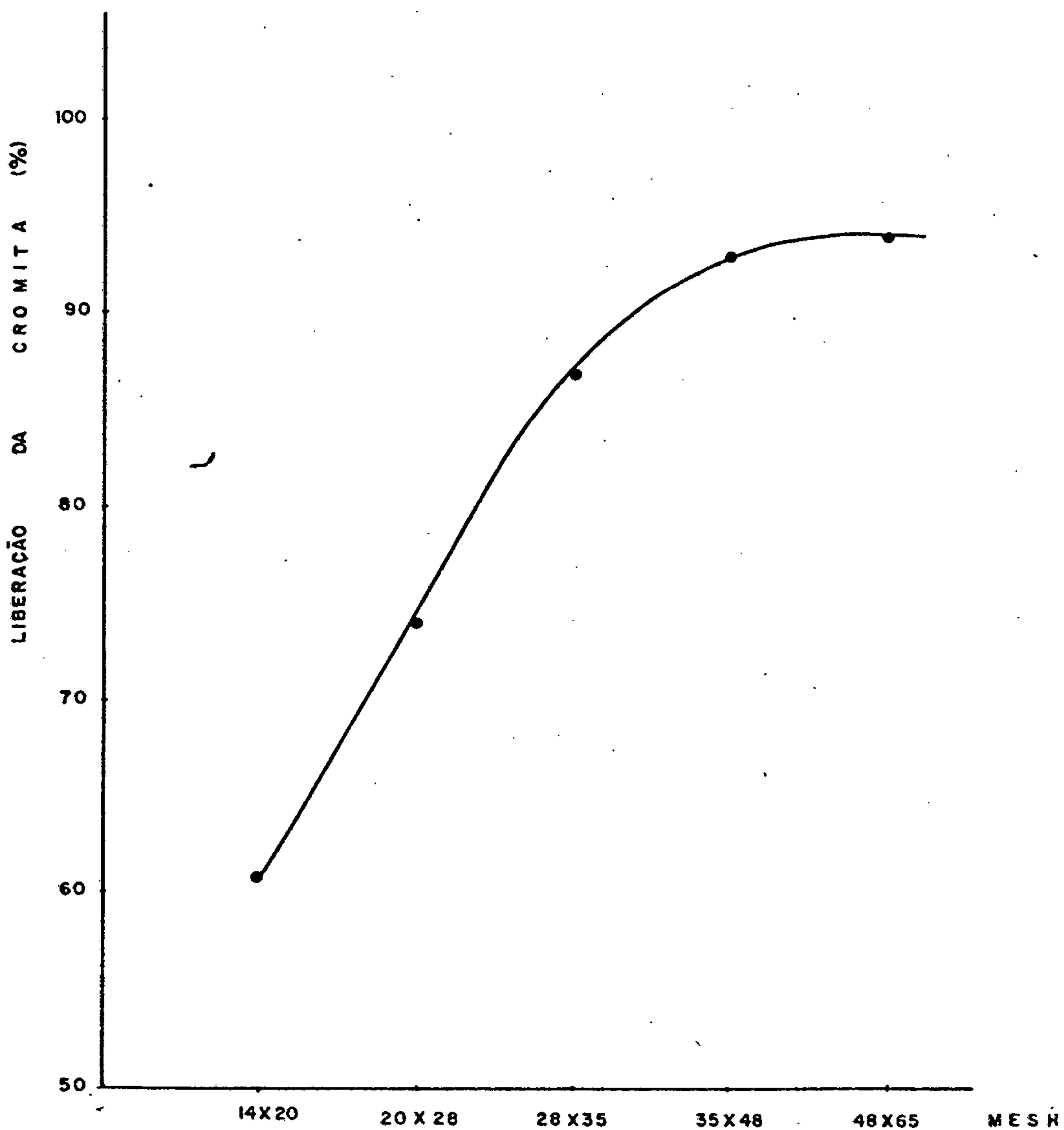


Figura 17: Curva de liberação da cromita da alimentação da usina de beneficiamento da COMISA

### 3.3.2 - Descrição do Processo e Fluxograma de Beneficiamento

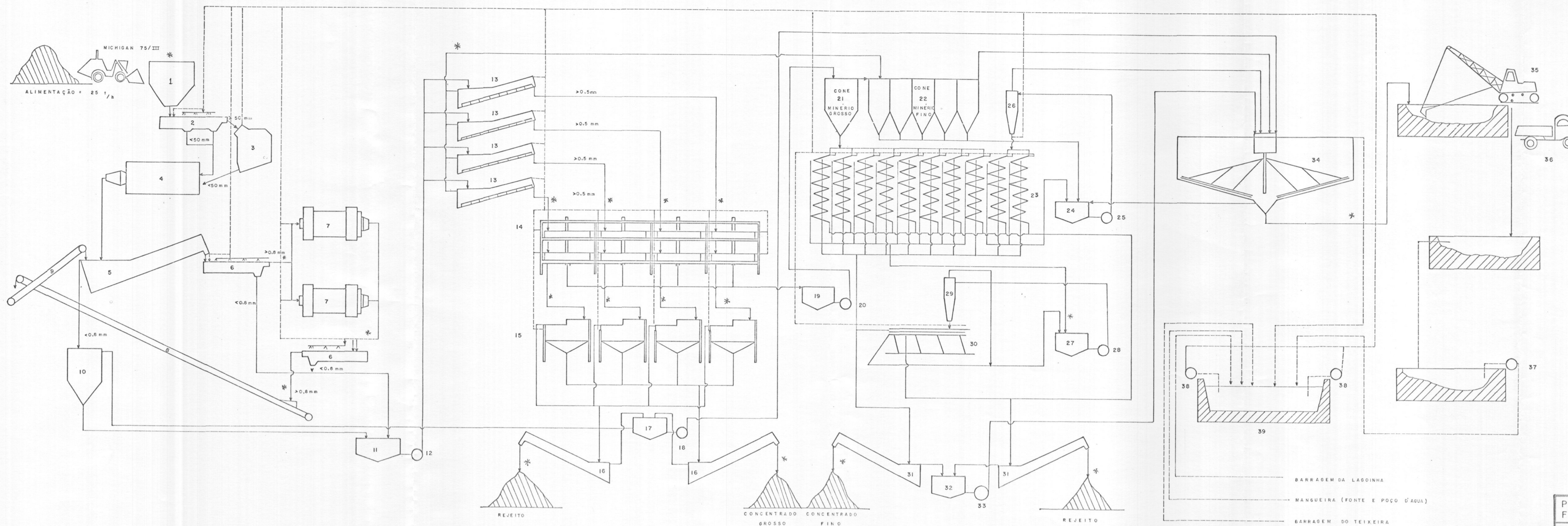
Na COMISA (Fig. 18), o minério é transportado por pá carregadeira até o silo, de onde é conduzido por um alimentador vibratório com malhas de 5 cm a um moinho de impacto (HAZEMAG) com abertura de descarga de 5 cm. O material britado, juntamente com o passante do alimentador vibratório, são levados a um desagregador. Daí, o minério segue para um classificador AKINS (corte granulométrico de 0,8 mm). O "overflow" deste alimenta um cone decantador, enquanto o "underflow" segue para uma peneira vibratória com malhas de 0,8 mm. O retido dessa peneira é levado a dois moinhos de barras que trabalham em paralelos. O material moído é classificado em peneira vibratória com malhas de 0,8 mm. A fração acima dessa granulometria retorna ao classificador AKINS, enquanto o passante é recolhido juntamente com o "underflow" do cone decantador, em uma caixa, de onde são bombeados para quatro classificadores de arraste. O "underflow" destes segue para quatro painéis classificadoras (tipo DIAMOND PAN). O pré-concentrado das painéis alimenta quatro jigues de duas células (tipo DENVER), de onde se obtém o CONCENTRADO GROSSO da usina. O rejeito dos jigues retorna ao silo de alimentação da usina.

O "overflow" do classificador de arraste segue para três cones decantadores de minério fino. O

"underflow" destes é processado em duas espirais de Humphrey.

O rejeito das painelas classificadoras é levado para um outro cone decantador, cujo "underflow" a limenta uma bateria de oito espirais de Humphrey. O con centrado das dez espirais de Humphrey, constitui-se no CON - CENTRADO FINO da usina; o misto é processado em mesa vibra tória, entretanto, como esta não estava funcionando, ele retornava para as painelas classificadoras. O rejeito das espirais é estocado.

O "overflow" dos cones decantadores e dos AKINS desaguadores são levados a um espessador tipo DORR, objetivando à recuperação de água limpa.



LEGENDA :

- 1-Silo
- 2-Alimentador vibratório
- 3-Moinho de impacto
- 4-Tambor desagregador
- 5- Classificador Akins
- 6- Peneira vibratória
- 7-Moinho de barras / bolas
- 8-Correia transportadora
- 9- Correia transportadora
- 10-Cone decantador
- 11- Tanque depósito
- 12-Bomba Denver
- 13-Classificadores de arraste
- 14-Panelas classificadoras
- 15-Jigues grisant tipo JDS
- 16-Classificador Akins
- 17- Tanque depósito
- 18-Bomba KSB / 80 / 38
- 19- Tanque depósito
- 20-Bomba KSB / 65 / 30
- 21-Cone de minério grosso
- 22-Cone de minério fino
- 23-Espiral de Humphrey
- 24- Tanque depósito
- 25-Bomba KSB / 65 / 30
- 26-Hidrociclone
- 27-Tanque depósito
- 28-Bomba KSB / 65 / 30
- 29-Hidrociclone
- 30-Mesa de concentração
- 31-Classificador Akins
- 32-Tanque depósito
- 33-Bomba KSB / 65 / 30
- 34-Decantador tipo Dorr
- 35-Dragline Bucyrus
- 36-Caminhão Mercedes
- 37-Bomba KSB 80 / 38
- 38-Bomba KSB 126 / 26
- 39-Piscina

PROJETO ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO

CONVÊNIO DNPM / CPRM

COITEZEIRO MINERAÇÃO S.A. COMISA

EXECUÇÃO: COMISA FIG: 18

### 3.3.3 - Balanço Metalúrgico

A tabela XXXVIII fornece os teores de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras coletadas na Coitezeiro Mineração S.A. - COMISA, no período de 26 a 29 de novembro de 1976.

Tabela XXXVIII - Análise química quantitativa de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras provenientes da usina de beneficiamento da COMISA.

PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS	TEOR DE $\text{Cr}_2\text{O}_3$ %
Alimentação da usina .....	20,6
Over do Classificador de Arraste ..	13,1
Under do Classificador de Arraste..	28,6
Pré-Concentrado das Panelas .....	36,3
Rejeito dos jigues .....	22,5
Concentrado Grosso .....	41,3
Rejeito das Espirais .....	20,3
Misto das Espirais .....	28,3
Concentrado Fino .....	38,0

Com base nas análises químicas das a mostras e nas medidas de vazão, foi calculado o balanço me talúrgico da usina e da operação unitária de jigagem.

a - BALANÇO METALÚRGICO DA USINA

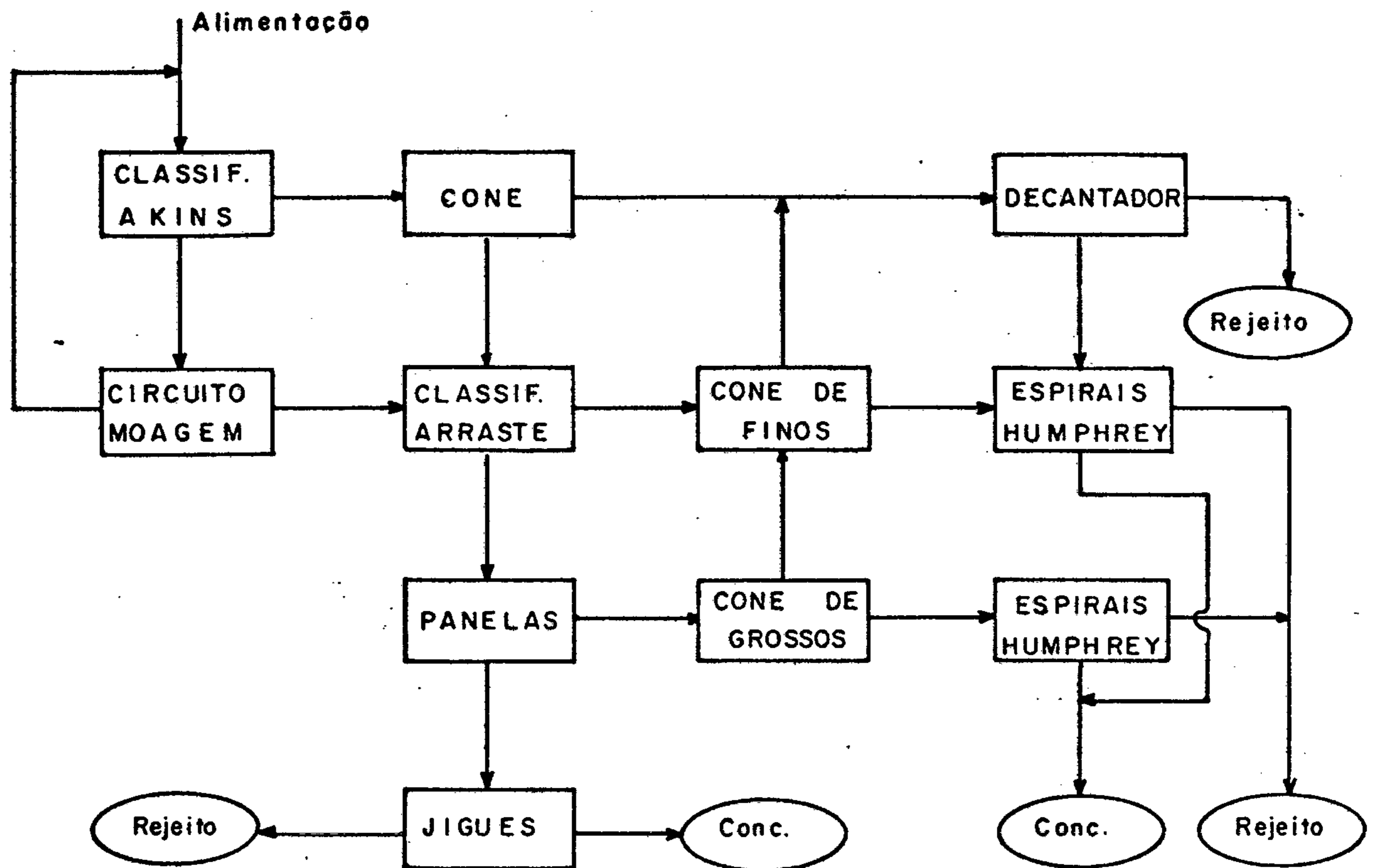


Figura 19- Esquema simplificado do circuito de beneficiamento

Tabela XXXIX - Cálculo da distribuição de  $Cr_2O_3$ .

	Vazão (t/h)	% Peso	Teor de $Cr_2O_3$ (%)	Distribuição $Cr_2O_3$ (%)
Alimentação	20,08		20,6	
Concentrado Grosso	4,59	22,86	41,3	45,8
Concentrado Fino	1,48	7,37	38,0	13,6
Rejeito das Espirais	2,16	10,76	20,3	10,6
Rejeito dos Jigues	1,79	8,91	22,5	9,7
Rejeito de Finos	10,13	50,45	8,3	20,3

Recuperação: 59,4 % do  $Cr_2O_3$

**b - BALANÇO METALÚRGICO DOS JIGUES**

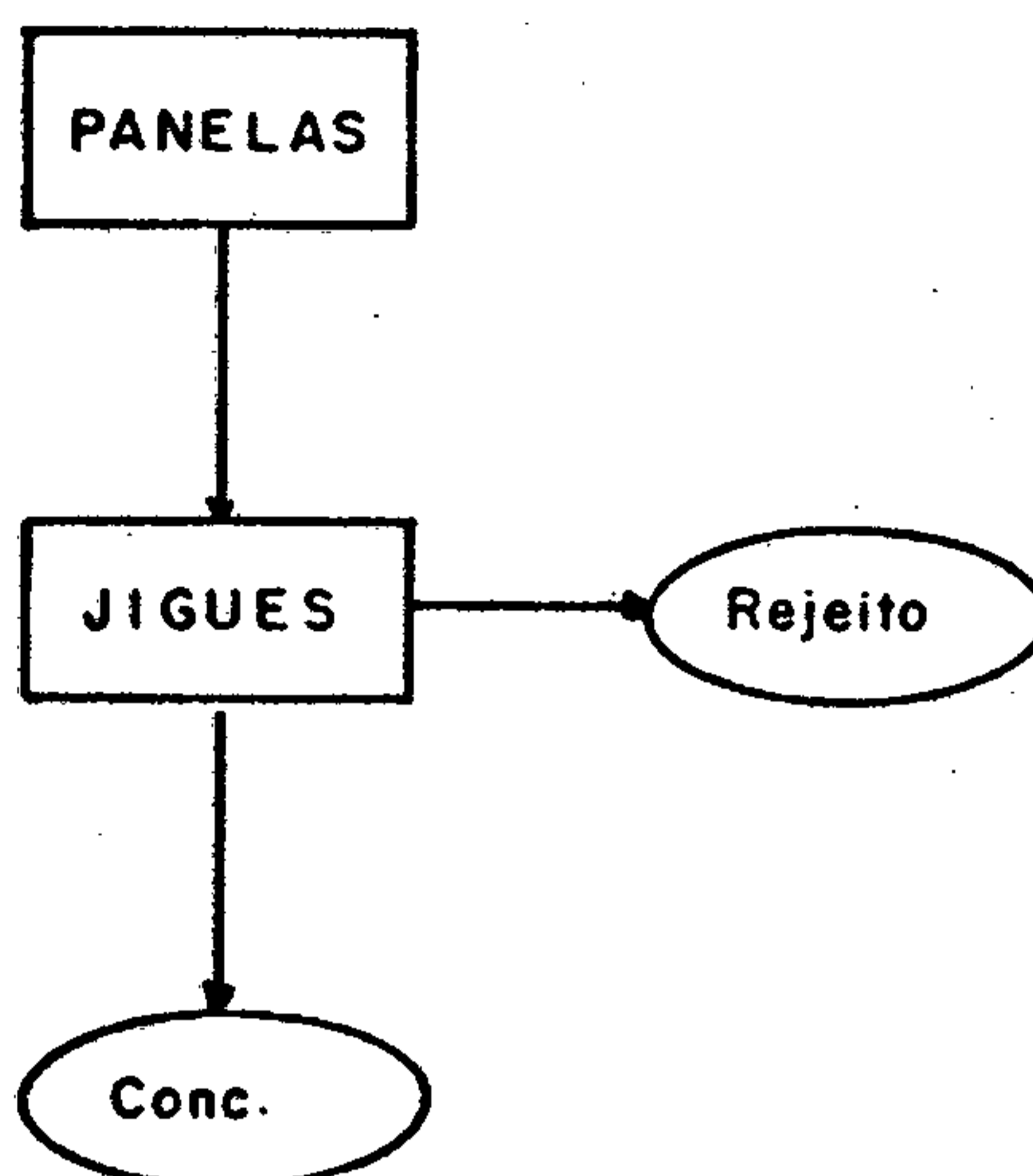


Figura 20 - Esquema simplificado da operação de jigagem.

Tabela XL - Cálculo da distribuição de  $Cr_2O_3$ .

	% Peso	Teor de $Cr_2O_3$ (%)	Distribuição $Cr_2O_3$ (%)
Pré - Conc. Painelas		36,0	
Concentrado	71,94	41,3	82,5
Rejeito	28,06	22,5	17,5

Rendimento em massa - 71,94 %

Razão de concentração - 1,15 %

Recuperação - 82,5 % do  $Cr_2O_3$



### 3.3.4 - Características dos Concentrados

As tabelas XLI e XLII apresentam os resultados das análises químicas e granulométricas dos concentrados provenientes da COMISA.

Tabela XLI - Análise química dos concentrados provenientes da COMISA.

CONCENTRADO	TEOR (%)					
	Cr <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
Grosso	41,3	43,4	3,8	4,1	6,5	0,5
Fino	38,0	40,9	6,6	3,8	7,3	0,6
*Mistura	40,5	42,8	4,5	4,0	6,7	0,5

\* Mistura = grosso + fino

Relação Cr/Fe na mistura = 0,93.

Tabela XLII - Análise granulométrica dos concentrados da usina de beneficiamento da COMISA.

MESH	CONCENTRADO GROSSO		CONCENTRADO FINO	
	% Retido	% Acumulado	% Retido	% Acumulado
28	5,84		6,19	
35	22,25	28,09	16,09	22,28
48	31,24	59,33	20,05	42,33
65	22,70	82,03	18,56	60,89
100	14,38	96,41	22,03	82,92
150	2,92	99,33	11,14	94,06
200	0,45	99,78	4,46	98,52

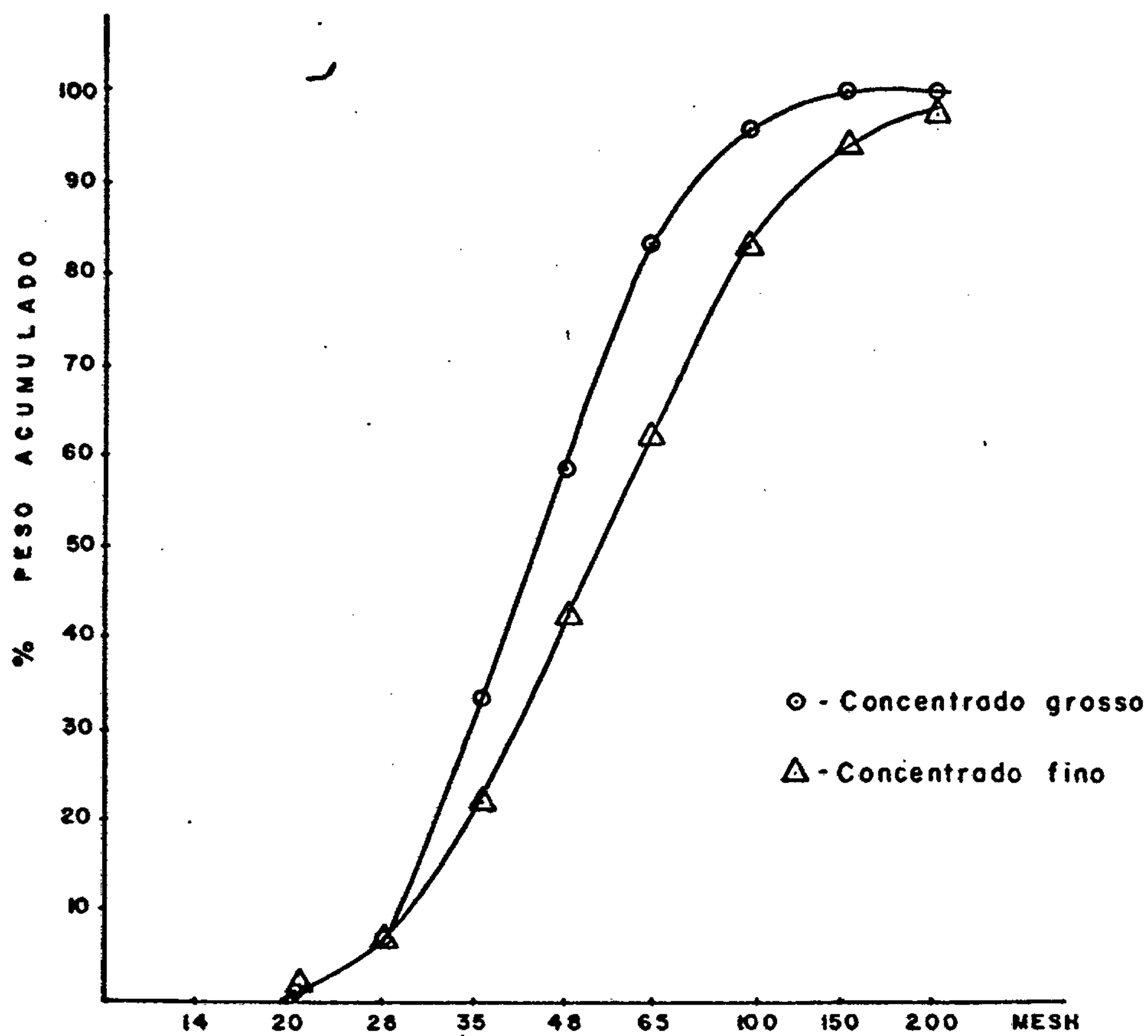


Figura 21 : Curva granulométrica dos concentrados da COMISA

## 3.3.5 - Estudo de Laboratório

## a - Análise Granulométrica

Foram efetuadas análises granulométricas dos produtos da usina, visando obter dados para o estudo de laboratório. As tabelas XLII, XLIII e XLIV fornecem esses resultados.

Tabela XLIII - Análise granulométrica dos Rejeitos das Espirais e dos Jigues.

MESH (Tyler)	REJEITO DAS ESPIRAIS		REJEITO DOS JIGUES	
	% RETIDA	% ACUM.	% RETIDA	% ACUM.
20	33,34	-	31,74	-
28	20,91	54,25	21,10	52,84
35	23,25	77,50	21,26	74,10
48	10,25	87,75	11,74	85,84
65	5,25	93,00	6,48	92,32
100	3,50	96,50	4,45	96,77
150	1,25	97,75	1,41	98,18
200	0,50	98,25	0,81	98,99
- 200	1,75	-	1,01	-

Tabela XLIV - Análise granulométrica da alimentação da u  
sina após o circuito de moagem e do rejeito  
de finos.

MESH (Tyler)	ALIMENTAÇÃO DA USINA		REJEITO DE FINOS	
	% RETIDO	% ACUM.	% RETIDO	% ACUM.
20	6,62	-	-	-
28	5,66	12,28	-	-
35	10,62	22,90	-	-
48	11,19	34,09	0,89	0,89
65	11,26	45,35	7,16	8,05
100	10,47	55,82	9,58	17,63
150	5,30	61,12	7,11	24,74
200	4,22	65,34	7,34	32,08
325	4,45	69,79	8,01	40,09
- 325	30,23	-	59,92	-

b - Concentração em Mesa Vibratória

Com base nos resultados da análise gra  
nulométrica, observou-se que a fração do minério abaixo de  
100 mesh, praticamente não é aproveitada no circuito de be  
neficiamento. Em razão deste fato, realizou-se alguns tes  
tes de concentração, objetivando à recuperação da cromita

contida na faixa granulométrica de 100 x 325 mesh.

Os testes foram realizados em mesa vibratória DEISTER de laboratório (mod. RH 15), e o resultado está apresentado na tabela XLV.

Tabela XLV - Resultado da concentração em mesa vibratória.

	% PESO	TEOR DE Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	DISTRIBUIÇÃO Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
Alimentação	-	17,0	-
Concentrado	26,91	42,8	72,8
Misto	15,53	15,6	14,2
Rejeito	55,56	4,0	13,0

Considerando que num circuito contínuo os produtos intermediários, são normalmente recirculados, a recuperação da mensagem seria da ordem de 83%.

c - Grau de Liberação da Cromita no Rejeito das Espirais.

Observou-se que 90% da cromita contida no rejeito das espirais não estava liberada. Como o teor de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nesse rejeito é considerável, foi feita uma moa -

gem a 48 mesh e estudado o grau de liberação através da contagem de pontos em microscópio. Os resultados são mostrados na tabela XLV-A, e a curva de liberação correspondente pode ser vista na figura 22.

Tabela XLV-A: Grau de liberação da cromita contida no rejeito das espirais moida a 48 mesh.

MESH (TYLER)	LIBERAÇÃO %
+ 48	64
48 X 65	78
65 X 100	92
100 X 150	96

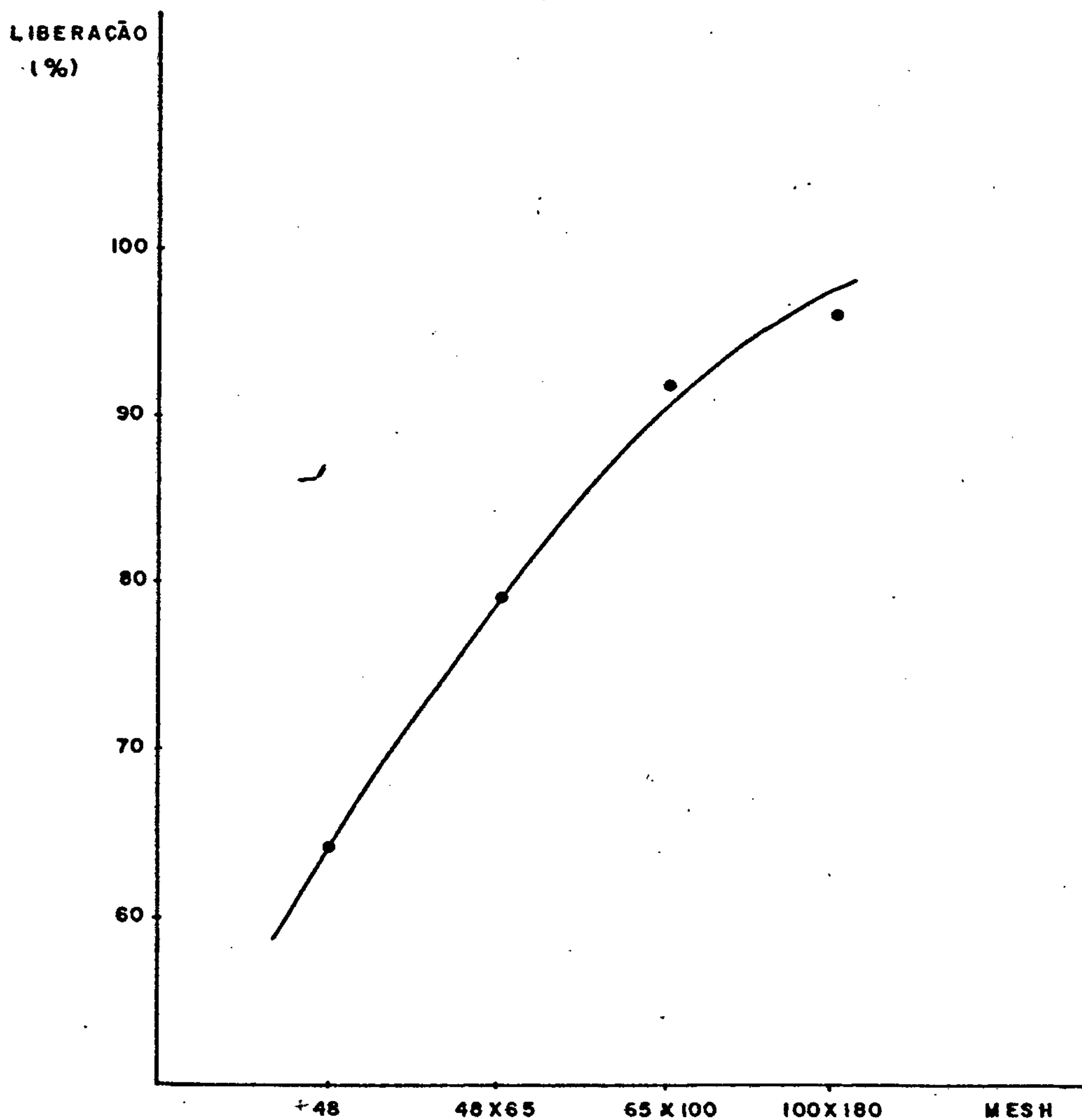


Figura 22: Curva de liberação da cromita contida no rejeito das espirais, moída a 48 mesh

### 3.3.6 - Considerações Gerais e Conclusões

A usina de beneficiamento da COMISA a apresenta um bom rendimento operacional, não observando-se problema de paralisação. Aparentemente, a usina está bem dimensionada; entretanto, a recuperação obtida foi de apenas 59,4%. Uma das principais razões para essa baixa recuperação é o não aproveitamento dos finos (20,3% do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) no circuito de beneficiamento. Outras perdas também significativas são: o rejeito dos jigues e o rejeito das espirais.

No cálculo do balanço metalúrgico, considerou-se que o rejeito dos jigues é descartado do circuito, muito embora tenha havido tentativa de reprocessá-lo, retornando-o à alimentação, sem contudo apresentar resultados satisfatórios. Isto deve-se ao fato da cromita contida nesse rejeito estar sendo recirculada, sem sofrer remoagem.

Observou-se que tanto na jigagem quanto na concentração em espiral de Humphrey houve certa preocupação em classificar o material em faixas granulométricas mais estreitas, a fim de que cada uma dessas operações gravimétricas apresentasse melhor eficiência. Ainda assim, o rejeito dessas operações apresentou um teor considerável de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , o que indica não existir ainda uma liberação satisfatória da cromita, naquela granulometria (aproximada



mente 87% em peso das partículas estão acima de 48 mesh).

Para que uma maior recuperação seja alcançada, sugere-se:

- a) aproveitamento dos finos (100 x 325 mesh) por mensagem;
- b) remoagem dos rejeitos dos jígues e das espirais de Humphrey e seus posterior beneficiamento.

**MINERAÇÃO VALE DO JACURICI S.A**  
**USINA DE MEDRADO**

3.4 - MINERAÇÃO VALE DO JACURICI - USINA DE MEDRADO

3.4.1 - Caracterização do Minério

a - Análise Modal e Composição Química.

As tabelas XLVI e XLVII fornecem os resultados da análise modal e composição química de uma amostra da alimentação da usina.

Tabela XLVI - Análise modal da alimentação da usina de beneficiamento de Medrado.

MINERAL	COMPOSIÇÃO %
* Opacos .....	53
Serpentina .....	31
Calcita .....	12
Piroxênio .....	4

\* Opacos: Cromita e magnetita.



Tabela XLVII - Composição química da alimentação da usina de beneficiamento de Medrado.

COMPOSTO	TEOR %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	22,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	13,3
SiO <sub>2</sub> .....	19,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,8
MgO .....	15,6

Observação: Relação Cr/Fe no minério = 1,68

A análise espectrográfica para 30 elementos de uma amostra da alimentação da usina de Medrado, chamou a atenção para a presença de 1500 ppm de níquel e 700 ppm de cobalto.

#### b - Estudo de Liberação

O grau de liberação da cromita de Medrado, foi estudada mediante a contagem de pontos em microscópio. A tabela XLVII-A apresenta os resultados obtidos, e a figura 23 a curva de liberação correspondente.

Tabela XLVII - A : Grau de liberação da cromita da alimentação da usina de Medrado

MESH	LIBERAÇÃO (%)
4 X 6	33
6 X 8	34
8 X 10	40
10 X 14	48
14 X 20	49
20 X 28	63
28 X 35	80
35 X 48	89

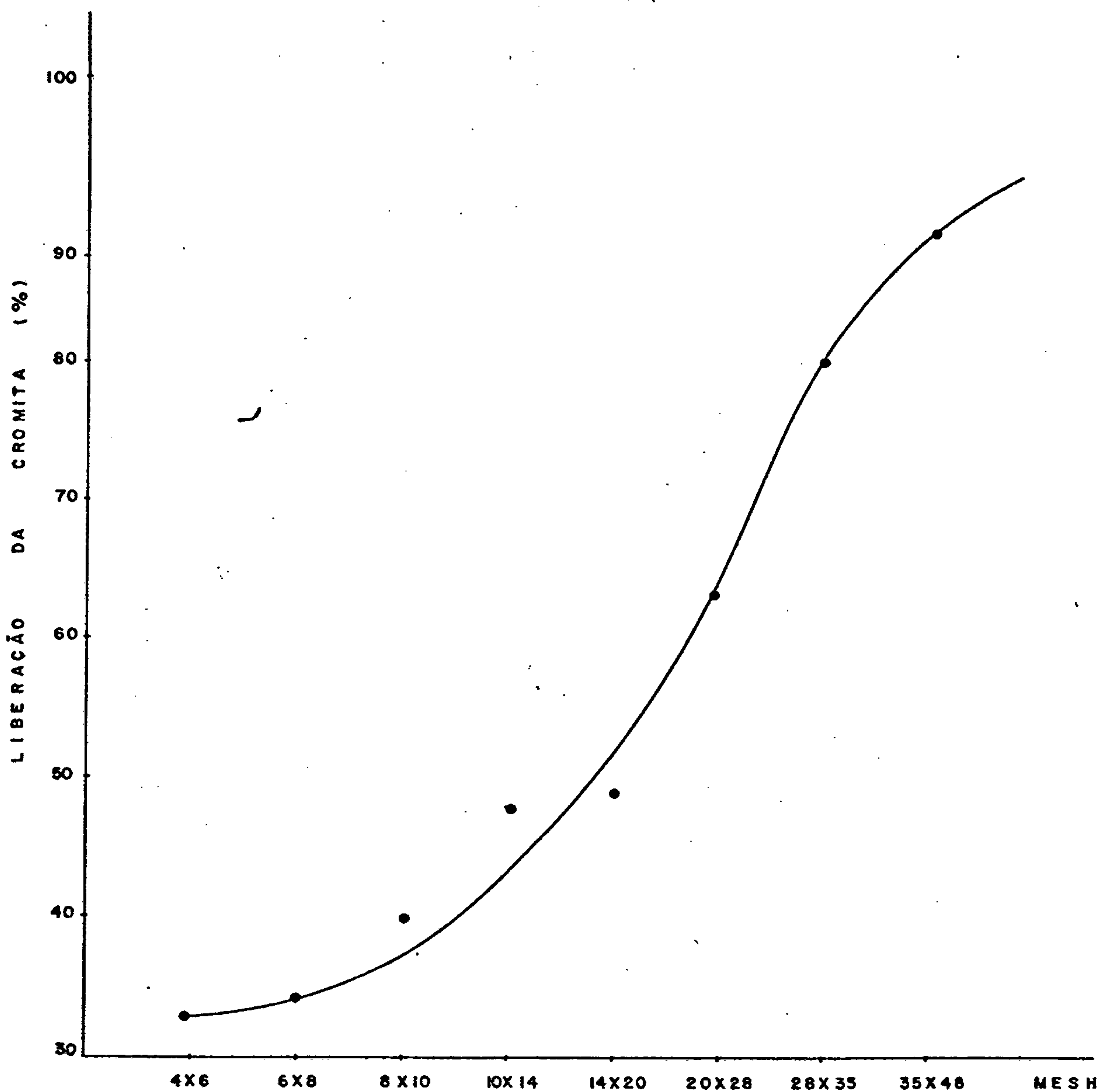


Figura 23 : Curva de liberação da cromita da alimentação de Medrado

### 3.4.2 - Descrição do Processo e Fluxograma de Beneficiamento

O circuito empregado na usina de beneficiamento dessa mineração, obedece ao seguinte esquema (figura 24).

O minério, transportado por caminhão, é colocado em um silo de  $18 \text{ m}^3$ , munido de grade fixa (abertura  $12" \times 24"$ ). Deste, o minério é conduzido por meio de um alimentador vibratório (tipo FAÇO 20040) a um britador de mandíbulas (FAÇO 4535) com abertura de descarga de  $3"$ . O material britado junta-se aos finos do alimentador vibratório, e através de uma correia transportadora são levados a uma peneira vibratória de dois decks (o primeiro com malhas de  $3/4"$  e o segundo com malhas de  $1/4"$ ). Estimou-se que cerca de 60% do retido no primeiro deck segue para um rebritador de mandíbulas (FAÇO 6013) com abertura de descarga de  $5/8"$ , o qual opera em circuito fechado com a peneira vibratória; o restante do material retido é conduzido a um pátio, onde sofre seleção manual, obtendo-se CONCENTRADO "LUMP". Uma parte do retido do segundo deck segue para um rebritador de rolos com abertura de  $3/16"$ , operando também em circuito fechado com a peneira vibratória; a outra parte recircula. O material que passa no segundo deck da peneira vibratória (granulometria inferior a  $1/4"$ ) segue para um tanque desaguador acoplado a um lavador de rosca. O "overflow" deste é descartado, enquanto o "under-

flow" (corte granulométrico de 120 mesh) é levado por correia transportadora até um jigue de três células (MINERALMAQ). O concentrado deste, depois de desaguado num AKINS, constitui-se no CONCENTRADO FINAL da usina.

Essa usina produz cerca de 2.400 t/mês de concentrado.







### 3.4.3 - Balanço Metalúrgico

A tabela XLVIII fornece os teores de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras coletadas na Mineração Vale do Jacurici - Usina de Medrado - nos dias 24 e 25 de novembro de 1976.

Tabela XLVIII - Análise química quantitativa de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  das amostras da usina de beneficiamento de Medrado.

PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS	TEOR DE $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%)
Alimentação da usina (ROM) .....	24,1
Fração do Retido do 1º deck .....	26,6
"Overflow" do tanque desaguador..	6,7
Alimentação do jigue .....	24,7
Rejeito do jigue .....	13,4
Concentrado .....	37,3

Devido às constantes paralisações da usina, impossibilitando-a de entrar em regime ("instead state"), as amostras coletadas deixaram dúvidas quanto à sua representatividade. Desta maneira, os resultados de análise química não puderam ser utilizados no balanço metalúrgico. Vale salientar que uma outra visita técnica foi realizada, em abril/77, visando nova amostragem; no entanto, constatou-se que o mesmo problema de paralisação da usina continuava.

### 3.4.4 - Características do Concentrado

As tabelas XLIX e L apresentam os resultados das análises químicas e granulométrica do concentrado proveniente de Medrado, e a figura 25 a curva granulométrica correspondente.

Tabela XLIX - Composição química do concentrado da Usina de Medrado.

COMPOSTO	TEOR (%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	37,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17,3
SiO <sub>2</sub> .....	8,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	15,3
MgO .....	14,9

A relação Cr/Fe do concentrado, calculado a partir dos resultados da tabela acima é 2,11.

Tabela L : Análise granulométrica do concentrado da usina de beneficiamento de Medrado

MESH TYLER	% RETIDO	% ACUMUL
4	1,47	-
8	9,06	10,53
20	5,48	22,69
35	5,73	33,47
65	17,81	63,10
150	9,12	92,10
200	1,81	

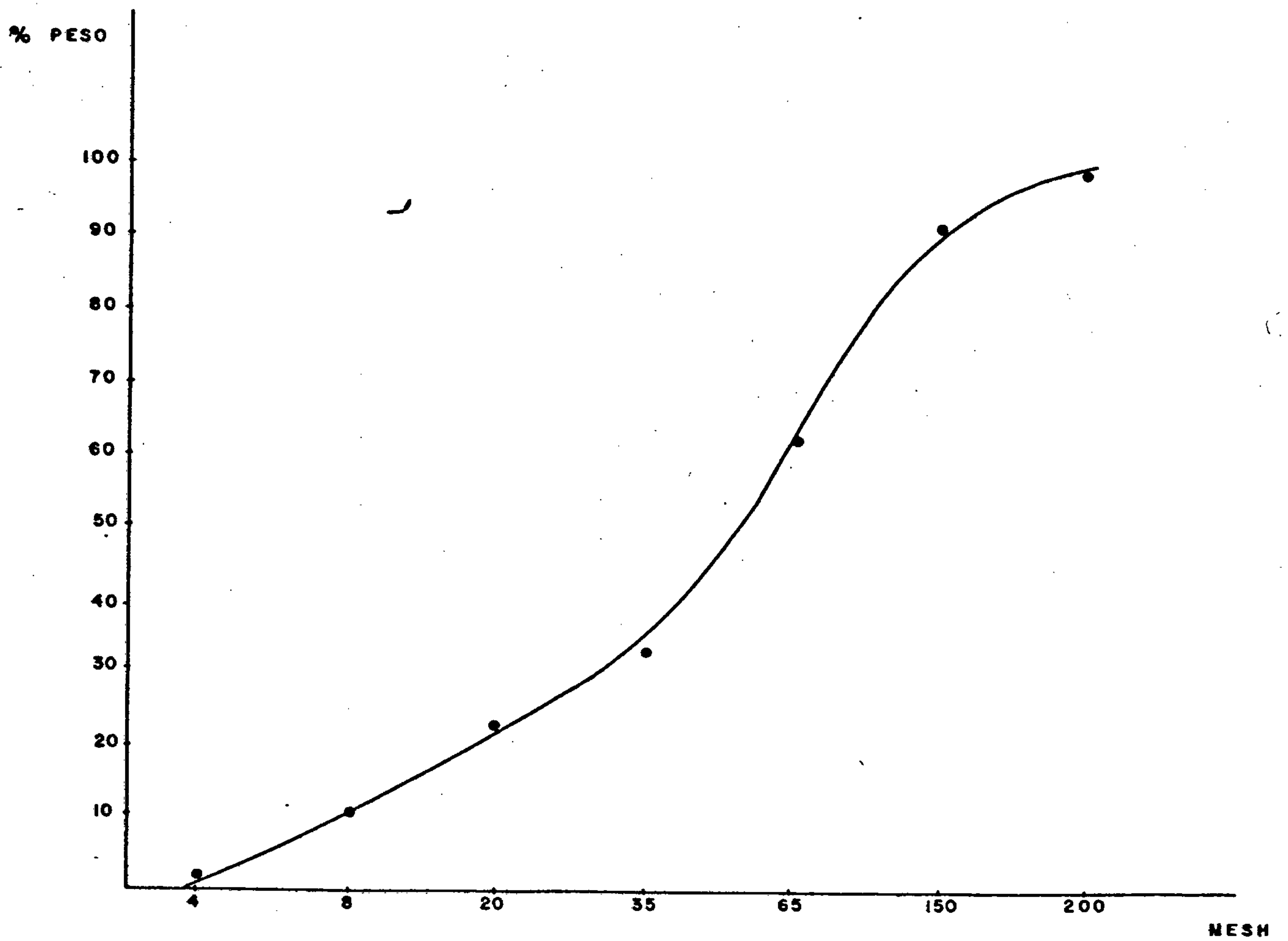


Figura 25: Curva granulométrica do concentrado de Medrado.

## 3.4.5 - Estudo de Laboratório

a - Distribuição Percentual de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 

A tabela LI fornece a distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  em cada faixa granulométrica e as figuras 26 e 27 mostram, respectivamente, o histograma e a curva de distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  de uma amostra da alimentação da Usina de Medrado, britada a 4 Mesh.

Tabela LI - Distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  nas diferentes faixas granulométricas da alimentação da Usina de Medrado.

MESH (Tyler)	% PESO	TEOR DE $\text{Cr}_2\text{O}_3$	DISTRIBUIÇÃO DE $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%)
4 x 6	7,27	18,6	5,4
6 x 8	8,87	18,3	6,5
8 x 10	9,23	18,1	6,7
10 x 14	6,51	17,5	4,6
14 x 20	5,79	18,2	4,2
20 x 28	5,02	19,8	4,0
28 x 35	8,52	28,1	9,6
35 x 48	11,04	35,5	15,7
48 x 65	8,45	38,1	12,9
65 x 100	9,42	33,5	12,6
100 x 150	6,91	32,0	8,9
150 x 200	4,68	25,0	4,7
200 x 325	3,05	20,0	2,5
- 325	5,24	8,4	1,8

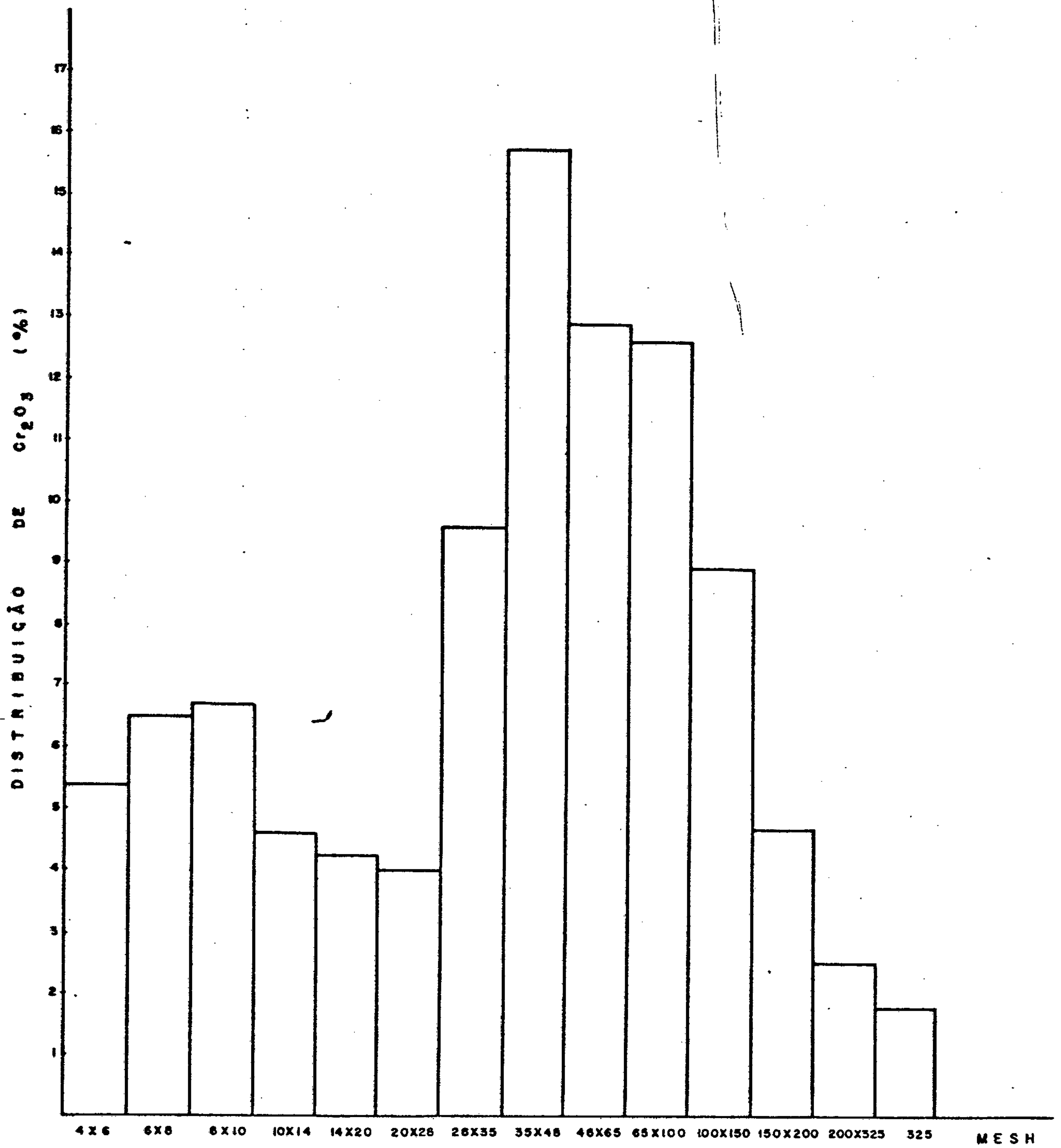


Figura-26: Histograma da distribuição de  $Cr_2O_3$  da alimentação da usina de Medrado.

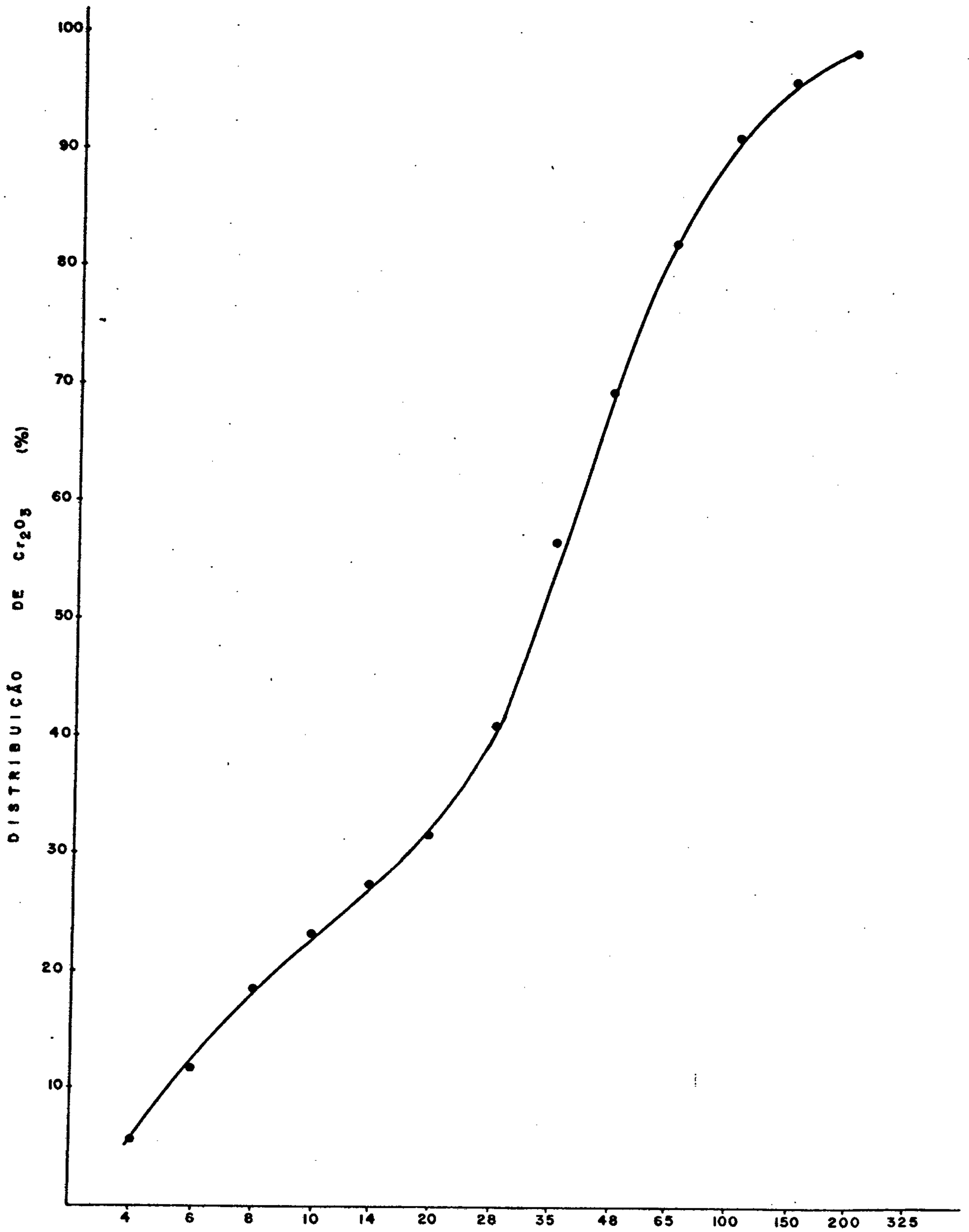


Figura 27: Curva da distribuição de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  da alimentação da usina de Medrado

b - Concentração em Mesa Vibratória

Com base nos resultados da tabela II, verifica-se que a fração granulométrica entre 100 x 325 mesh representa 16% do  $Cr_2O_3$  contido no minério. Como essa fração, praticamente, não é recuperada no circuito de beneficiamento de Medrado (corte granulométrico em 120 mesh), procurou-se concentrá-la através de ensaios de mesa gem.

Os testes foram realizados em mesa vibratória DEISTER (mod. RH 15), o resultado está apresentado na tabela III.

Tabela III - Resultado da concentração em mesa vibratória.

	% PESO	TEOR DE $Cr_2O_3$ (%)	DISTRIBUIÇÃO DE $Cr_2O_3$ (%)
Alimentação	-	27,8	-
Concentrado	48,85	43,9	64,5
Misto	44,13	21,4	34,0
Rejeito	15,02	2,8	1,5

Considerando que num circuito contínuo os produtos intermediários, são normalmente recirculados, a recuperação da mensagem seria da ordem de 85%.

### 3.4.6 - Considerações Gerais e Conclusões

Quanto à recuperação da usina Medrado não foi possível quantificá-la, visto que a amostragem deixou dúvida quanto à sua representatividade, exceção feita à amostra da alimentação.

Os equipamentos da usina nos pareceu mal dimensionados, principalmente do circuito de britagem. Enquanto o britador primário funciona ociosamente, os rebritadores estão subdimensionados. Desta maneira, uma massa significativa da alimentação (fração do retido no primeiro deck da peneira vibratória) é descartado do circuito.

Acredita-se que a eficiência de recuperação do jigge não seja boa, considerando que o material, por este processado, está em uma faixa granulométrica relativamente ampla (1/4" x 120 mesh), mesmo tendo esse jigge a flexibilidade de operar em diferentes pulsações.

Os finos (100 x 325 mesh) que representam 16% do  $Cr_2O_3$ , contido no minério, são descartados do circuito de beneficiamento.

Visando uma melhor eficiência da usina, sugere-se:

- a) Dimensionamento adequado do circuito de britagem;





- b) Classificar a alimentação do jigue em faixas mais estreitas, incluindo mais um jigue no circuito;
- c) Remoagem do rejeito do jigue e seu posterior beneficiamento;
- d) Recuperação dos finos por mensagem.

Quando da última visita técnica (Maio de 77), observou-se que foi introduzido no circuito de beneficiamento de Medrado um jigue secundário de duas células.



### 3.5 - Considerações Finais Sobre a Cromita

A não recuperação dos finos de cromita, pelas usinas brasileiras, é uma das principais razões para a baixa recuperação verificada. Das cinco usinas que atualmente fazem o beneficiamento da cromita no Brasil (Estado da Bahia), a única que possui instalação para recuperação de finos (100 x 325 mesh) é a da SERJANA. Desta forma, as outras deixam de recuperar cerca de 15% do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido no minério.

Constatou-se que o rejeito dos jigues das usinas estudadas, apresenta, em média, um teor de 15 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Pelo estudo de liberação, verificou-se que a cromita contida nesse rejeito, praticamente, não está liberada, de modo que para recuperá-la, deve-se fazer uma remoagem e posterior beneficiamento.

Comparando o minério das usinas de Campo Formoso com o de Medrado (Vale do Jacurici), verificou-se que este é mais favorável ao beneficiamento, tendo em vista uma maior distribuição do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  nas frações mais grosseiras - os ultrafinos (abaixo de 325 mesh), representam apenas 1,5% do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido no minério, britado a 4 mesh. Vale salientar que a relação Cr/Fe no minério de Medrado é mais do que o dobro daquele de Campo Formoso.

Uma das alegações para o não aprovei-

tamento dos finos (100 x 325 mesh) nas usinas brasileiras, era a impossibilidade do seu uso nos fornos metalúrgicos. Entretanto, com a entrada em operação da usina de briquetagem da FERBASA, no Município de Pojuca - BA, esse problema deixa de existir.

A usina de beneficiamento da SERJANA deixou de ser amostrada, por encontrar-se, ainda, em fase de ajustagem ( a SERJANA prevê uma recuperação de 77%). Pelo mesmo motivo, a usina de Laje Nova (Mineração Vale do Jacurici), deixou também de ser amostrada - entrou em operação em maio/77.

CASSITERITA



#### IV - CASSITERITA

##### Considerações Gerais

No levantamento das usinas de cassite<sub>r</sub>ita da Província Estanífera de Rondônia, procedeu-se a uma amostragem visando a estabelecer o balanço metalúrgico das usinas. Com base nesses resultados, seriam iniciados os trabalhos de detalhamento para identificação dos problemas nas operações unitárias.

Os diferentes pontos amostrados nas usinas constaram basicamente de: alimentação, rejeitos e concentrados.

Para se proceder ao balanço metalúrgico, todas as amostras foram devidamente preparadas e submetidas à análise química quantitativa para Sn. Quanto à análise química das amostras de concentrado, não houve maiores problemas, o mesmo não ocorrendo nas amostras de alimentação e rejeito. Para estas foram tentados diferentes métodos de análise, inclusive em laboratórios fora da CPRM (particulares), não se chegando, até o momento, a nenhum resultado positivo. Os resultados obtidos foram apenas semi-quantitativos, não se prestando portanto, para utilização em balanço metalúrgico.

Considerando os motivos acima expos -

tos, não foi possível a realização dos cálculos do balanço metalúrgico das usinas amostradas. Todo o material amostrado encontra-se arquivado, estando em desenvolvimento método de análise química quantitativa, aplicáveis às amostras de alimentação e rejeito. Tão logo se chegue a resultados positivos, o balanço metalúrgico das referidas usinas, serão apresentados em relatório complementar.

Para seleção das usinas a serem amostradas, alguns critérios foram adotados. Quanto à amostragem realizada, foram incluídas no trabalho em questão um número significativo de usinas, que no total representam 75% da produção anual de cassiterita em Rondônia (ano 1975) e envolvendo os seguintes grupos:

GRUPO BRASCAN

Companhia de Mineração Jacundá - Setor Jacundá

- Usina São Sebastião
- Usina Caneco

GRUPO ITAÚ

Mineração Oriente Novo S.A. - Setor Oriente Novo

- Mina do Seringueiro

- Mina do Fino
- Usina Concentradora Final

Mineração Oriente Novo S.A. - Setor  
S. Lourenço

- Mina Desgraça
- Mina Saubinha
- Usina Concentradora Final

GRUPO CESBRA

Mineração Brasiliense S.A. - Setor Santa Bárbara

- Palong com jigue
- Palong sem jigue
- "Washing Plant"
- Usina Concentradora Final

GRUPO PARANAPANEMA

Mineração Taboca - Setor Massangana

- "Washing Plant" B.1
- Planta Móvel B.2
- "Washing Plant" B.3
- Usina Concentradora Final

V - BIBLIOGRAFIA

5.1 - Bibliografia Referenciada

- 1 - GROGAN, R.M. - "Fluorspar and Cryolite", in Industrial Minerals and Rocks - AIME, 1960.
- 2 - WORLD MINERALS AVAILABILITY - "Aluminum, Copper and Fluorspar" - Final Report, vol.5 - Stanford Research Institute - April/76.
- 3 - WORLD MINERALS AVAILABILITY - "Ferrous Metals". Final Report, vol.4 - Stanford Research Institute - April/76.
- 4 - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, DNPM - "Reservas de Cromita no Estado da Bahia - Estatística Brasileiras Sobre Cromita e Fe-Cr" - Boletim Avulso, Maio/77.
- 5 - INDUSTRIAL MINERALS - "Roskill on Chromite" pp.39-44, september 1972.
- 6 - BACELLAR, G.A.; LEAL, G.R.N. - "Perfil Analítico da Cromita", Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1973.
- 7 - LAY, W.C.; BELL, G.M. - "Fluorspar Beneficiation at Alcoa Raw Materials", in Froth Flotation - AIME, 1962.



# BIBLIOGRAFIA

## 5.2 - Bibliografia Consultada

### 5.2.1 - Fluorita

- 1 - SEETON, A.F. - "Fluorspar Metallurgy and Flowsheets" Bulletin nº G 3 - B 148 - Denver Equipment Division , 1970.
- 2 - GUCCIONE, E. - What's Going on in the Fluorspar Industry - Eng. Mining Journal, pp. 64-73 , dec. 1972.
- 3 - MAC MILLAN, R.T. - "Fluorine" - Mineral Facts and Problems - Bureau of Mines, pp. 989-1000, 1970.
- 4 - BEVILACQUA, C.T. - "Perfil Analítico da Fluorita", Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1973.
- 5 - BLAZY, P.; HOUOT, R.; CASES, J. - "Recovery and Selectivity in Treatment of Fluorite" - Flotation Practice.
- 6 - ROBERT, D. - "Concentration de Fluorine Utilisant des Réactifs Cationiques", Industrie Minerale - Mineralurgie, pp. 25-32, fev.1975.
- 7 - MASINI E.A.; TORRES W.F. - "Estudos de Concentrados de Minério de Fluorita", Revista Minérios e Metais 3 (7), out.1973.
- 8 - WORLD MINING - "Thailand Flotation Mill Now Producing Acid Grade Fluorspar", june.1973.
- 9 - GRISANDI - "A Fluorita", Revista Mineração e Metalurgia, junho.1972.

## 5.2.2 - Cromita

- 1 - INDUSTRIAL MINERALS - "Chromite - Transvaal the Key"  
pp. 15-33, aug.1975.
- 2 - BRANTLEY F.E. - "Chromium" - Mineral Facts and Problems - Bureau of Mines, 1970.
- 3 - NOBLE M.A. - "Chrome - Demand Plunges While Ore Prices Soar", Eng. Mining Journal, march.1976.
- 4 - COHEN E.; Ng W.K. - "Process of Pelletizing and Leaching Chromite ore Concentrates" - Advances in Extractive Metallurgy, Elsevier Pub. Co. Ltd, New York, 1967.
- 5 - YOUNG R.S. - "Chromium" - Chemical Analysis in Extractive Metallurgy, Charles Griffin Co. Ltd., London, 1971.
- 6 - GRISANTI - "O Cromo", Revista Mineração e Metalurgia, julho.1972.
- 7 - MINING MAGAZINE - "Chrome Mining in Finland" pp. 287 - 293, oct.1974.

### 5.2.3 - Geral

- 1 - TAGGART, A.F. - Handbook of Mineral Dressing, John Wiley and Sons, 1954.
- 2 - GAUDIN, A.M. - Principles of Mineral Dressing, Mc Graw Hill, 1939.
- 3 - GAUDIN, A.M. - Flotation, Mc Graw-Hill, 1957.
- 4 - DOW - Flotation Fundamentals, The Dow Chemical Company, 1970.
- 5 - ADORJAN, L.A. - "Mineral Processing", Mining Annual Review, pp. 225-251, 1975.
- 6 - JOWETT, A. - "Ore Concentration - Practice and Trends", Mine and Quarry, pp. 37-42, july.1974.
- 7 - CUTTING, G.W. - "Estimation of Interlocking Mass-Balances on Complex Mineral Beneficiation Plants", Int. J. Mineral Processing, 3 , pp. 207-218, 1976.
- 8 - WHITE J.W. - "A Useful Technique for Metallurgical Mass-Balances - Application in Grinding", Int. J. Mineral Processing, 4 , pp. 39-49, 1977.
- 9 - MULAR, A.L. - "Mass Balance of a Grinding Circuit", CIM Bulletin, pp. 124 - 129, dec. 1976.
- 10 - LEWIS, F.M. - "Comminution: a Guide to Size-Reduction System Design", Mining Engineers, sep. and nov. 1976.

- 11 - JULL, N.A. - "Parameters for Cyclone Selection", Canadian Mining Journal, pp. 37-43, june.1972.
- 12 - JONES, J.R. - "The Principles of Froth Flotation of Minerals", Minerals Engineering, pp. 45-52, jan.1975.
- 13 - OSBORNE, D.G. - "The Practice of Mineral Flotation" , Mineral Engineering, pp. 37-43, fev.1976.
- 14 - TRAJANO, R.B. - "Amostragem", Eng. Mineração e Metalurgia, nº 220, pp. 149-154, Abril. 1963.
- 15 - A.S.T.M. - "Sampling of Iron Ores", Annual ASTM Standards, Part 32, 1973.
- 16 - GY, P.M. - "The Sampling of Broken Ores: a Review of Principles and Practice"; Geological, Mining and Metallurgical Sampling, IMM, 1974.
- 17 - ISHIKAWA, K. - "Establishment and Control of the Sampling Procedure for Bulk Materials", Geological, Mining and Metallurgical Sampling, pp. 206-209, I.M.M., 1974.
- 18 - LEVIN, J. - "Mixing and Sampling Procedures Used at the National Institute for Metallurgy, South Africa" , Geological, Mining and Metallurgical Sampling, pp.210-219, I.M.M., 1974.
- 19 - WATSON, D. - "Sampling and Evaluation of Results of Small-Scale Continuous Flotation Circuits in Non-Steady State", Geological, Mining and Metallurgical Sampling, pp. 220-231, I.M.M., 1974.

# APÊNDICE

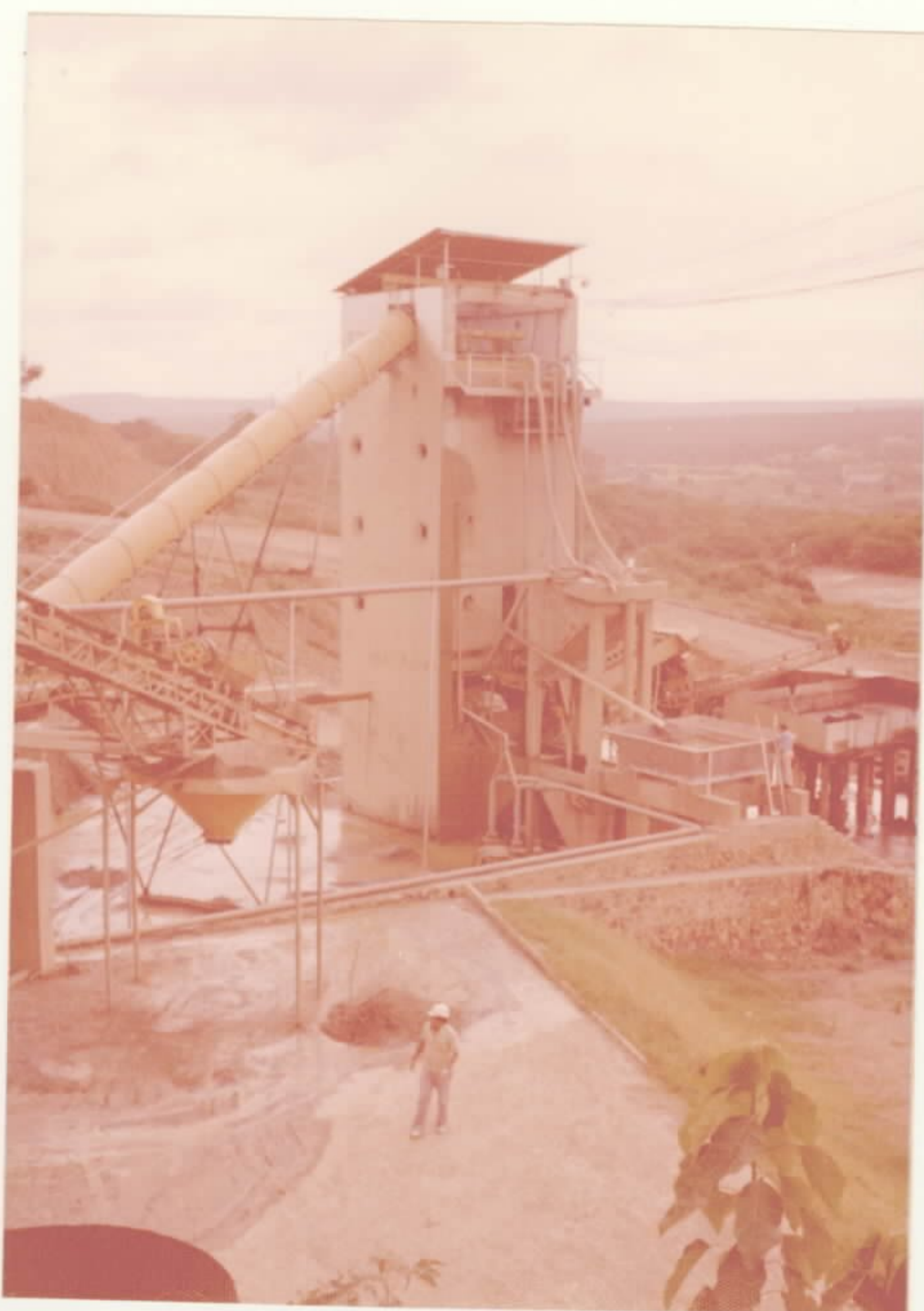


Foto 1 - Vista parcial  
da usina



Foto 2 - Instalações do novo circuito  
de britagem



Foto 3 - Classificação em peneira vibratória



Foto 4 - Pátio do rejeito do tromel



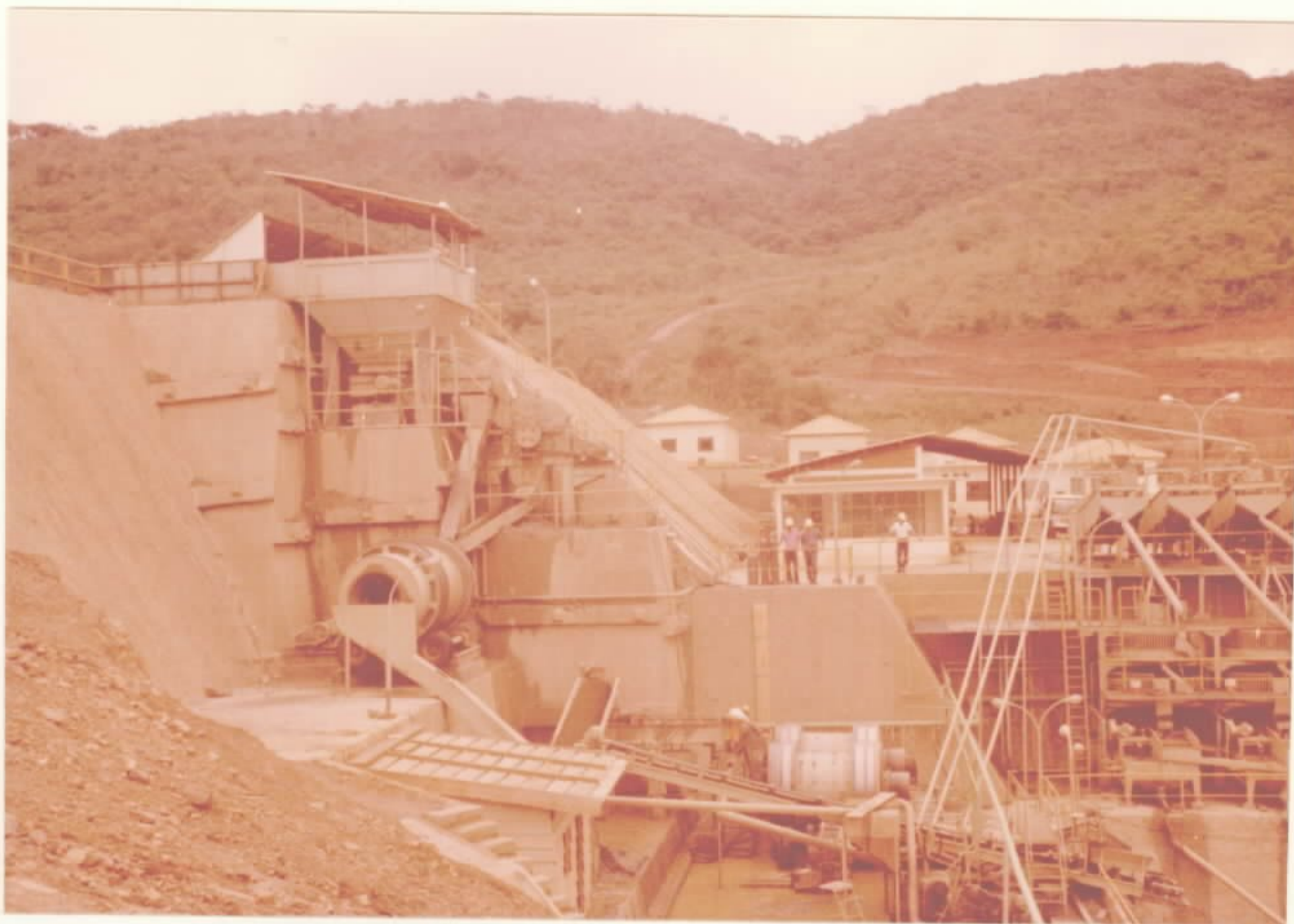


Foto 5 - Vista parcial da usina, parte inicial do circuito



Foto 6 - Vista parcial da usina, parte final do circuito

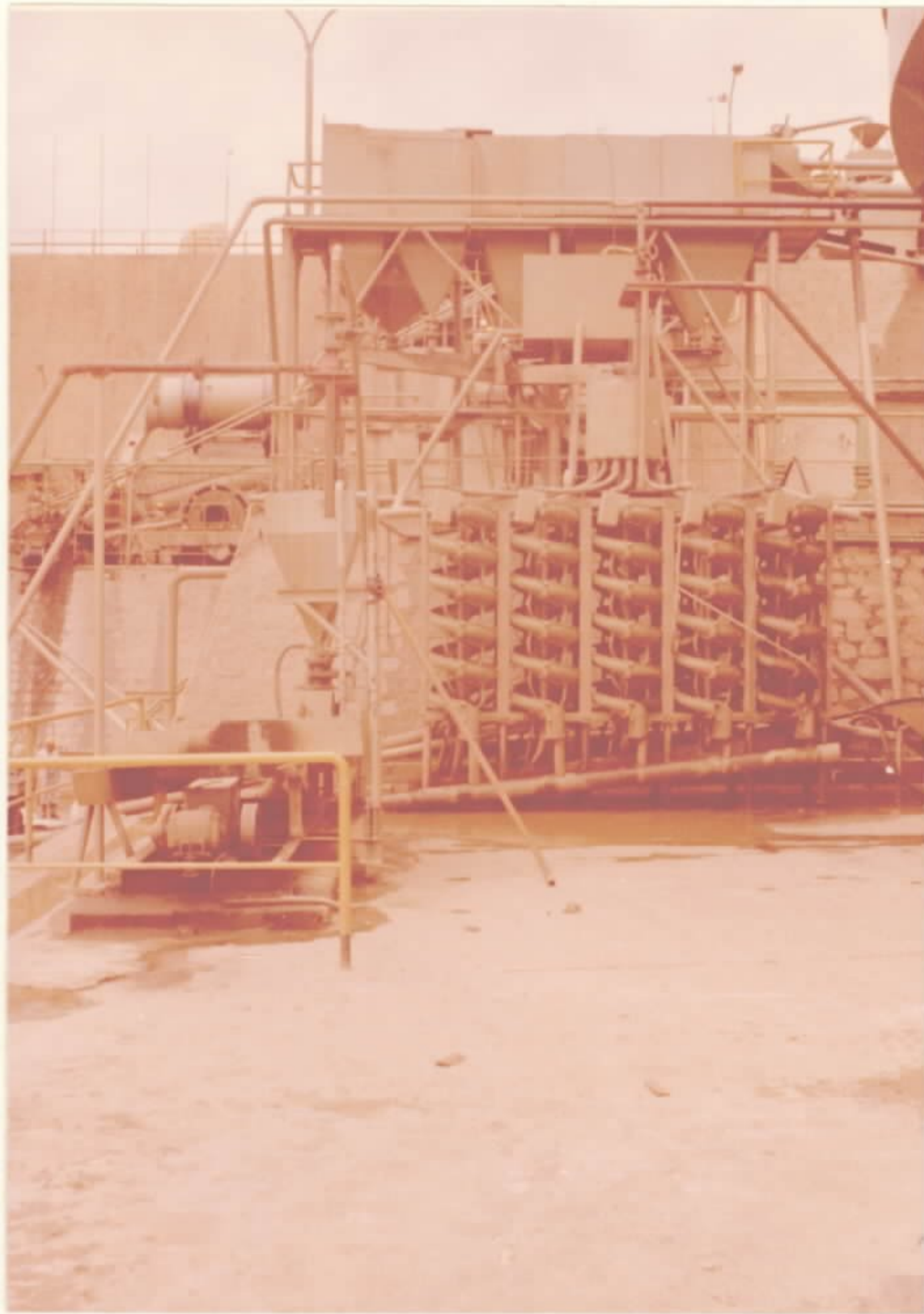


Foto 7 - Cones decanadores e espirais de Humphrey



Foto 8 - Classificadores de arraste, panelas concentradoras e jiges

MINERAÇÃO VALE DO JACURICI  
USINA DE MEDRADO

123



Foto 9 - Vista da usina



Foto 10 - Catação manual

MINERAÇÃO SERRA DA JACOBINA  
SERJANA

124



Foto 11 - Vista parcial da usina



Foto 12 - Mesas concentradoras



Foto 13 - Vista da usina de Lage Nova-Mi-  
neração Vale do Jacurici

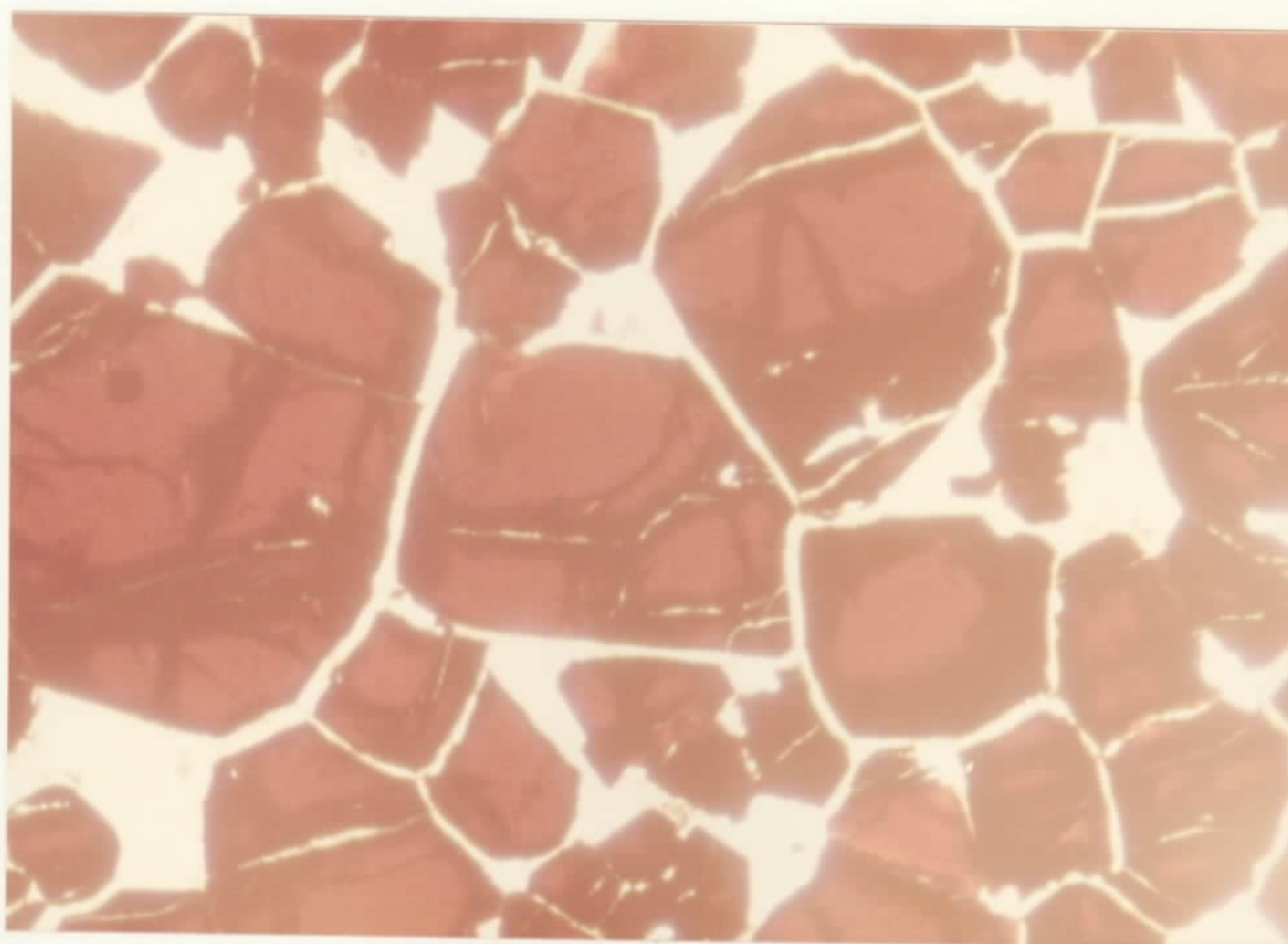


Foto 14 - Fotomicrografia mostrando a  
associação da magnetita (escura)  
com a cromita (marron)

## AGRADECIMENTOS

Aos técnicos e demais funcionários das Minerações visitadas e amostradas - Mineração Santa Catarina, Mineração Fluorita S.A., Flotação de Minérios Sul Catarinense, Mineração Nossa Senhora do Carmo, Coitezeiro Mineração S.A., Mineração Pedrinhas, Mineração Vale do Jacurici, Mineração Serra da Jacobina, Mineração Jacundá, Mineração Oriente Novo S.A., Mineração Brasiliense S.A. e Mineração Taboca - pela colaboração prestada à execução deste Projeto.

A todos ainda que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste Projeto.