

**PROJETO**  
**USINAS DE BENEFICIAMENTO**  
**ESTUDO DE MINÉRIOS SILICATADOS DE ZINCO**  
**RELATÓRIO FINAL**

*Francisco W. Hollanda Vidal*

*Mario Valente Possa*

*I-96*

	SUREMI SEDETE
CPRM	ARQUIVO TÉCNICO
Relatório nº	<i>953</i>
N.º de Volumes:	<i>1</i> V.º: <i>1-5</i>

*PHL*  
*013233*  
*2007*

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

CETEM

1980

**PROJETO USINAS DE BENEFICIAMENTO**  
**ESTUDO DE MINÉRIOS SILICATADOS DE ZINCO**

**Coordenador**

**Adão Benvindo da Luz**

**Chefe do Projeto**

**Francisco W. Hollanda Vidal**

**Equipe Executora**

**Francisco W. Hollanda Vidal**

**Mario Valente Possa**

**Colaboração**

**Hedda Figueira**

**Carlos Adolpho M. Baltar**

PROJETO USINAS DE BENEFICIAMENTO

RELATORIO FINAL

INDICE DO VOLUME

	Pag.
1. INTRODUÇÃO	1
2. ASPECTOS GERAIS	3
3. COMPANHIA MINEIRA DE METAIS - CMM	7
3.1 - Mineração	7
3.2 - Beneficiamento	8
3.3 - Metalurgia Extrativa	9
3.3.1 - Pirometalurgia	9
3.3.2 - Hidrometalurgia	10
4. MINERAÇÃO AREIENSE S.A. - MASA	13
4.1 - Mineração	13
4.2 - Beneficiamento	13
4.3 - Metalurgia	14
5. ESTUDO DO MINERIO DA MINERAÇÃO AREIENSE S.A. - MASA	17
5.1 - Considerações Gerais	17
5.2.- Caracterização Química e Mineralógica	19
5.2.1 - Composição Química Global	19
5.2.2 - Caracterização Mineralógica	22

	Pag.
5.2.2.1 - Estudo de Liberação	23
5.2.2.2 - Composição Mineralógica	36
5.3 - Descrição do Processo e Fluxograma de <u>Be</u> neficiamento	36
5.3.1 - Circuito da Usina	36
5.3.1.1 - Britagem	36
5.3.1.2 - Classificação/Deslamagem e Escolha Manual	39
5.3.1.3 - Concentração	42
5.3.2 - Balanço Metalúrgico da Usina	42
5.3.3 - Características dos Concentrados	44
5.3.4 - Características dos Rejeitos	50
5.4 - Estudo de Laboratório	50
5.4.1 - Minério da Mina	52
5.4.2 - Minério da Usina	67
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	86
BIBLIOGRAFIA	

## I. INTRODUÇÃO

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

Para atingir estes objetivos, dentro da programação estabelecida para estudo de usinas de beneficiamento de zinco, foram visitadas as principais minerações de zinco, segundo dados obtidos junto aos Distritos do DNPM, e em seguida realizadas as etapas a saber:

- Levantamento dos fluxogramas de beneficiamento;
- Amostragem nos diversos pontos do fluxograma de beneficiamento, julgados necessários;
- Balanço metalúrgico;
- Caracterização tecnológica do minério;
- Ensaio de laboratório, visando melhorar a eficiência de recuperação da usina.

Na execução dos trabalhos, foram visitadas as usinas da Companhia Mineira de Metais - CMM, do Grupo Votorantin, e da Mineração Areiense S.A. - MASA, do

Grupo Ingá, ambas em Vazante-MG, além das instalações hidrometalúrgicas de Três Marias e Itaguai, respectivamente. Face ao fato de que a usina de concentração da CMM estava desativada, à época da visita, os trabalhos experimentais de laboratório constantes do presente relatório abrangem, apenas, a MASA.

Outrossim, para manter a unidade de relatório, foram apresentados aspectos julgados de interesse, quanto às instalações da CMM. Saliente-se, entretanto, que a parte experimental referente ao minério da CMM não foi descuidada, sendo descrita, para maior clareza, no relatório do "Projeto Concentração por Flotação de Silicatos de Zinco".

## 2. ASPECTOS GERAIS

O zinco é um metal com uma densidade de 7,1 que sob aquecimento a temperatura superior a  $120^{\circ}\text{C}$ , transforma-se de frágil para dúctil, e após tratamento mecânico, ele mantém essa característica até mesmo após esfriar. Essa propriedade permite ao zinco aplicações envolvendo laminação e desenhos mecânicos como lâminas para baterias secas, clichês, equipamentos de aeronaves e de automóveis, entre outros. Seu mais importante mercado é na indústria de transporte consumindo zinco sob a forma de chapas galvanizadas, óxido de zinco, ligas de fundição e latão.<sup>(1)</sup>

A solubilização do zinco em outros metais permite sua utilização em ligas. Ligas de latão contendo de 5% a 40% de zinco são conhecidas por sua ductibilidade e resistência à corrosão. Ligas de fundição sob pressão são caracterizadas por suas dimensões acuradas e por sua excelente superfície final.

O baixo ponto de fusão,  $419^{\circ}\text{C}$ , e seu potencial eletroquímico são vantajosos para sua utilização na galvanização. A excelente resistência à corrosão dos produtos galvanizados é devido a facilidade do zinco reagir com a atmosfera e formar filmes de carbonato que inibe o ataque ao zinco e, conseqüentemente, protege a estrutura de metal ou metais que é revestida.<sup>(1)</sup>

Outras aplicações do zinco na indústria estão ligadas às propriedades físicas, químicas e biológicas.

cas. Os óxidos de zinco são usados na vulcanização de borrachas, tintas e produtos cerâmicos. As propriedades germicidas e fungicidas de muitos compostos orgânicos e inorgânicos de zinco propiciam seu uso em produtos farmacêuticos.

A Tabela I apresenta as principais aplicações do zinco nas diversas indústrias.

Laminado	Galvanizado	Ligas	Óxidos
- Lâminas para baterias	- Revestimentos de chapas e estruturas	- Latões - Peças fundidas	- Tintas - Borrachas
- Clichês	-	- Acessórios elétricos	- Produtos cerâmicos
- Equipamentos para aeronaves e automóveis	- Tubos - Arames - Parafusos	- Tubos - Arames - Equipamentos para automóveis	- Produtos farmacêuticos
	- Porcas	- Bronzes	- Vidros

Tabela I - Principais aplicações do zinco nas indústrias

Entre os principais minerais de zinco encontramos a zincita, a blenda, a willemita, a hidrozincita, a hemimorfita, a wurtzita, a smithsonita, a franklinita cujas características são mostradas na Tabela 2.

MINERAL	FÓRMULA	DENSIDADE	TEOR EM Zn(%)
Zincita	ZnO	5,68	80,25
Blenda	ZnS	3,90 - 4,10	67,15
Willemita	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	3,90 - 4,20	58,70
Hidrozincita	2ZnCO <sub>3</sub> · 3Zn(OH) <sub>2</sub>	3,60 - 3,80	57,10
Hemimorfita	2 ZnOSiO <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	3,40 - 3,50	54,30
Wurtzita	(Zn, Fe)S	3,98	47,00 - 56,00
Smithsonita	ZnCO <sub>3</sub>	4,35 - 4,40	52,00
Franklinita	(Zn, Mn, Fe) (Fe, Mn) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,15	6,00 - 21,00

Tabela 2 - Principais características dos minerais de zinco

No Brasil o maior jazimento de zinco encontra-se na Série Calcária Bambuí, do pré-cambriano-Eopaleozóico na região central do Estado de Minas Gerais.<sup>(10)</sup> Na jazida de Vazante, no município do mesmo nome, o minério é do tipo silicatado (hemimorfita) e é a maior jazida do país. No município de Paracatú, encontra-se a Jazida de Morro Agudo, cujo minério é do tipo sulfetado.

Os problemas básicos de produção de zinco no Brasil estão ligados diretamente com o minério, que por ser silicatado, na maior parte, implica no desenvolvimento de um processo próprio, uma vez que na maioria dos países produtores de zinco, este é obtido a partir de minérios sulfetados de fácil concentração por flotação.

### 3. COMPANHIA MINEIRA DE METAIS - CMM

#### 3.1 - Mineração

O minério é constituído principalmente por :

- Calamina (ou hemimorfita) ,  
( $2 \text{ ZnO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), representa o mine-  
ral minério mais abundante e muitas  
vezes aparece sob a forma de cristais  
bem formados;
- Willemita,  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ , apresenta-se em  
boa quantidade;
- Smithsonita,  $\text{ZnCO}_3$ , menor quantidade;
- Hidrozincita,  $2 \text{ ZnCO}_3 \cdot 3 \text{ Zn(OH)}_2$ , apre-  
senta-se sob a forma de concreções  
friáveis (raro);
- Zincita,  $\text{ZnO}$  (raro).

A encaixante é constituída principalmen-  
te por calcário dolomítico. Em profundidade os minérios oxi-  
dados de zinco tornam-se ferruginosos com variações de co-  
res, desde amarelo até vermelho, de acordo com o teor de Fe  
e Argila.

O minério apresenta uma estrutura ligei-  
ramente filonar, tendo na parte central a willemita e nas

bordas a calamina. Em algumas partes, o filão chega a atingir a profundidade de 70 m, com uma extensão de alguns quilômetros.

O minério é atualmente lavrado a céu aberto e constituído principalmente por willemita, resultante de uma lavra seletiva, que proporciona um produto em torno de 40% Zn. A willemita, por ser compacta, necessita de explosivos para o desmonte. O mesmo nem sempre acontece com a calamina que, por ser friável, é normalmente desmontada com o auxílio de pá carregadeira. Durante a lavra seletiva da willemita, a calamina é lavrada e estocada para futuro beneficiamento.

### 3.2 - Beneficiamento

O minério atualmente lavrado (willemita) não passa por nenhuma concentração, mas apenas uma britagem a 1". Este, posteriormente é transportado por caminhão (70 km de estrada de terra e 200 km asfaltada) até a usina metalúrgica em Três Marias - MG.

Há alguns anos atrás (1965) a Companhia Mineira de Metais, através da aquisição de "know-how" italiano, instalou em Vazante, uma usina de beneficiamento para concentração do minério de mais baixo teor (calamina), através da concentração em meio denso para o minério mais grosso e flotação para o minério mais fino. O fluxograma utili-

zado na referida usina consta basicamente de: circuito de britagem, meio denso, moagem/classificação e uma bateria de 70 (setenta) células de flotação. Por problemas de ordem técnica o tempo de utilização dessa usina foi relativamente curto, encontrando-se atualmente em fase de re-instalação, em virtude da instalação do forno LURGI.

### 3.3 - Metalurgia Extrativa

#### 3.3.1 - Pirometalurgia (Processo Waelz)

Como aproxima-se a exaustão do minério de alto teor (willemita), a Companhia Mineira de Metais instalou uma usina pirometalúrgica para, a partir do minério de 20-25% Zn, constituído principalmente por calamina, produzir óxido de Zinco (35.000 t/ano). Este será processado posteriormente em Três Marias, através de lixiviação/purificação química e eletrorrecuperação, analogamente ao que se faz atualmente para o minério "in natura".

O processo utilizado para o minério de 20% Zn é o PROCESSO WAELZ (forno LURGI). Este trabalha bem melhor quando o minério possui bastante calamina já que willemita e smithsonita prejudicam muito o ajuste de basicidade de  $\frac{(CaO\% + Mg\%)}{SiO_2\% + Fe\%}$  que deve permanecer numa relação entre 0,1 - 0,2. (Fonte CMM).

O PROCESSO WAELZ consta basicamente da redução do silicato de zinco a Zn metálico pela vaporização deste. Os vapores (Zn) produzidos são submetidos a uma atmosfera oxidante e precipitado em câmaras de condensação sob a forma ZnO (Figura 1).

### 3.3.2 - Hidrometalurgia

A usina metalúrgica da Companhia Mineira de Metais, em Três Marias - MG, processa o minério (willemita a 40% Zn) proveniente de Vazante, produzindo anualmente cerca de 40 (quarenta) mil toneladas de Zn. O "Know-How" foi originalmente adquirido da Itália, porém no decorrer do tempo sofreu modificações. O processo utilizado é hidrometalúrgico e consta basicamente de: moagem, lixiviação por agitação, filtragem em contra corrente, purificação química da solução, eletrorrecuperação e fundição dos catodos para produção das diferentes formas comerciais (Figura 2).

Na eletrorrecuperação utiliza-se "STARTING SHEET" de alumínio e anodos de chumbo com 2% prata. A estripagem é feita a cada 24 horas.

Consumo de ácido no processo é cerca de 500 kg de  $H_2SO_4$ /t de Zn produzido.

Com a entrada em operação do forno WAELZ, em Vazante, o ZnO produzido é também processado em Três Marias. A produção prevista é de 65 (sessenta e cinco) mil toneladas de zinco por ano.

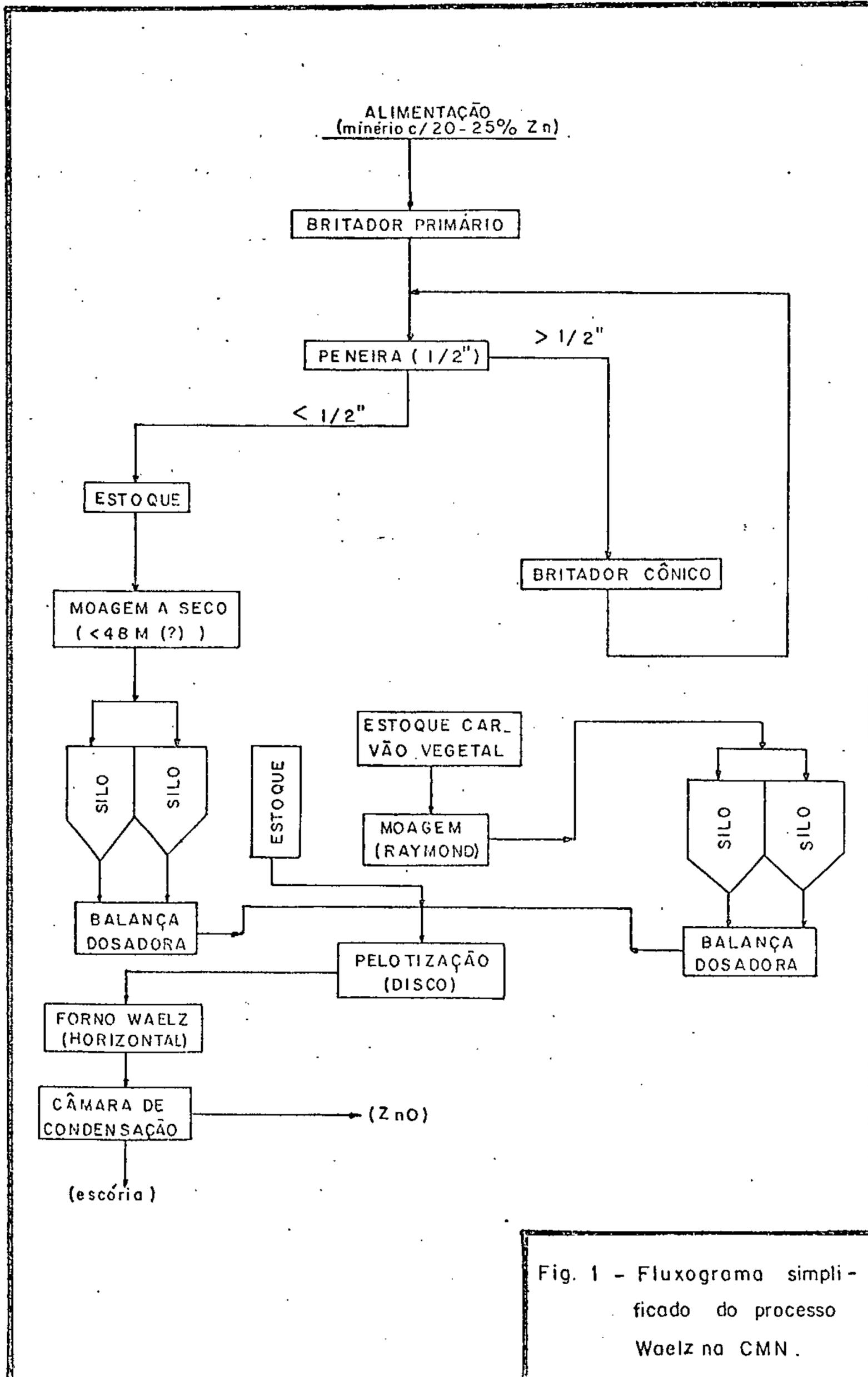
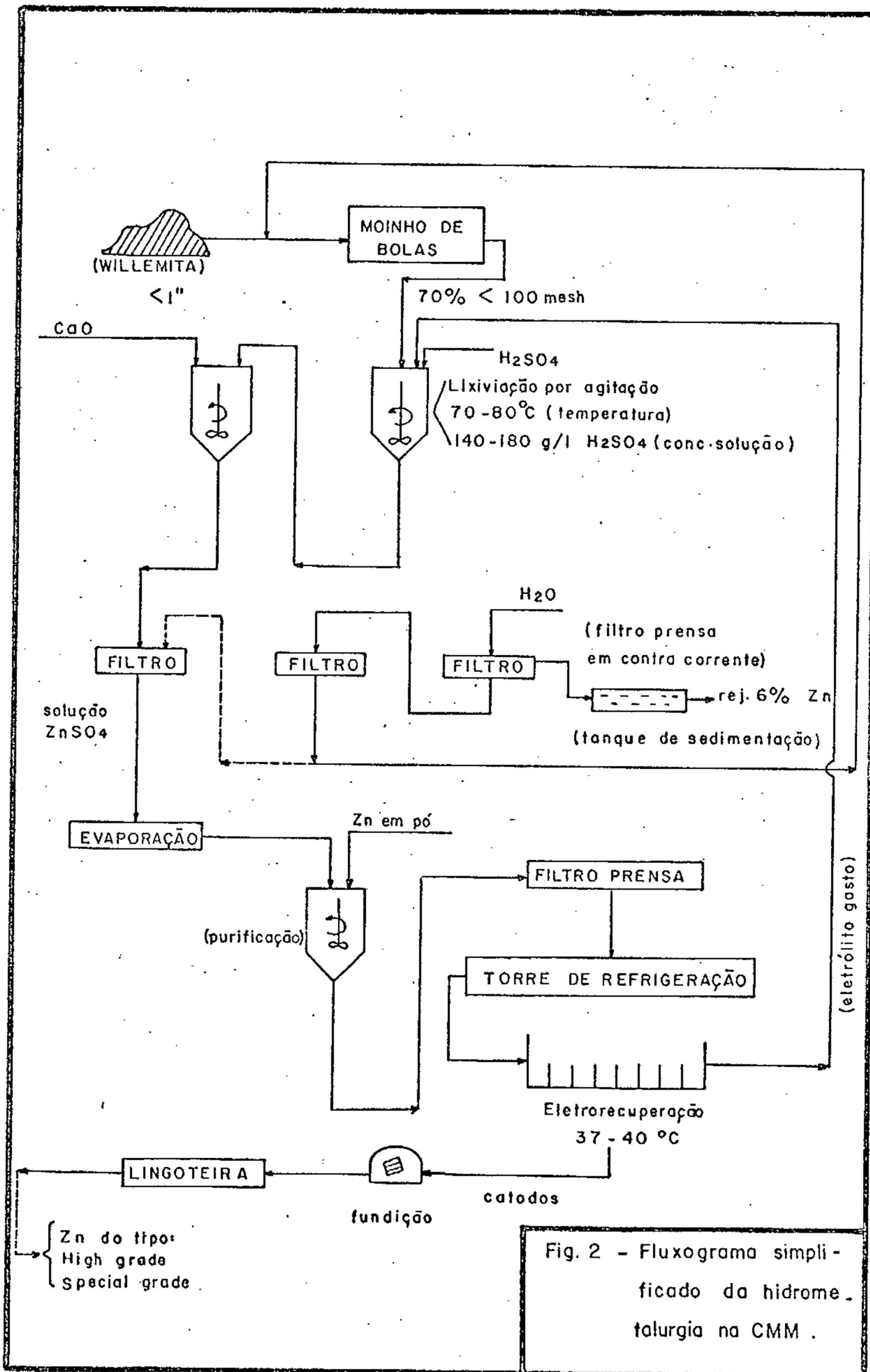


Fig. 1 - Fluxograma simplificado do processo Waelz na CMN.



#### 4. MINERAÇÃO AREIENSE S.A. - MASA

##### 4.1 - Mineração

A MASA está situada na mesma área da CMM e a cerca de 10 km desta. Pertence ao Grupo da Companhia Industrial Mercantil Ingá.

A mineralização é extremamente irregular, ocorrendo em bolsões. Pouco se conhece da reserva de minério existente. Por essa razão observa-se, aparentemente, uma ausência de planejamento da lavra. Esta é feita seguindo os bolsões da mina. Devido à natureza friável do minério, o desmonte é feito com pá carregadeira e, eventualmente, com explosivo.

O minério é constituído basicamente pelos seguintes minerais de zinco:

- Hemimorfita ou Calamina
- Smithsonita

##### 4.2 - Beneficiamento

O beneficiamento do minério na MASA é relativamente simples e consta basicamente de: britagem, classificação, deslamagem e jigagem.

Até bem pouco tempo, a única operação que se tinha na usina de beneficiamento da MASA era uma lavagem em tromel e desague em classificador espiral. Recentemente foi introduzido um jig (MINERALMAQ) de 3 (três) células.

#### 4.3 - Metalurgia

Em Itaguaí-RJ, a Companhia Industrial e Mercantil Ingá, processa o minério beneficiado (25% Zn), proveniente de Vazante, produzindo anualmente cerca de 12 (doze) mil toneladas de Zn. Esta usina metalúrgica pertence ao mesmo grupo empresarial da MASA (Grupo Ingá).

O processo utilizado é hidrometalúrgico e consta de moagem/lixiviação com agitação/purificação química/eletrorecuperação e fundição (Figura 3). O fluxograma consiste na moagem do minério de zinco junto com pirolusita, classificação em ciclone a 100 mesh e subsequente lixiviação. Esta é realizada com solução de retorno da eletrólise mais ácido sulfúrico concentrado ( $\text{pH} = 1$ ), a  $90 - 100^\circ\text{C}$ , com agitação. A polpa é tratada com Cal (até  $\text{pH} = 5$ ) e  $\text{KMnO}_4$  e em seguida decantada e filtrada. A solução é tratada com zinco em pó, para precipitar o cádmio e cobre. O precipitado, separado em filtro prensa, sofre purificação, eletrodeposição e fusão obtendo-se o cádmio metálico. O filtrado é tratado com  $\text{AsNa}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$  e nitrito (Na ou K) havendo a precipitação do Co e Ni, separados por filtração. A solução é eletro-

lisada, fornecendo o zinco que é purificado por fusão.

A produção anual de cádmio é de 36 toneladas. As tortas de cobre (2º tratamento) e cobalto (3º tratamento) são atualmente estocadas para futuramente serem processadas.

O 4º tratamento é incluído no processo quando o teor de ferro após o 3º tratamento está acima de 10 ppm.

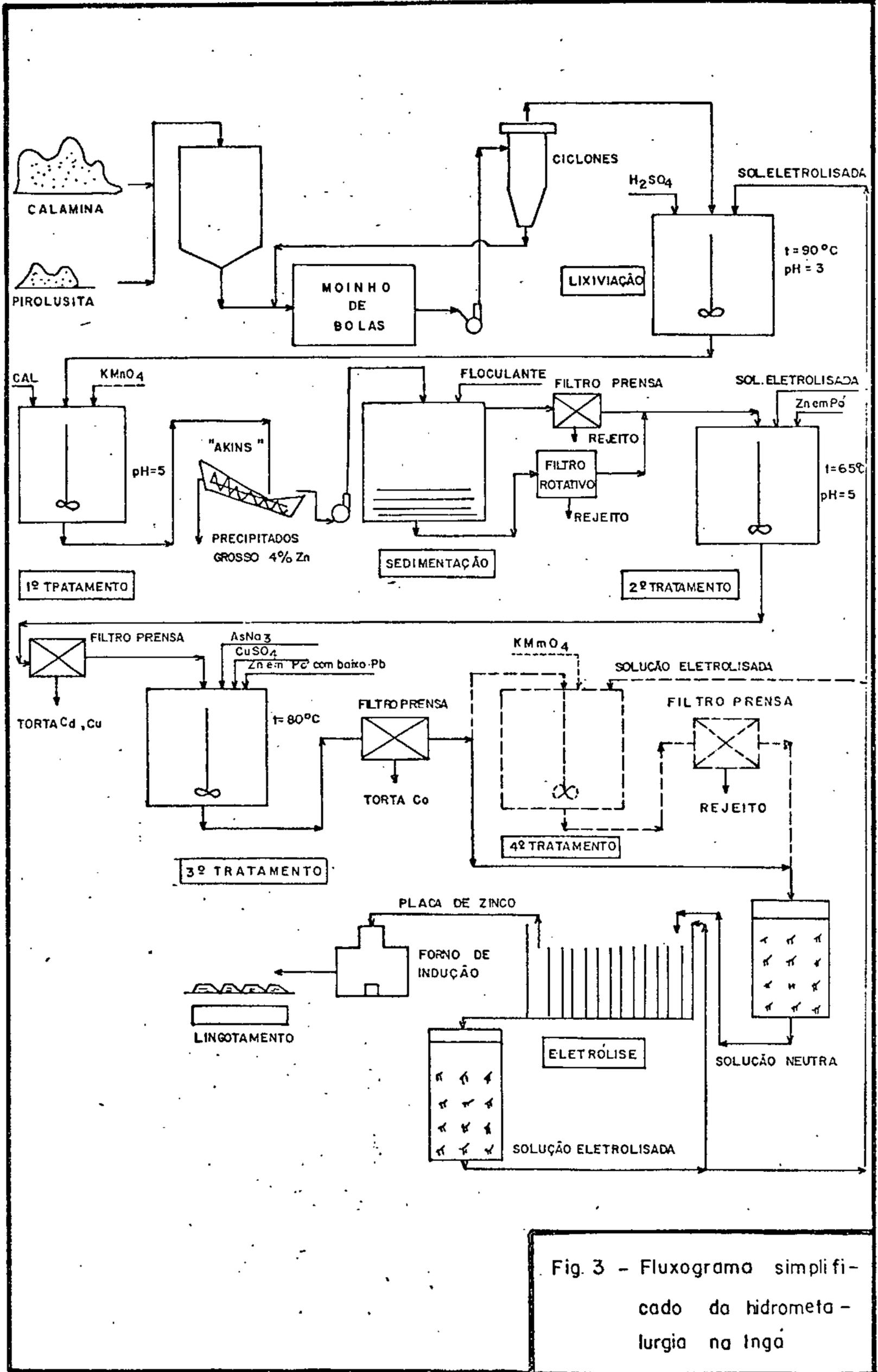


Fig. 3 - Fluxograma simplificado da hidrometallurgia na Índia

## 5. ESTUDO DO MINÉRIO DA MINERAÇÃO AREIENSE S.A. - MASA

### 5.1 - Considerações Gerais

Os trabalhos realizados com o minério da MASA, visaram tão somente estudar a eficiência de funcionamento de sua usina de beneficiamento, bem como sugerir métodos ou processos alternativos que melhore os concentrados de zinco a níveis superiores aqueles atualmente obtidos. Para atingir estes objetivos foram realizados inicialmente, amostragem nas diversas etapas do processo de beneficiamento e subsequentemente o balanço metalúrgico da usina. Com base nos resultados obtidos, estudou-se a caracterização tecnológica do minério e seu beneficiamento.

Quanto a amostragem do minério da mina, para posteriores ensaios de laboratório, decidiu-se deixar a cargo da empresa de mineração. Apenas recomendou-se fazer a amostragem de modo a obter uma amostra representativa do minério atualmente lavrado.

Após o recebimento desta amostra, pesando cerca de 200 kg, distribuídos em 18 sacos, preparou-se inicialmente para estudos em laboratório (Figura 4). Desta forma, o minério proveniente da mina da MASA foi reunido numa única amostra e britado a 1/2" (12,7 mm). O produto dessa

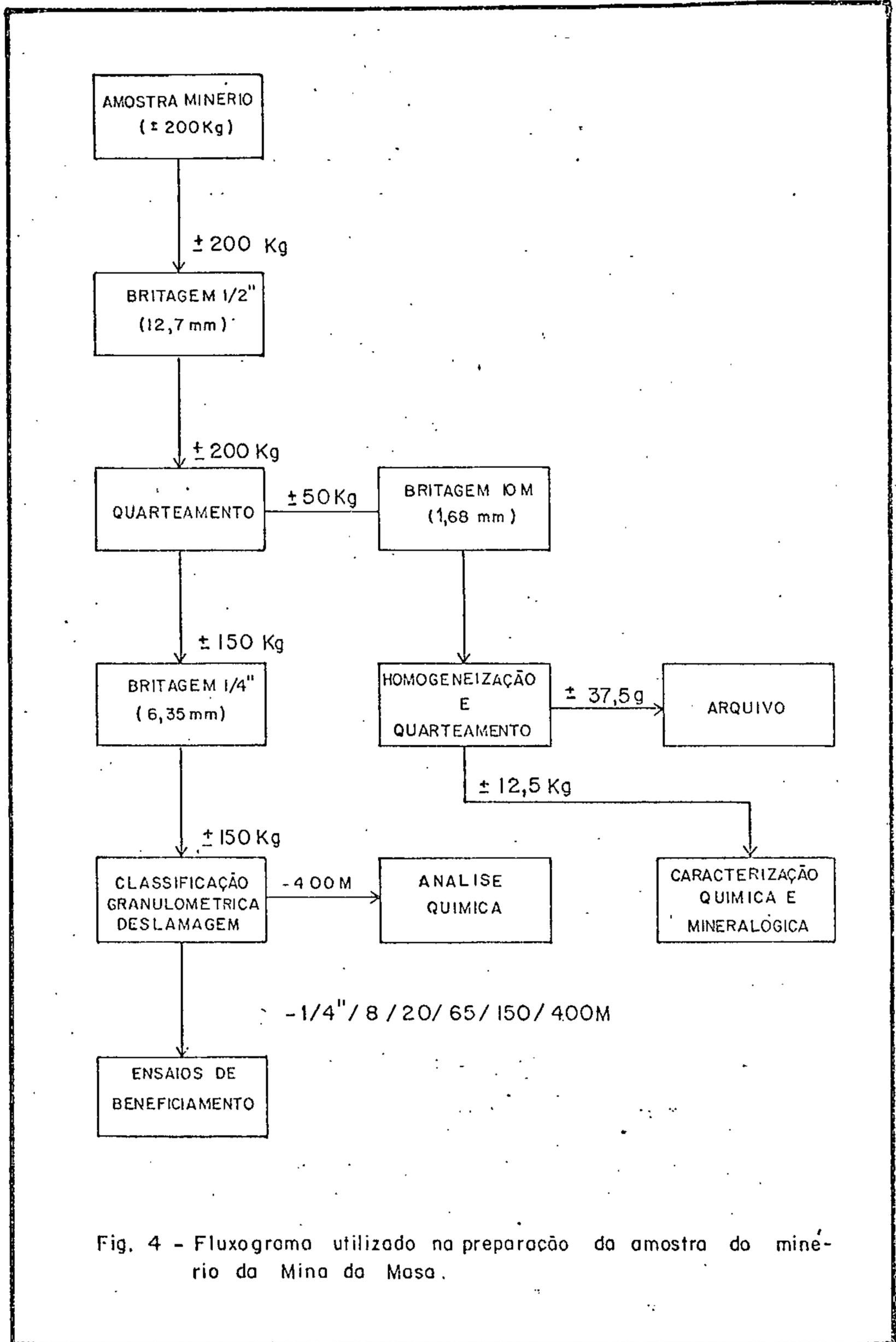


Fig. 4 - Fluxograma utilizado na preparação da amostra do minério da Mina da Mesa.

britagem foi homogeneizado num misturador e em seguida quarterado de acordo com o desenvolvimento da pesquisa.

## 5.2 - Caracterização Química e Mineralógica

Os estudos de caracterização do minério apresentaram complexidade maior que a prevista inicialmente. A alta percentagem de minerais de ferro e de argilas, tornou necessário um tratamento específico para a separação dos diferentes constituintes do minério visando a definição de suas percentagens. Outro aspecto envolvido no que se refere aos ensaios de laboratório, foi o teor do minério amostrado na mina (12% Zn), bastante inferior ao utilizado atualmente na usina de beneficiamento da MASA (23% Zn).

### 5.2.1 - Composição Química Global

Procedeu-se inicialmente a caracterização química global da amostra do minério ("HEAD SAMPLE") da mina e da alimentação da usina, cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

ELEMENTOS (OU COMPOSTOS)	TEOR (%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	21,90
SiO <sub>2</sub> .....	16,32
CO <sub>2</sub> .....	16,60
Zn.....	11,74
MgO.....	8,22
CaO.....	7,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	6,20
Na <sub>2</sub> O.....	1,22
Pb.....	0,96
K <sub>2</sub> O.....	0,90
Mn.....	0,34
Cu.....	0,33
Cd.....	0,19
FeO.....	0,05
Cr.....	0,04
Co.....	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,02
Ni.....	0,01

Tabela 3 - Composição química da amostra da mina da MASA.

ELEMENTOS (OU COMPOSTOS)	TEOR (%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	31,40
Zn .....	23,40
SiO <sub>2</sub> .....	15,90
CO <sub>2</sub> .....	12,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,68
MgO .....	2,66
Pb .....	1,10
FeO .....	0,52
CaO .....	0,45
Mn .....	0,27
Cd .....	0,27
Na <sub>2</sub> O .....	0,08
Cu .....	0,04
Co .....	0,02
K <sub>2</sub> O .....	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,01
Ni .....	0,01

Tabela 4 - Composição química da alimentação da usina da MASA.

### 5.2.2 - Caracterização Mineralógica

Para os estudos de caracterização mineralógica utilizaram-se as técnicas convencionais, entre as quais destacamos: difração de Raios-X, separação em líquidos densos, separação magnética, estudo mineralógico em lupa binocular e microscópio polarizante.

Em análise por difração de Raios-X foram determinados os seguintes minerais:

- Smithsonita
- Hemimorfita
- Hematita
- Goethita
- Dolomita
- Quartzo
- Clorita
- Magnetita
- Mica
- Piromorfita
- Cerussita

Através da separação em líquidos densos e separação magnética, estudou-se o grau de liberação e associação mineralógica dos minerais de zinco contidos no minério. A partir desses resultados procedeu-se o estudo da composição mineralógica.

### 5.2.2.1 - Estudo de Liberação

Com o objetivo de determinar a granulometria de liberação de zinco nas diversas faixas granulométricas utilizaram-se amostras de 2 kg. Inicialmente estudou-se uma amostra representativa da alimentação da usina. Após britagem a 28 mesh, efetuou-se uma deslamagem em peneira de 270 mesh e peneiramento (Série Tyler) a seco da fração mais grosseira. Subsequentemente, cada fração granulométrica foi submetida a uma separação densimétrica em bromofórmio ( $d = 2,89$ ) e iodeto de metileno ( $d = 3,31$ ), utilizando-se funis de separação e centrifugação. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5. Observa-se que na fração - 35 + 48 mesh já se tem cerca de 92% de zinco no produto de densidade maior que 3,3; os 8% restantes permanecem nos produtos de menor densidade, obviamente, por não estarem suficientemente liberados. Na Figura 5, essa liberação é apresentada em histograma. Verifica-se que na faixa granulométrica compreendida entre 48/200 mesh, praticamente não houve mudança considerável na liberação do zinco. A partir dos valores, de teor de zinco calculado em cada fração (Tabela 5), determinou-se a distribuição de zinco nas diversas frações granulométricas. A Tabela 6 apresenta os resultados. Pode-se observar uma maior distribuição em zinco nas frações grosseiras (+ 35 , + 48, + 65 + 100 mesh).

MESH ** (#)	PESO (%)	DENSIDADE	PESO (%)	Zn (%)	% Zn DISTRIBUIÇÃO
+ 35	20,57	< 2,9	2,26	7,53	0,64
		2,9 - 3,3	8,08	35,55	10,75
		> 3,3	89,66	26,40	88,61
			100,00	26,71*	100,00
+ 48	12,49	< 2,9	2,90	7,65	0,81
		2,9 - 3,3	6,31	29,35	6,79
		> 3,3	90,79	27,75	92,40
			100,00	27,27*	100,00
+ 65	8,69	< 2,9	1,71	8,64	0,53
		2,9 - 3,3	8,30	24,50	7,34
		> 3,3	89,99	28,35	92,13
			100,00	27,69*	100,00
+ 100	10,10	< 2,9	3,16	8,38	0,94
		2,9 - 3,3	7,91	26,70	7,49
		> 3,3	88,93	29,05	91,57
			100,00	28,21*	100,00
+ 150	5,76	< 2,9	3,56	9,19	1,12
		2,9 - 3,3	7,86	26,00	7,00
		> 3,3	88,58	30,00	91,88
			100,00	28,94*	100,00
+ 200	6,84	< 2,9	2,18	6,59	0,45
		2,9 - 3,3	8,55	22,40	6,06
		> 3,3	89,27	33,10	93,49
			100,00	31,61*	100,00
+ 270	3,11	< 2,9	4,11	16,05	2,02
		2,9 - 3,3	4,45	26,45	3,60
		> 3,3	91,44	33,75	94,38
			100,00	32,70*	100,00
- 270	32,44	-	-	23,45	-
Alimentação	100,00	-	-	26,62*	100,00
"HEAD SAMPLE"	100,00	-	-	25,44	100,00

Tabela 5 - Resultados dos ensaios densimétricos, referentes às diversas frações granulométricas. (Minério da alimentação da Usina da MASA).

\* Teor Calculado

\*\* Série Tyler

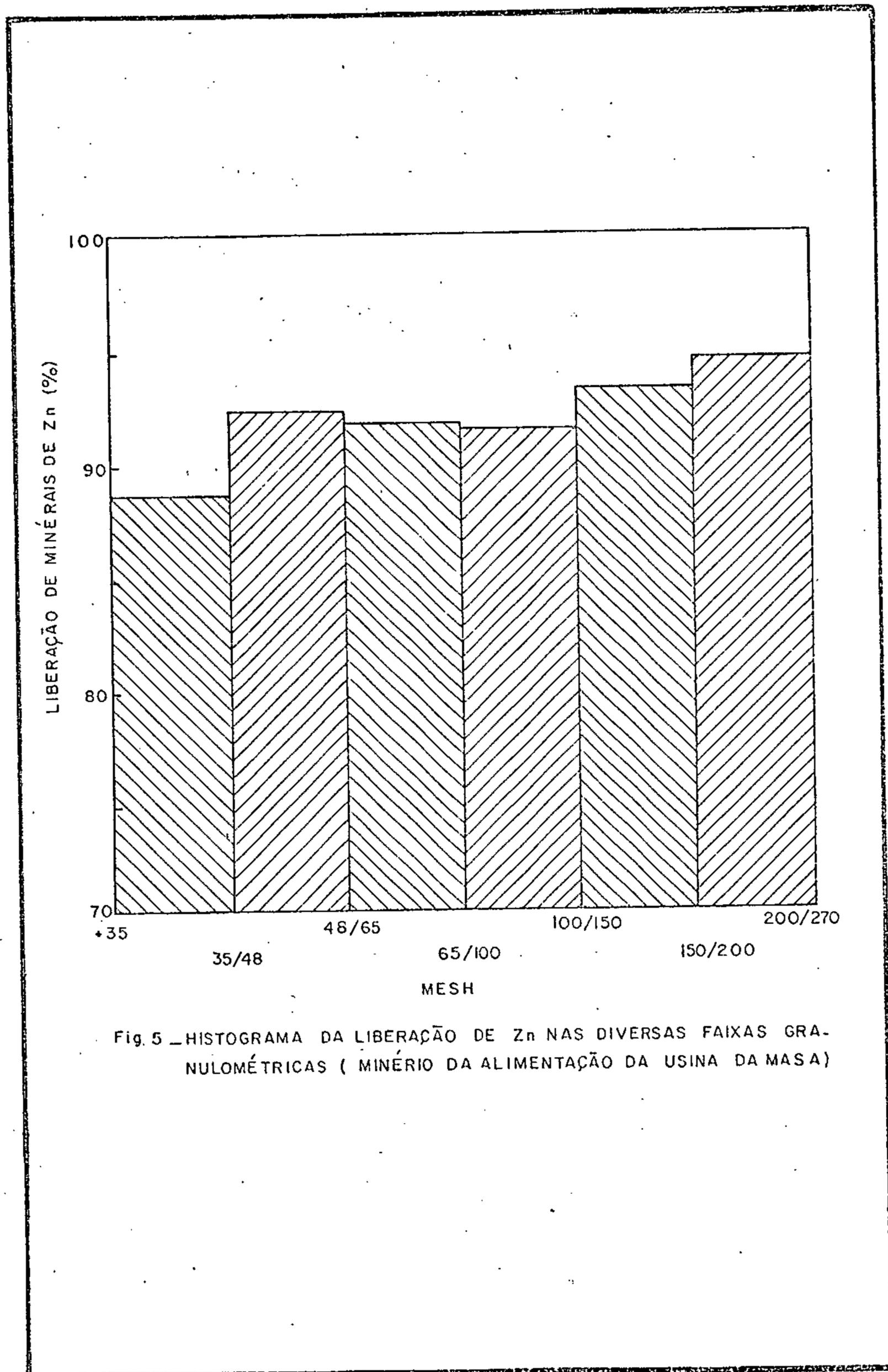


Fig. 5 - HISTOGRAMA DA LIBERAÇÃO DE Zn NAS DIVERSAS FAIXAS GRANULOMÉTRICAS (MINÉRIO DA ALIMENTAÇÃO DA USINA DA MASA)

MESH* (#)	PESO (%)		Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
+ 35	20,57	20,57	26,71	20,64	20,64
+ 48	12,49	33,06	27,27	12,79	33,43
+ 65	8,69	41,75	27,69	9,04	42,47
+ 100	10,10	51,85	28,21	10,70	53,17
+ 150	5,76	57,61	29,21	6,32	59,49
+ 200	6,84	64,45	31,61	8,12	67,61
+ 270	3,11	67,56	32,70	3,82	71,43
- 270	32,44	100,00	23,45	28,57	100,00
Alimentação	100,00	-	26,62	100,00	-

Tabela 6 - Resultados da distribuição de Zn nas diversas frações granulométricas. (Mínimo da alimentação da Usina da MASA).

\* Série Tyler.

Visando caracterizar a influência do ferro presente nos minerais, estudou-se uma amostra média do minério ("HEAD SAMPLE") da mina. Após britagem a 35 mesh, efetuou-se uma deslamagem em peneira de 270 mesh e peneiramento (Série Tyler) a seco da fração mais grosseira. A seguir, cada fração granulométrica foi submetida a uma separação densimétrica em bromofórmio e subsequentemente, cada produto de densidade maior que 2,9 sofreu uma separação magnética em separador "RAPID", numa intensidade de campo de 18000 Gauss. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7. Observa-se que a fração - 48 + 65 mesh possui 89% de zinco no produto não magnético de densidade maior que 2,9; os 11% restantes permanecem nos outros dois produtos. A distribuição de ferro do produto magnético na citada fração, tem cerca de 93% de Fe. Para a fração - 200 + 270 mesh os produtos, com densidade maior que 2,9, magnético e não magnético, contém respectivamente 82% de Fe e 94% de Zn. Estes resultados são uma indicação de uma melhor liberação dos minerais contidos no minério. Na Figura 6, essa liberação de zinco é apresentada em histograma. Quanto a perda de % Fe no produto magnético, atribui-se a mineral, provavelmente a clorita que contém Fe na sua composição química, se liberando dos minerais magnéticos pelos quais foi arrastada.

Com base nestes resultados, verifica-se que a partir de 65 mesh tanto o minério da mina quanto o minério da usina possuem uma liberação em torno de 90%, consi-

MESH ** (#)	PESO (%)	DENSIDADE	PESO (%)	Zn (%)	Fe (%)	% Zn DISTRIBUIÇÃO	% Fe DISTRIBUIÇÃO
+ 48	7,81	< 2,9	11,76	3,60	2,80	2,42	1,37
		> 2,9 M	46,28	7,00	50,01	18,50	95,95
		> 2,9 ÑM	41,96	33,00	1,54	79,08	2,68
			100,00	17,51*	24,12*	100,00	100,00
+ 65	7,43	< 2,9	15,36	3,15	3,08	2,94	2,22
		> 2,9 M	36,30	3,60	54,59	7,95	93,02
		> 2,9 ÑM	48,34	30,30	2,10	89,11	4,76
			100,00	16,44*	21,30	100,00	100,00
+ 100	8,44	< 2,9	17,29	3,25	3,01	3,43	2,68
		> 2,9 M	35,87	4,90	50,01	10,74	92,51
		> 2,9 ÑM	46,84	30,00	1,99	85,13	4,81
			100,00	16,37*	19,39*	100,00	100,00
+ 150	5,61	< 2,9	15,45	2,75	2,90	2,86	2,58
		> 2,9 M	32,83	4,50	48,99	9,96	92,23
		> 2,9 ÑM	51,72	25,00	1,75	87,18	5,19
			100,00	14,83*	17,44	100,00	100,00
+ 200	5,52	< 2,9	11,99	2,20	2,80	1,89	2,13
		> 2,9 M	29,10	4,10	48,99	8,56	90,43
		> 2,9 ÑM	58,91	21,20	1,99	89,55	7,44
			100,00	13,95*	15,76*	100,00	100,00
+ 270	3,50	< 2,9	4,10	1,85	2,34	0,59	0,72
		> 2,9 M	21,82	2,95	50,01	4,97	82,42
		> 2,9 ÑM	74,08	16,50	3,01	94,44	16,86
			100,00	12,94*	13,24*	100,00	100,00
- 270	61,69	-	-	8,75	13,92	-	-
Alimentação	100,00	-	-	11,40*	17,77*	100,00	100,00
"HEAD SAMPLE"	100,00	-	-	11,50	15,32	100,00	100,00

Tabela 7 - Resultados dos ensaios densimétricos com separação magnética do produto de  $d > 2,9$ , referentes às diversas frações granulométricas.

\* Teor Calculado

\*\* Série Tyler

M = magnético \*\* Série Tyler

ÑM = não magnético

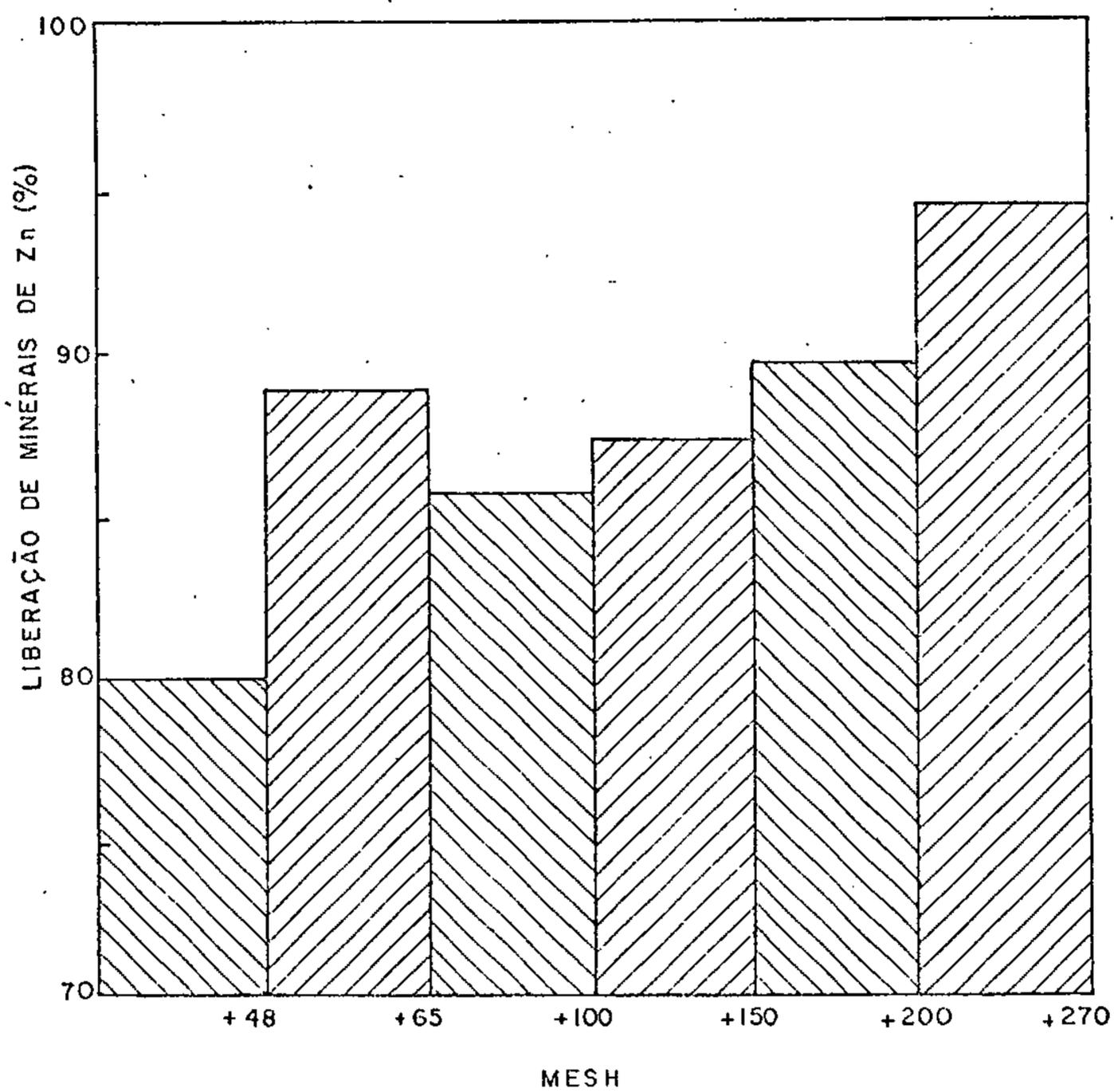


Fig. 6 - HISTOGRAMA DA LIBERAÇÃO DE Zn NAS DIVERSAS FAIXAS GRANULOMÉTRICAS (MINÉRIO DA MINA DA MASA)

derada satisfatória para seu beneficiamento. A Figura 7 apresenta as curvas de liberação de zinco nas diversas frações granulométricas para ambas as amostras. Com relação ao comportamento da curva, pode-se dizer que ela é típica de um produto heterogêneo de liberação por destacamento.

Observações ao microscópio e em lupa binocular confirmaram estes resultados. Conclui-se que seria recomendável uma moagem abaixo de 65 mesh, para ensaios de concentração (flotação, separação magnética, mesa, etc...). No entanto avalia-se que a partir de 4 mesh (4,76 mm) o minério tem uma liberação de cerca de 60% de aglomerados irregulares de minerais de zinco, constituídos essencialmente de hemimorfita em diminutos grãos (0,21 mm aprox.) que estão cimentados por óxido de ferro (limonita). Isto permite uma concentração em granulometrias grosseiras, onde o concentrado obtido poderá ser produto final e o rejeito deverá sofrer uma re-moagem para depois submeter-se a concentração final (separação magnética, flotação).

Na Tabela 8, baseado no teor de zinco calculado em cada fração granulométrica (Tabela 7) com o minério da mina da MASA, observa-se um comportamento na distribuição de Zn semelhante a Tabela 6, (minério da alimentação da Usina da MASA), ou seja: as frações grosseiras (+ 48, + 65 e 100 mesh) são mais ricas em zinco.

Em estudo em "CYCLOSIZER" com a fração

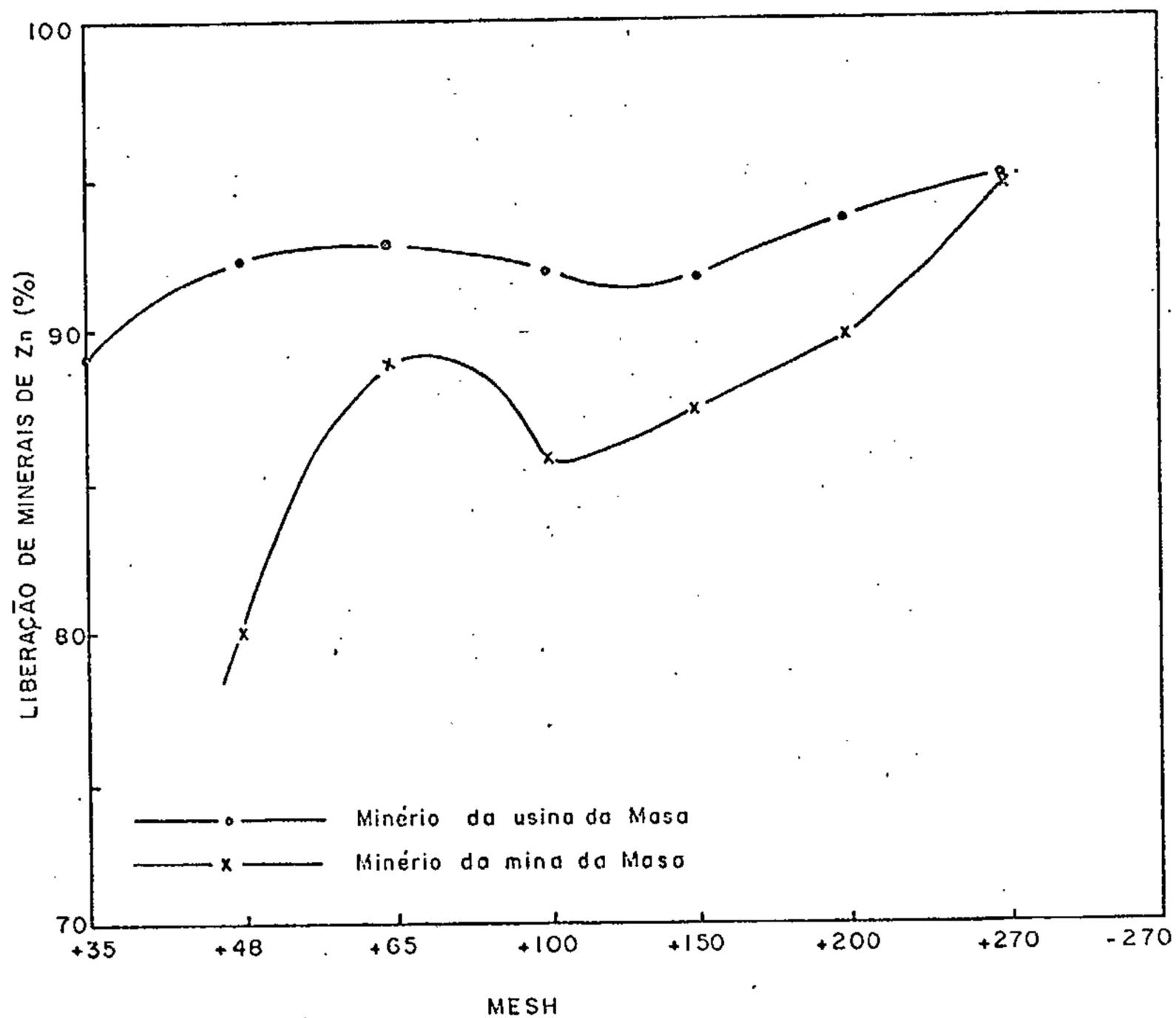


Fig 7 - CURVAS DA LIBERAÇÃO DE Z<sub>n</sub> NAS DIVERSAS FAIXAS GRANULOMÉTRICAS

MESH * (#)	PESO (%)		Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
+ 48	7,81	7,81	17,51	11,98	11,98
+ 65	7,43	15,24	16,44	10,70	22,68
+ 100	8,44	23,68	16,37	12,02	34,70
+ 150	5,61	29,29	14,83	7,29	41,99
+ 200	5,52	34,81	13,95	6,75	48,74
+ 270	3,50	38,31	12,94	3,97	52,71
- 270	61,69	100,00	8,75	47,29	100,00
Alimentação	100,00	-	11,40	100,00	-

Tabela 8 - Resultados da distribuição de Zn nas diversas frações granulométricas (Minério da Mina da MASA moído a 35 mesh).

\* Série Tyler.

- 270 mesh (Tabela 8), constata-se que os minerais de zinco não se encontram nas frações ultra-finas. A Tabela 9 apresenta estes resultados. Verifica-se que boa parte dos finos encontram-se acima de  $44 \mu$  (micron).

Na Tabela 10, baseado no teor de Fe calculado em cada fração de acordo com a Tabela 7, observa-se uma maior distribuição de Fe na faixa 48/100 mesh (31,89%):

MICRON ( $\mu$ )	PESO (%)		Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
+ 44	14,07	14,07	13,00	20,90	20,90
+ 33	7,57	21,64	9,50	8,22	29,12
+ 24	9,50	31,14	8,00	8,69	37,81
+ 16	11,71	42,85	7,40	9,90	47,71
+ 12	4,92	47,77	6,90	3,88	51,59
- 12	52,23	100,00	8,11*	48,41	100,00
Alimentação	100,00	-	8,75	100,00	-

Tabela 9 - Resultados da distribuição de Zn nas diversas frações ultra-finas (Minério da Mina da MASA moído a 35 mesh).

\* Teor calculado.

MESH * (#)	PESO (%)		Fe (%)	DISTRIBUIÇÃO Fe (%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
+ 48	7,81	7,81	24,12	11,77	11,77
+ 65	7,43	15,24	21,30	9,89	21,66
+ 100	8,44	23,68	19,39	10,23	31,89
+ 150	5,61	29,29	17,44	6,11	38,00
+ 200	5,52	34,81	15,76	5,44	43,44
+ 270	3,50	38,31	13,24	2,90	46,34
- 270	61,69	100,00	13,92	53,66	100,00
Alimentação	100,00	-	17,77	100,00	-

Tabela 10 - Resultados da distribuição de Fe nas diversas frações granulométricas (Minério da Mina da MASA).

\* Série Tyler.

#### 5.2.2.2 - Composição Mineralógica

Tendo em vista a variedade de teores observada entre amostras representativas da alimentação da usina e da mina tornou-se necessário um estudo específico da composição mineralógica para cada amostra.

Com base na identificação dos minerais presentes através da difração de Raios-X, lupa binocular, microscópio polarizante e composição química, calculou-se a composição mineralógica. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 11 e 12.

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

O processo de beneficiamento do minério de zinco da MASA é bastante simples e consta basicamente das seguintes etapas: britagem, classificação/deslamagem e concentração (Figura 8).

##### 5.3.1 - Circuito da Usina

###### 5.3.1.1 - Britagem

O "RUN OF MINE", após transporte de ca

COMPOSIÇÃO DO MINÉRIO (USINA)	PESO (%)
Smithsonita .....	35,0
Hematita .....	21,0
Hemimorfita .....	15,0
Goethita .....	11,0
Quartzo .....	6,0
Clorita .....	6,0
Dolomita .....	3,0
Magnetita .....	2,0
Outros (Mica, Cerussita, Piromorfita, etc ...)	1,0

Tabela 11 - Composição Mineralógica do Minério da Alimen-  
tação da Usina da MASA

COMPOSIÇÃO DO MINÉRIO (MINA)	PESO (%)
Smithsonita .....	40,0
Clorita .....	15,0
Dolomita .....	12,0
Hematita .....	12,0
Mica .....	6,0
Quartzo .....	5,0
Hemimorfita .....	4,0
Goethita .....	3,0
Outros (Magnetita, Cerussita, Piromorfita , etc ...)	3,0

Tabela 12 - Composição Mineralógica do Minério da Mina  
da MASA

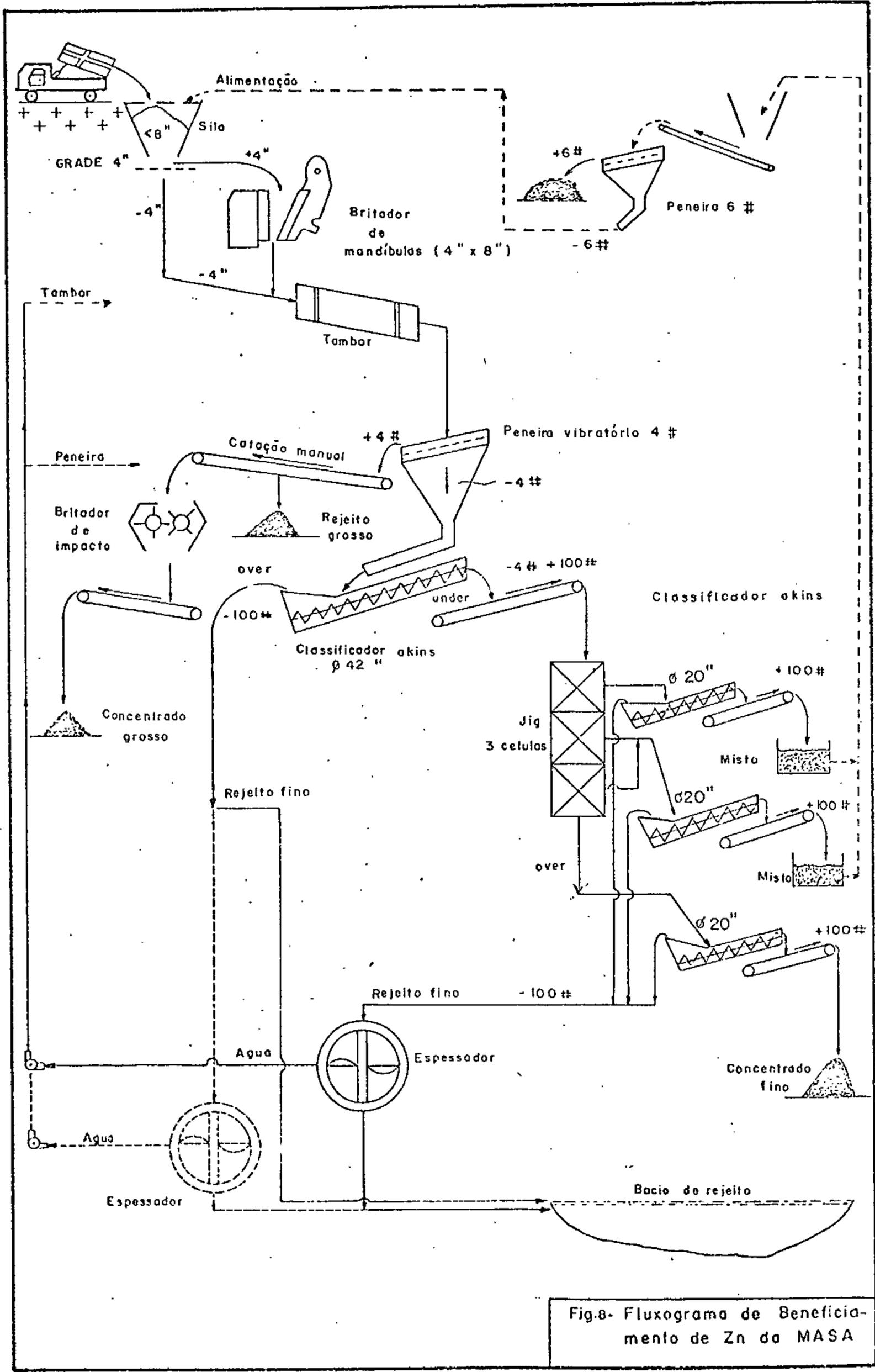


Fig.8- Fluxograma de Beneficiamento de Zn da MASA

minhãõ, é levado por pá carregadeira a um silo. Na boca deste silo um gabarito de abertura de 8" classifica os matacões superior à boca do britador (Figura 9). Antes da britagem o minério sofre uma classificação em uma grade com 4" de abertura. A britagem do maior que 4" é realizada em um britador de mandíbulas (4" x 8") com abertura de descarga em torno de 3".

#### 5.3.1.2 - Classificação/Deslamagem e Escolha Manual

O minério proveniente da britagem juntamente com o da alimentação (menor que 4") é levado por calhas a um tambor lavador para sua desagregação.

Após lavagem, todo minério é conduzido a uma peneira vibratória de 4 mesh. A fração menor que 4 mesh, passante na peneira, vai a um classificador espiral de 42" de diâmetro, onde é submetida a uma deslamagem com corte de 100 mesh. A fração grosseira, retida na peneira, (Figura 10), é recolhida em correia transportadora onde é feita uma escolha manual (Figura 11).

O produto proveniente da escolha manual, é, posteriormente, colocado num pátio de rejeito grosso. O minério "beneficiado", com cerca de 27% de zinco, é descarregado por correia transportadora em um britador de impacto para uma redução em torno de 1/2" (Figura 12). Após es



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12

ta redução é transportado (980 km) a Itaguaí-RJ, para produção de zinco metálico através de lixiviação/purificação química/eletrorecuperação.

Quanto ao minério de granulometria - 4 + 100 mesh, deslamado no classificador espiral, é recolhido numa correia transportadora e em seguida levado a um jig.

#### 5.3.1.3 - Concentração

A única operação de concentração existente na usina de beneficiamento é feita através de um jig de 3 (três) células. Os 3 (três) produtos provenientes do "UNDER" do jig, depois de desaguados em classificadores espiral de 20" de diâmetro, são descartados do circuito e em seguida submetidos a um peneiramento na granulometria de 6 mesh, numa operação descontínua (Figura 8); o "UNDERSIZE" desta, retorna ao circuito da usina juntando-se a alimentação nova, enquanto que o "OVERSIZE" é armazenado para futuro aproveitamento. O "OVER" do jig constitui-se noutro concentrado com cerca de 25% de zinco, que também é transportado para Itaguaí - RJ.

#### 5.3.2 - Balanço Metalúrgico da Usina

No circuito, foram selecionados 14 pontos para tomada de vazão e coleta de material de maneira que possibilitasse o cálculo do balanço de massa de cada incre

mento, como também do balanço metalúrgico da amostra constituída pelos incrementos do dia. Entre outras precauções, teve-se cuidado de tomar incrementos durante um período de tempo suficiente para permitir considerar-se a amostra obtida como representativa das condições de operação da usina.

A Tabela 13 fornece os teores de zinco das amostras coletadas na usina de beneficiamento, no período de 12 a 14 de setembro de 1978 (Figura 13).

PONTOS DO CIRCUITO AMOSTRADOS	TEOR DE Zn (%)
Alimentação da usina.....	22,72
Retido na peneira vibratória.....	25,24
Passante na peneira vibratória.....	20,59
Rejeito da escolha manual.....	7,26
Concentrado grosso.....	27,49
"Over" do Akins da deslamagem.....	12,06
"Under" do Akins da deslamagem.....	23,21
"Under" da 1ª Célula do jig.....	7,93
"Under" da 2ª Célula do jig.....	17,09
"Under" da 3ª Célula do jig.....	14,55
"Over" do Jig.....	24,33
"Under" dos Akins 1 e 2.....	13,10
"Over" dos Akins 1, 2 e 3.....	18,25
Concentrado fino.....	24,41

Tabela 13 - Teor de Zn das amostras provenientes da usina de beneficiamento da MASA.

Com base nos valores de análise química e medida de vazão, calculou-se o balanço metalúrgico da usina e da única operação unitária de concentração existente no circuito. Estes resultados estão apresentados respectivamente nas Tabelas 14 e 15.

Observa-se na Tabela 14, uma recuperação, (88,7% de Zn) bastante alta. No entanto a relação de enriquecimento é apenas 1,15.

Quanto a operação de jig (Figura 14), verifica-se na Tabela 15 um produto beneficiado com teor de 24,33% Zn para uma alimentação de 23,21% Zn. Este resultado mostra que não houve, praticamente, concentração do minério de zinco.

A Tabela 16 apresenta o resultado de análise granulométrica desta alimentação de jig. Observa-se que 46,5% do minério está abaixo de 20 mesh. Sabe-se que abaixo desta granulometria o beneficiamento através de jig não é indicado, principalmente quando se trata de minérios de densidade com valores próximos entre si.

### 5.3.3. - Características dos Concentrados

As Tabelas 17 e 18 apresentam, respectivamente, os resultados de análise granulométrica dos concentrados grossos e finos. Observa-se que no concentrado grosso, praticamente, não houve redução de tamanho, ou seja: 67% do minério está acima da granulometria desejada (1/2").

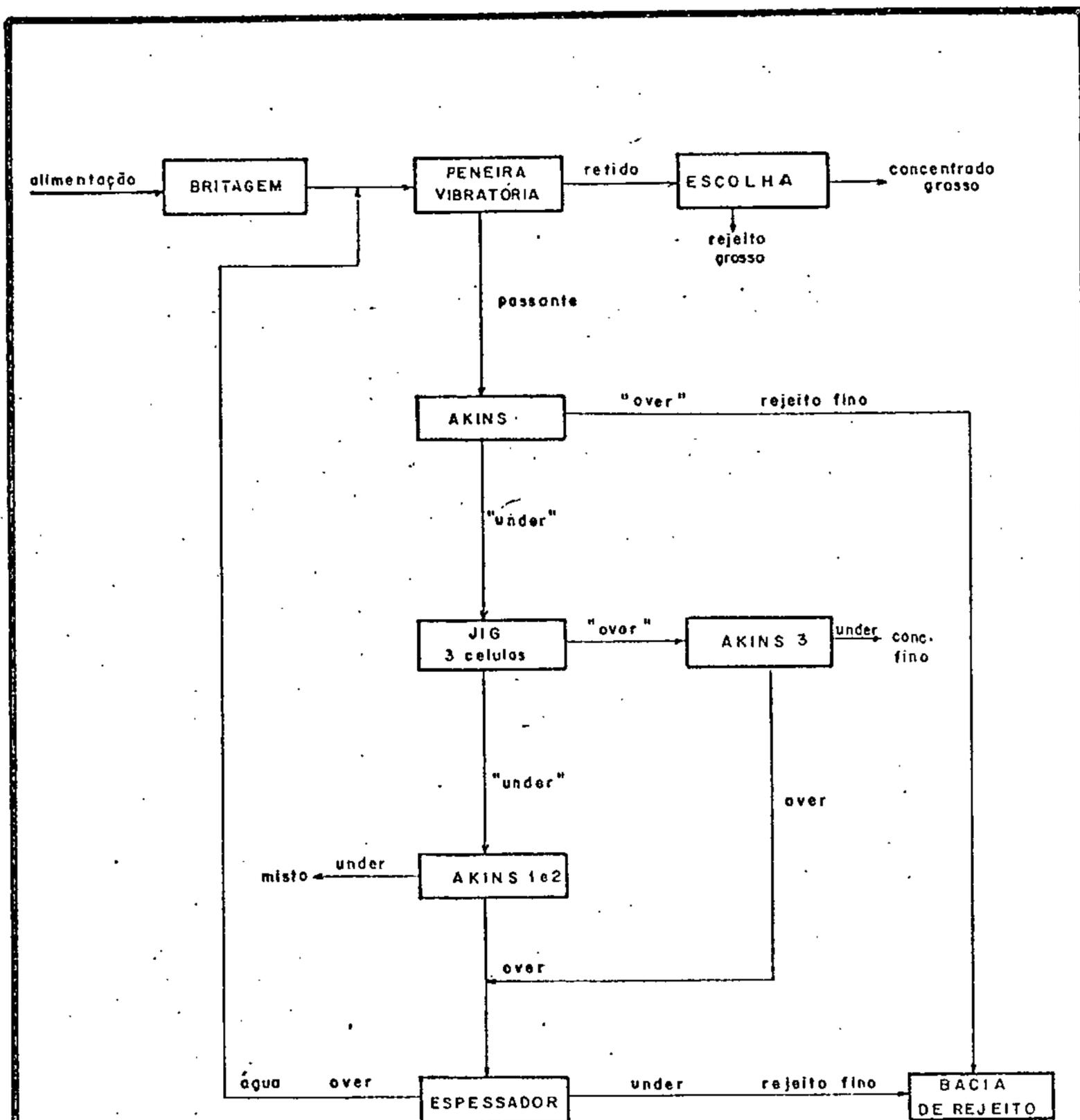


Fig.13 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DA USINA DA MASA

	VAZÃO (t/h)	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO	37,6		22,72	
CONC. GROSSO	15,3	40,7	27,49	49,3
CONC. FINO	13,8	36,7	24,41	39,4
MISTO	1,5	4,0	13,10	2,3
REJEITO GROSSO	1,9	5,0	7,26	1,6
REJEITO FINO	5,1	13,6	12,42	7,4

RECUPERAÇÃO: 88,7 % DO Zn

Tabela 14 . BALANÇO METALURGICO DA USINA DA MASA

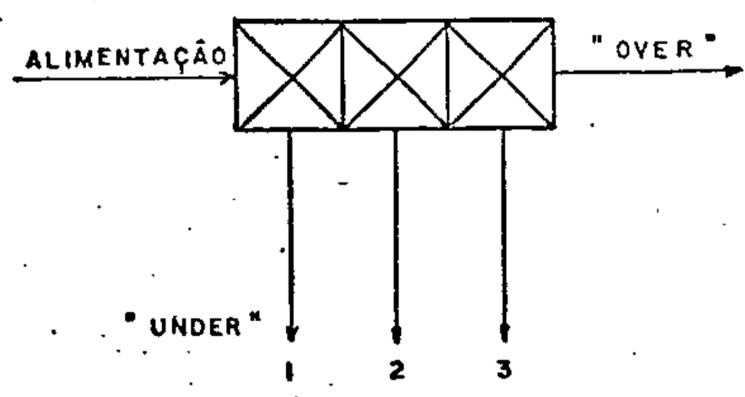


Fig. 14 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DE CONCENTRAÇÃO EM JIG DA USINA DA MASA

	VAZÃO (t/h)	% PESO	TEOR Zn(%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO	13,6		23,21	
"OVER "	14,0	89,7	24,33	94,0
"UNDER" 1	0,5	3,2	7,93	1,1
"UNDER" 2	0,6	3,9	17,09	2,9
"UNDER" 3	0,5	3,2	14,55	2,0

Tabela 15 - BALANÇO METALURGICO DA OPERAÇÃO DE CONCENTRAÇÃO EM JIG DA USINA DA MASA

MESH (#)	% EM PESO PARCIAL	% EM PESO ACUMULADO
+ 3,5	1,0	1,0
+ 4	0,6	1,6
+ 6	6,2	7,8
+ 8	11,7	19,5
+ 10	11,8	31,3
+ 14	9,1	40,4
+ 20	13,1	53,5
+ 28	10,8	64,3
+ 35	12,3	76,6
+ 48	7,7	84,3
+ 65	7,5	91,8
+ 100	3,0	94,8
+ 150	1,6	96,4
+ 200	1,0	97,4
+ 270	0,4	97,8
+ 325	0,3	98,1
+ 400	0,3	98,4
- 400	1,6	100,0

Tabela 16 - Análise granulométrica da alimentação do jig no circuito da MASA.

GRANULOMETRIA	% EM PESO PARCIAL	% EM PESO ACUMULADO
+ 1"	50,5	50,5
+ 1/2"	16,4	66,9
+ 3,5 M	20,1	87,0
+ 4 M	5,4	92,4
+ 6 M	4,0	96,4
+ 8 M	1,0	97,4
+ 10 M	0,5	97,9
- 10 M	2,1	100,0

Tabela 17 - Análise granulométrica do concentrado grosso da MASA.

M = mesh

Com relação ao concentrado fino verifica-se um comportamento granulométrico semelhante ao da alimentação do jig (Tabela 16) diferindo apenas, na granulometria - 400 mesh.

MESH (#)	% EM PESO PARCIAL	% EM PESO ACUMULADO
+ 3,5	0,9	0,9
+ 4	0,6	1,5
+ 6	5,5	7,0
+ 8	13,3	20,3
+ 10	11,8	32,1
+ 14	9,9	42,0
+ 20	13,0	55,0
+ 28	10,2	65,2
+ 35	12,7	77,9
+ 48	7,3	85,2
+ 65	6,8	92,0
+ 100	4,3	96,3
+ 150	1,7	58,0
+ 200	0,9	98,9
+ 270	0,3	99,2
+ 325	0,2	99,4
+ 400	0,2	99,6
- 400	0,4	100,0

Tabela 18 - Análise granulométrica do concentrado fino da MASA.

#### 5.3.4 - Características dos Rejeitos

Fez-se análise granulométrica com amostra representativa do rejeito da deslamagem e a seguir análise química de cada uma das frações (Tabela 19). Pode observar-se que as frações grosseiras são mais ricas em zinco.

Com relação ao rejeito grosso, proveniente da escolha manual, a análise química realizada apresentou, conforme Tabela 14, um teor de 7,26% Zn. A análise granulométrica deste produto torna-se complexa por não apresentar reprodutibilidade nas análises. Sabe-se que sua granulometria é bastante grosseira em vista do próprio método empregado.

#### 5.4 - Estudo de Laboratório

Com objetivo de avaliar e indicar algumas alternativas ao processo atualmente utilizado na usina da MASA, visando melhorar sua eficiência, executou-se em escala de laboratório vários ensaios, entre os quais destacamos: jig, mesa vibratória e separação magnética (a úmido e a seco). Foram realizados também alguns ensaios de flotação e espiral de Humphreys.

Para o desenvolvimento destes ensaios, em vista da variedade observada na caracterização mineralógica entre amostras representativas da mina e da usina, programou-se uma pesquisa estudando cada amostra separadamente.

GRANULOMETRIA	P E S O (%)		Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn(%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
+ 48 M	4,22	4,22	16,50	7,27	7,27
+ 65 M	3,76	7,98	16,38	6,43	13,70
+ 100 M	6,97	14,95	15,95	11,61	25,31
+ 150 M	5,77	20,72	16,68	10,05	35,36
+ 200 M	6,60	27,32	17,43	12,02	47,38
+ 325 M	4,58	36,94	15,60	7,46	63,42
+ 400 M	6,97	43,91	13,25	9,65	73,07
+ 36 $\mu$	0,12	44,03	18,00	0,23	73,30
+ 17 $\mu$	1,30	45,84	4,70	0,64	74,30
+ 12 $\mu$	1,37	47,21	4,25	0,61	74,91
- 12 $\mu$	52,79	100,00	4,55	25,09	100,00
ALIMENTAÇÃO	100,00	-	9,57*	100,00	-

Tabela 19 - Análise de distribuição Zn(%) do rejeito da deslamagem da Usina da MASA ("Over" do Akins da deslamagem).

\* Teor Calculado

M = mesh

$\mu$  = micron

#### 5.4.1 - Minério da Mina

No estudo de beneficiamento com o minério da mina, primeiramente britou-se todo minério (150 kg) a 1/4" (Figura 4). Após britagem fez-se uma deslamagem em peneira de 400 mesh; a fração de granulometria maior que 400 mesh foi peneirada a úmido, nas faixas granulométricas de - 1/4"/8, 8/20, 20/65, 65/150 e 150/400 mesh. Cada uma destas frações foi processada de acordo com os fluxogramas apresentados nas Figuras 15, 16 e 17.

A Tabela 20 apresenta a análise granulométrica e o teor de zinco de cada fração processada, com sua respectiva distribuição % Zn.

Para o minério com granulometria superior a 20 mesh, realizou-se ensaios em jig. Na granulometria compreendida entre 20/150 mesh executou-se mensagem, espiral de Humphreys e separação magnética a seco e a úmido (com baixa, média e alta intensidade). Finalmente, com a granulometria inferior a 150 mesh (150/400 mesh), fez-se separação magnética e alguns ensaios de flotação.

As Tabelas 21 e 22 apresentam os resultados dos ensaios realizados em jig nas granulometrias 1/4" x 8 mesh e 8 x 20 mesh, respectivamente.

As Tabelas 23 e 24 apresentam os resultados dos ensaios realizados em mesa vibratória nas granulometrias 20 x 65 mesh e 65 x 150 mesh.

GRANULOMETRIA	P E S O (%)		Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)	
	PARCIAL	RETIDO		PARCIAL	ACUMULADO
- 1/4" x 8 M	21,0	21,0	18,50	32,77	32,77
8 M x 20 M	15,3	36,3	18,37	23,71	56,48
20 M x 65 M	10,5	46,8	16,25	14,40	70,88
65 M x 150 M	6,8	53,6	12,37	7,10	77,98
150 M x 400 M	23,2	76,8	5,75	11,25	89,23
-400 M	23,2	100,0	5,50	10,77	100,0
ALIMENTAÇÃO	100,0	-	11,85*	100,0	-

Tabela 20 - Resultados da distribuição da % Zn das frações granulométricas processadas de acordo com as Figuras 15, 16 e 17. (Minério da mina da MASA).

\* Teor Calculado.

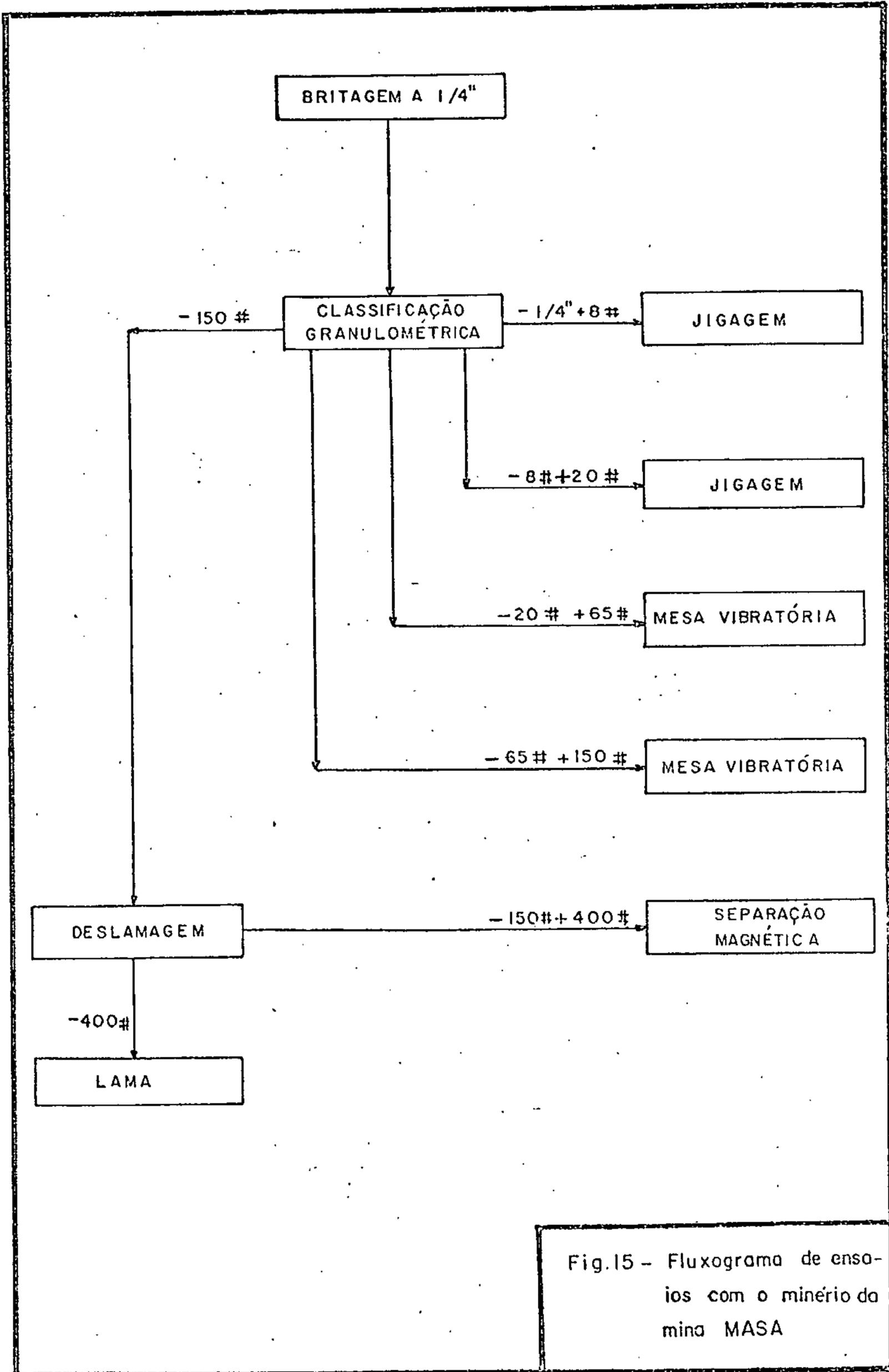


Fig.15 - Fluxograma de ensaios com o minério da mina MASA

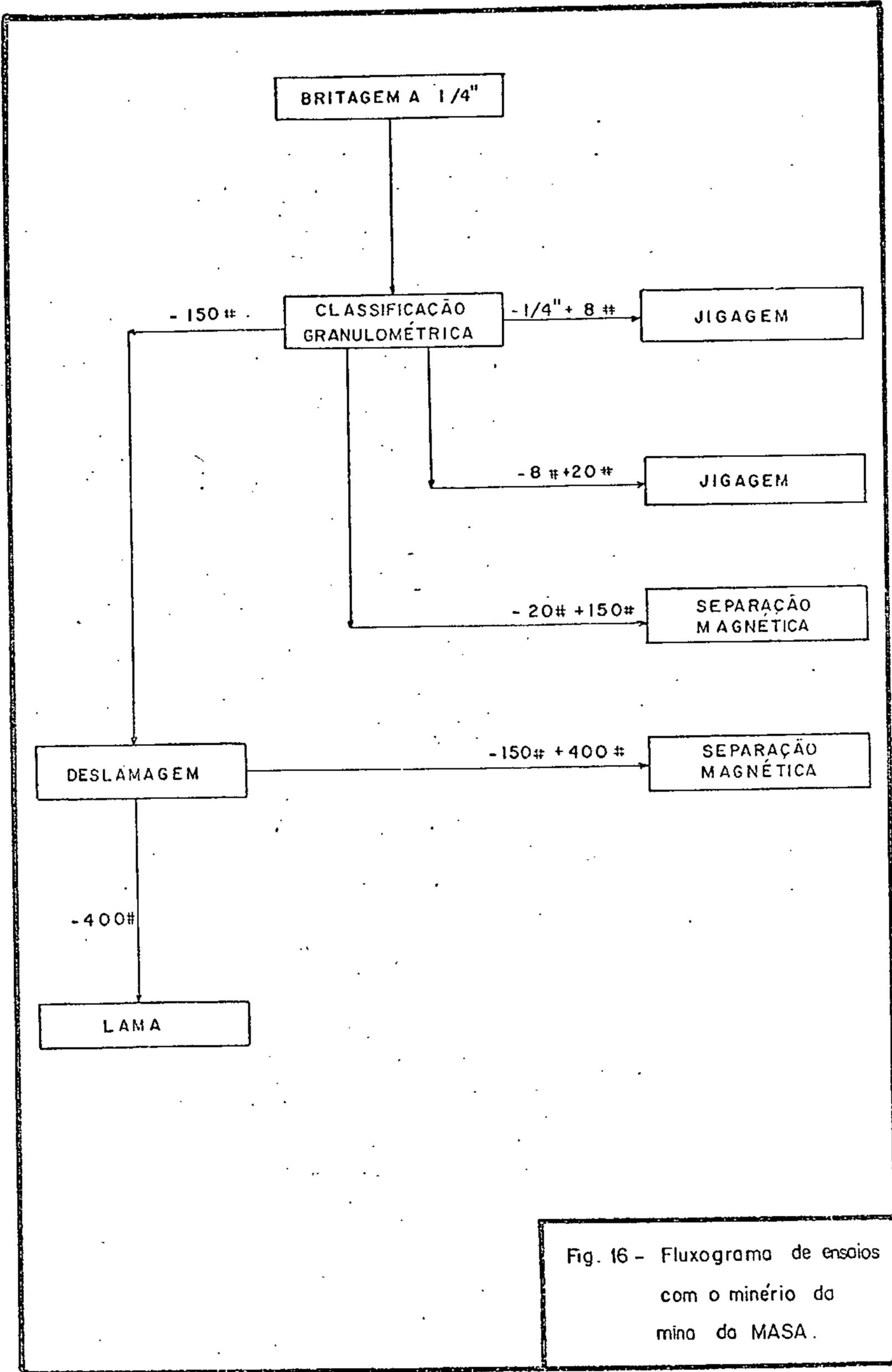


Fig. 16 - Fluxograma de ensaios com o minério da mina da MASA.

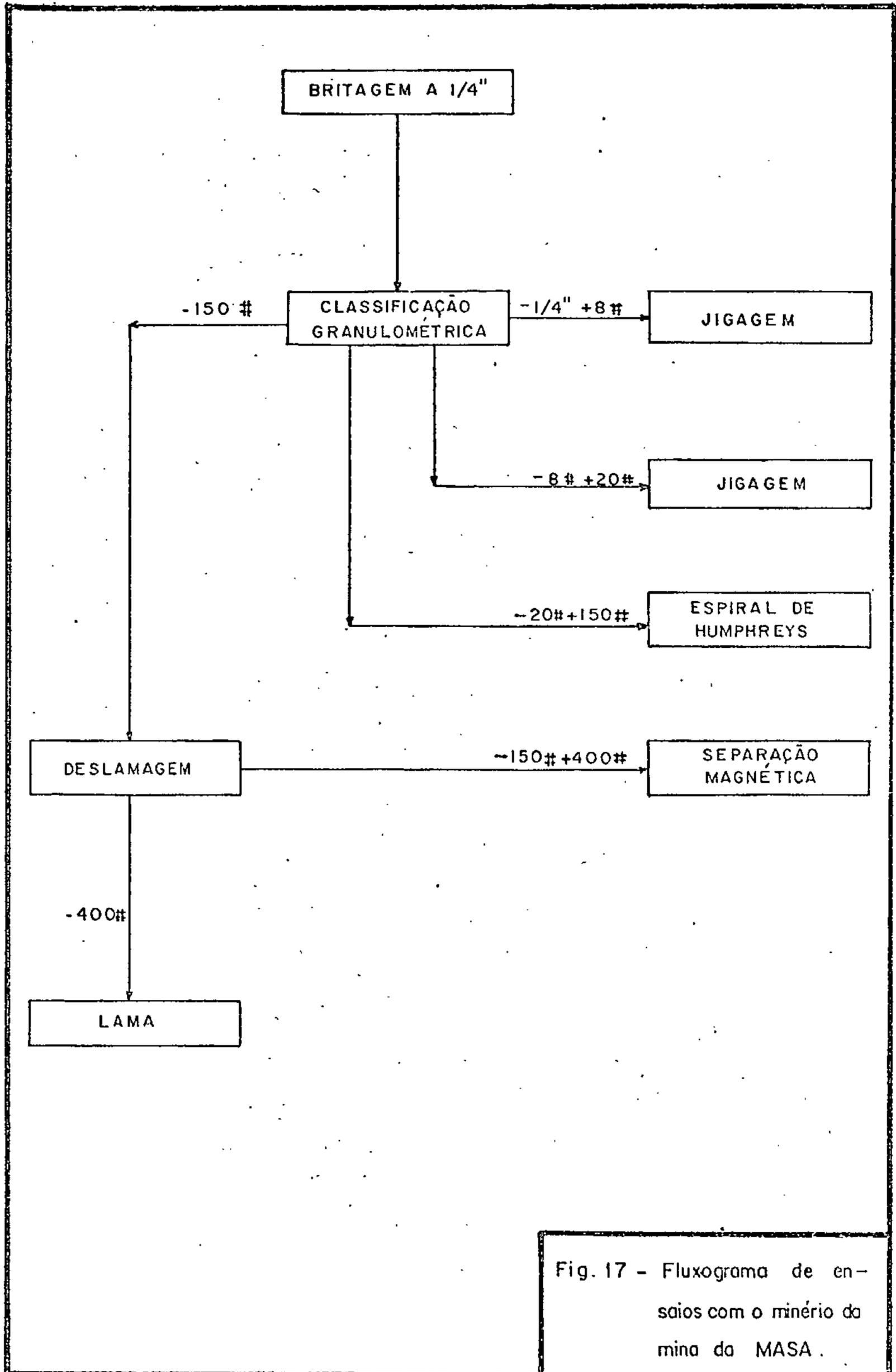


Fig. 17 - Fluxograma de ensaios com o minério da mina da MASA.

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
1	Alimentação		18,50*	
	Concentrado	82,4	20,92	93,15
	Rejeito	17,6	7,20	6,85
2	Alimentação		18,50*	
	Concentrado	77,7	22,75	95,54
	Rejeito	22,3	3,70	4,46
3	Alimentação		18,67*	
	Concentrado	78,2	22,50	94,22
	Rejeito	21,8	4,95	5,78
4	Alimentação		19,33*	
	Concentrado	85,0	22,40	98,53
	Rejeito	15,0	1,90	1,47
5 **	Alimentação		18,53*	
	Concentrado	75,0	23,20	93,90
	Rejeito	25,0	4,52	6,10

Tabela 21 - Resultado dos testes de jig na granulometria 1/4" x 8M  
(Minério da Mina)

\* Teor Calculado

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
6	Alimentação		19,19*	
	Concentrado	49,0	18,75	47,87
	Rejeito	51,0	19,62	52,13
7	Alimentação		19,10*	
	Concentrado	72,2	21,50	81,27
	Rejeito	27,8	12,87	18,73
8	Alimentação		18,55*	
	Concentrado	70,4	21,40	81,23
	Rejeito	29,6	11,76	18,77
9	Alimentação		18,39*	
	Concentrado	65,4	21,60	76,82
	Rejeito	34,6	12,32	23,18
10 **	Alimentação		18,43*	
	Concentrado	72,3	22,00	86,29
	Rejeito	27,7	9,12	13,71

Tabela 22 - Resultado dos testes de jig na granulometria 8M x 20M  
(Minério da Mina)

\* Teor Calculado

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
11	Alimentação		16,10*	
	Concentrado	45,8	15,25	43,38
	Misto	36,6	18,25	41,48
	Rejeito	17,6	13,85	15,14
12	Alimentação		14,81*	
	Concentrado	12,6	9,12	7,76
	Misto	53,3	14,75	53,09
	Rejeito	34,1	17,00	39,15
13	Alimentação		16,10*	
	Concentrado	55,4	17,45	60,06
	Misto	40,9	15,01	38,14
	Rejeito	3,7	7,83	1,80

Tabela 23 - Resultado dos testes de mesa vibratória na granulometria 20M x 65M (Minério da Mina)

\* Teor Calculado

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
14	Alimentação		12,27*	
	Concentrado	73,9	13,37	80,55
	Misto	9,3	13,25	10,04
	Rejeito	16,8	6,87	9,41
15	Alimentação		10,72*	
	Concentrado	42,5	13,87	54,98
	Misto	13,5	15,87	19,98
	Rejeito	44,0	6,10	25,04
16	Alimentação		10,72*	
	Concentrado	36,8	17,67	60,64
	Misto	12,1	9,50	10,72
	Rejeito	51,1	6,01	28,64

Tabela 24 - Resultado dos testes de mesa vibratória na granulometria 65M x 150M (Minério da Mina)

\* Teor Calculado

As Tabelas 25 e 26 apresentam os resultados dos ensaios realizados, respectivamente, em espiral de Humphreys e separador magnético na granulometria 20 x 150 mesh.

As Tabelas 27 e 28 apresentam os resultados dos ensaios realizados em separador magnético na granulometria 150 x 400 mesh.

Dentre os fluxogramas testados, levando-se em consideração todos os resultados de ensaios de laboratório com o minério da mina da MASA, destaca-se o apresentado na Figura 16. Com base neste fluxograma a Tabela 29 apresenta em detalhe os resultados considerados de melhor qualidade, referentes aos testes que encontram-se assinalados com asteriscos (\*\*) nas Tabelas 21, 22 e 26. Nessa Tabela estão apresentados também as condições operacionais em que foram realizados os ensaios. Foi excluída desses resultados (balanço metalúrgico das operações unitárias) a fração 150 x 400 mesh por não apresentar resultados de beneficiamento satisfatórios (Ver Tabelas 27 e 28).

A partir dos resultados da Tabela 29, calculou-se o balanço metalúrgico de todo processo de beneficiamento, bem como das operações unitárias envolvidas. Nas Tabelas 30 e 31 estão apresentados estes resultados; onde conseguiu-se uma recuperação parcial de 92% com teor de 22% Zn (Ver Tabela 30). Quanto a recuperação global considerando-se porém, a fração 150 x 400 mesh como rejeito juntamente com a lama (- 400 mesh), obteve-se 72%, para um concentrado com aquele teor (Ver Tabela 31).

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
17	Alimentação		14,72*	
	Concentrado	46,1	15,03	44,97
	Rejeito	53,9	14,36	55,03

Tabela 25 - Resultado do teste em espiral de Humphreys na granulometria 20M x 150M

\* Teor Calculado

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
18 **	Alimentação		14,72*	
	Concentrado	73,2	19,90	98,94
	Rejeito	26,8	0,58	1,06
19	Alimentação		14,72*	
	Concentrado	66,4	21,70	97,88
	Rejeito	33,6	0,93	2,12

Tabela 26 - Resultado dos testes de separação magnética a seco (disco) na granulometria 20M x 150M

\* Teor Calculado

TESTE	KILOGAUSS	PRODUTO	PESO (%)	Zn (%)	DISTRIB. Zn (%)
20	8	MAG. MISTO NÃO MAG.	0,7 0,3 <u>99,0</u> 100,0	2,64 4,16 <u>5,84</u> 5,81*	0,31 0,21 <u>99,48</u> 100,00
21	10	MAG. MISTO NÃO MAG.	1,3 0,8 <u>97,9</u> 100,0	2,20 4,96 <u>5,48</u> 5,43*	0,53 0,73 <u>98,74</u> 100,00
22	12	MAG. MISTO NÃO MAG.	2,9 1,1 <u>96,0</u> 100,0	1,88 2,82 <u>5,80</u> 5,71*	0,95 1,50 <u>97,55</u> 100,00
23	13	MAG. MISTO NÃO MAG.	4,8 1,7 <u>93,5</u> 100,0	1,94 3,70 <u>6,04</u> 5,80*	1,60 1,08 <u>97,32</u> 100,00
24	14,5	MAG. MISTO NÃO MAG.	6,7 1,7 <u>91,6</u> 100,0	2,12 4,70 <u>6,25</u> 5,95*	2,39 1,34 <u>96,27</u> 100,00
25	14,5	MAG. MISTO NÃO MAG.	5,9 1,7 <u>92,4</u> 100,0	2,19 3,25 <u>6,12</u> 5,84*	2,21 0,95 <u>96,54</u> 100,00
26	16,3	MAG. MISTO NÃO MAG.	5,5 1,7 <u>92,8</u> 100,0	2,13 3,73 <u>6,47</u> 6,18*	1,89 1,03 <u>97,08</u> 100,00
27	16,3	MAG. MISTO NÃO MAG.	9,7 1,4 <u>88,9</u> 100,0	2,33 4,45 <u>6,65</u> 6,20*	3,65 1,00 <u>95,35</u> 100,00
28	17,0	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,6 1,9 <u>87,5</u> 100,0	2,44 3,96 <u>6,25</u> 5,80*	4,46 1,29 <u>94,25</u> 100,00
29	17,0	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,6 2,1 <u>87,3</u> 100,0	2,46 4,56 <u>6,22</u> 5,79*	4,51 1,65 <u>93,84</u> 100,00
30	18,2	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,1 2,7 <u>87,2</u> 100,0	2,39 3,65 <u>6,18</u> 5,73*	4,21 1,72 <u>94,07</u> 100,00
31	18,2	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,2 1,9 <u>87,9</u> 100,0	2,10 4,15 <u>5,68</u> 5,29*	4,05 1,49 <u>94,46</u> 100,00
32	19	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,0 3,9 <u>86,2</u> 100,0	2,33 4,15 <u>5,94</u> 5,51*	4,22 2,93 <u>92,85</u> 100,00
33	19	MAG. MISTO NÃO MAG.	11,3 2,7 <u>86,0</u> 100,0	2,58 4,33 <u>6,42</u> 5,93*	4,92 1,97 <u>93,11</u> 100,00
34	19,5	MAG. MISTO NÃO MAG.	10,8 2,8 <u>86,4</u> 100,0	2,75 3,62 <u>6,07</u> 5,64*	5,26 1,80 <u>92,94</u> 100,00
35	19,5	MAG. MISTO NÃO MAG.	12,0 3,2 <u>84,8</u> 100,0	2,95 4,40 <u>6,38</u> 5,90*	6,00 2,38 <u>91,62</u> 100,00

Taboia 27 - Resultado dos testes de separação magnética, a úmido - alta intensidade ("RAPID"), na granulometria 150 M x 400 M. (MINÉRIO DA MINA).

\* Teor Calculado

Magnético ⇒ Rejeito

Não Magnético ⇒ Concentrado

TESTE	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
36	Alimentação		5,75*	
	Magnético	6,6	3,17	3,64
	Não Magnético	93,4	5,93	96,36
37	Alimentação		5,75*	
	Magnético	7,0	3,79	4,61
	Não Magnético	93,0	5,90	95,39

Tabela 28 - Resultado dos testes de separação magnética a seco - média intensidade - (disco) na granulometria 150 M x 400 M. (Minério da Mina)

\* Teor Calculado

Magnético ⇒ Rejeito

Não Magnético ⇒ Concentrado

	PESO (%)	Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)	ESPECIFICAÇÕES E CONDIÇÕES OPERACIONAIS
Alimentação (1/4" x 8M)		18,53*		Jig Denver Joy Modelo nº 1M Condições Operacionais: Tela 1/4" "Stroke" - 1/2" Leito - Bolas Ø 7,94mm Quantidade de Bolas - 425g Quantidade de Material - 2kg
Concentrado	75,0	23,20	93,90	
Rejeito	25,0	4,52	6,10	
Alimentação (8M x 20M)		18,43*		Jig Denver Joy Modelo nº 1M Condições Operacionais: Tela - 8 Mesh (2,38mm) "Stroke" - 1/4" Leito - Bolas Ø 3,36mm Quantidade de Bolas - 40g Quantidade de Material - 2kg
Concentrado	72,3	22,00	86,29	
Rejeito	27,7	9,12	13,71	
Alimentação (20M x 150M)		14,72*		Sep. Magnético de Disco Stearns Magnetics Modelo "Ring" Tipo "D" Condições Operacionais: GAP - 3mm Amperagem - 4A Voltagem - 120V Quantidade de Material - 2kg
Concentrado	73,2	19,90	98,94	
Rejeito	26,8	0,58	1,06	

Tabela 29 - Balanço metalúrgico dos testes nºs. 5, 10 e 18, com as especificações dos equipamentos e condições operacionais

\* Teor Calculado

	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn
Alimentação		17,2*	
Concentrado	73,5	21,7	92,5
Rejeito	26,5	4,9	7,5

Tabela 30 - Balanço metalúrgico das operações unitárias de jigagem e separação magnética do fluxograma da Figura 16. (Minério da Mina).

\* Teor Calculado

Recuperação de Zn no fluxograma = 92,5%

	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn
Alimentação		11,9*	
Concentrado	39,4	21,7	72,0
Rejeito	60,6	5,5	28,0

Tabela 31 - Balanço metalúrgico global da Figura 16. (Minério da Mina)

\* Teor Calculado

Recuperação global de Zn = 72%

#### 5.4.2 - Minério da Usina

No estudo de beneficiamento do minério da usina, realizou-se ensaios em jig, mesa vibratória e separação magnética (a úmido e a seco) com amostras representativas de diversos pontos do circuito da usina da MASA, conforme Tabela 13 e Figuras 8 e 13, a saber:

- Alimentação da usina
- Retido na peneira vibratória
- Passante na peneira vibratória
- "Over" do Akins da deslamagem
- "Under" do Akins da deslamagem

Na análise granulométrica do material retido na peneira (Ver Tabela 32), observa-se que 50% da massa está numa granulometria acima de 1"; considerada muito grossa para seu beneficiamento.

Com base nestes resultados preparou-se a amostra nas granulometrias 1/2" x 6 M e 6 M x 20 M e logo após, procedeu-se ensaios em jig. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 33 e 34.

GRANULOMETRIA	% EM PESO PARCIAL	% EM PESO ACUMULADO
+ 1"	50,0	50,0
+ 1/2"	20,4	70,4
+ 3,5	19,4	89,8
+ 4 M	5,1	94,9
+ 6 M	2,7	97,6
+ 8 M	0,5	98,1
+ 10 M	0,3	98,4
- 10 M	1,6	100,0

Tabela 32 - Análise granulométrica do material retido na peneira vibratória (Figura 8).

M = mesh

Na granulometria 1/2" x 6 M para uma a limentação de 21% em Zn, conseguiu-se uma concentração de 30% em Zn com recuperação em torno de 72%. A Figura 18 mos tra um fluxograma esquemático do ensaio realizado.

As especificações do aparelho bem como as condições operacionais foram as seguintes:

JIG MINERALMAQ, Tipo JDST

- Modelo 46/1, 1 célula

- Tela 1/2" (12,7 mm)

- "Stroke" 1/2"

- Leito-Misto (Bolas + Hematita) com gra nulometria de 14,3 mm e peso de 520 g.

- Quantidade de material: 5 kg

CONCENTRAÇÃO EM JIG NA GRANULOMETRIA 1/2" x 6M  
(MINÉRIO DA USINA)

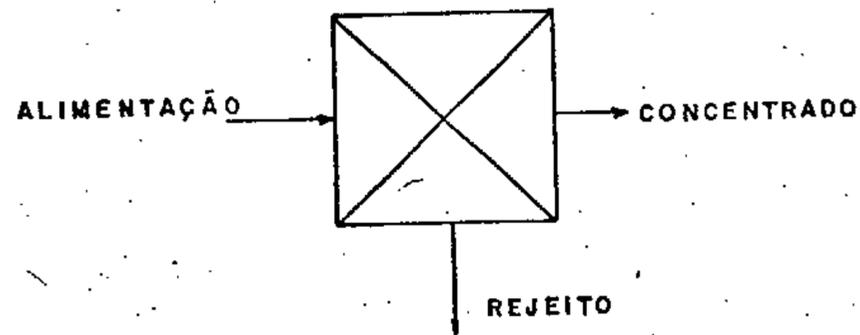


Fig.18 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM JIG (1/2" x 6M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		20,90	
CONCENTRADO	49,6	30,20	71,70
REJEITO	50,4	11,70	28,30

TABELA 33 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO DE CONCENTRAÇÃO EM JIG.  
(1/2" x 6M)

Na granulometria 6 M x 20 M para uma alimentação de 23% em Zn, conseguiu-se uma concentração de 35% em Zn com recuperação em torno de 79%. A Figura 19 mostra um fluxograma esquemático do ensaio realizado.

As especificações do aparelho bem como as condições operacionais foram as seguintes:

#### JIG DENVER JOY

- Modelo nº 1 M
- "Stroke" 1/4"
- Leito Bolas  $\varnothing$  5 mm (Aprox.)
- Tela = 4 mesh
- Quantidade de Bolas = 45 g.
- Quantidade de material = 2 kg.

A análise granulométrica do minério da usina "passante na peneira vibratória da usina" ou seja, alimentação do jig no circuito da MASA (Ver Tabela 16), revelou que 46% do minério está abaixo de 20 mesh. Esta granulometria não é adequada para concentração em jig, em virtude dos minerais minério e ganga apresentarem pesos específicos relativamente próximos.

Preparou-se, então, a amostra na granu-lometria 20 M x 150 M e realizaram-se ensaios de beneficiamento em mesas vibratórias e separadores magnéticos por via seca e úmida (média e alta intensidade).

CONCENTRAÇÃO EM JIG NA GRANULOMETRIA 6 M x 20 M  
(MINÉRIO DA USINA)

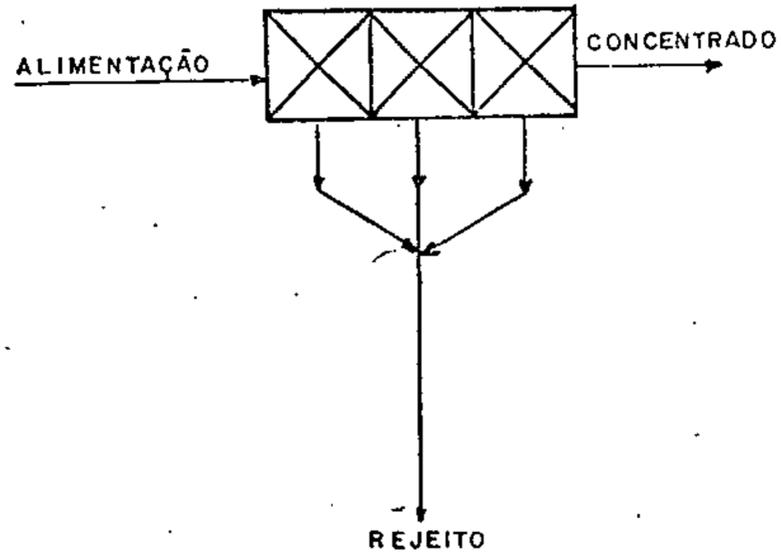


Fig. 19 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM JIG (6M x 20M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		23,55	
CONCENTRADO	57,0	35,00	78,78
REJEITO	43,0	12,50	21,22

TABELA 34 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM JIG (6 M x 20 M)

Para os ensaios de mesa vibratória, o produto foi classificado em duas frações granulométricas, 20 M x 65 M e 65 M x 150 M, com objetivo de melhorar sua eficiência no beneficiamento. A seguir foi levado às mesas vibratórias com as seguintes características:

Granulometria 20 M x 65 M	Granulometria 65 M x 150 M
"Mesa de Areia" Mod. DEISTER	"Mesa de Lama" Mod. DEISTER
Tamanho - 48" x 34"	Tamanho - 48" x 34"

Para ambos ensaios:

- Frequência em torno de 275 pulsos/min.
- Inclinação entre 3° e 5°
- % de sólidos entre 10% e 18%
- Quantidade de material = 3 kg.

As Figuras 20 e 21, apresentam os fluxogramas esquemáticos das operações envolvidas nestes ensaios de mesa vibratória. Observa-se na Figura 20 (granulometria 20 M x 65 M) que o concentrado de zinco é recolhido na posição usual de rejeito e o rejeito na de concentrado. Isto é explicável já que o mineral de zinco tem densidade baixa e o rejeito é constituído de minerais de ferro.

Na granulometria 65 M x 150 M podemos observar na Figura 21 que o concentrado de zinco é recolhido na posição usual de misto e o mais pesado constitui um misto. Este misto é formado de piromorfita, minerais de ferro e algum mineral de zinco. Houve portanto uma liberação adequada

CONCENTRAÇÃO EM MESA NA GRANULOMETRIA 20M x 65M  
(MINÉRIO DA USINA)

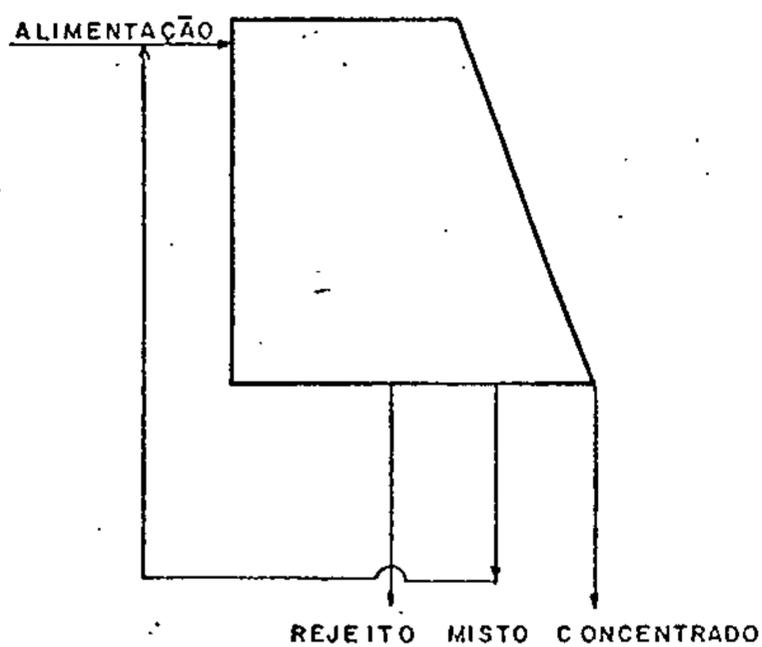


FIG. 20 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM MESA VIBRATÓRIA (20M x 65M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		23,75	
CONCENTRADO	32,4	29,00	40,47
MISTO	42,4	22,50	41,08
REJEITO	25,2	17,00	18,45

TABELA 35 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM MESA VIBRATÓRIA  
(20M x 65M).

CONCENTRAÇÃO EM MESA NA GRANULOMETRIA 65 M x 150 M  
(MINÉRIO DA USINA)

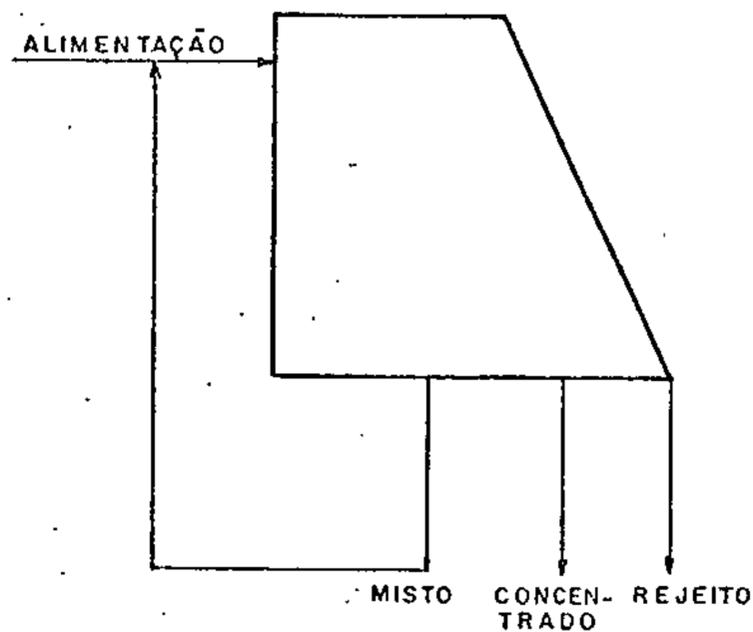


Fig. 21 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM MESA VIBRATÓRIA (65 M x 150 M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		21,50	
CONCENTRADO	65,3	25,25	73,15
MISTO	22,6	20,75	20,81
REJEITO	12,1	11,25	6,04

TABELA 36 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM MESA VIBRATÓRIA (65 M x 150 M)

dos diversos constituintes mineralógicos nesta faixa de tamanho.

Pelos teores apresentados nas Tabelas 35 e 36 verifica-se que a operação de mesagem não resultou em grande aumento de teor de zinco, como também (Tabela 37), não apresentou uma redução considerável do teor de CaO e MgO nos concentrados (redução esta desejável no processo hidrometalúrgico), não sendo portanto, vantajosa sua utilização.

	PESO (%)	CaO (%)	Distribuição CaO (%)	MgO (%)	Distribuição MgO (%)
Alimentação (20 M x 65 M)		0,76*		2,06*	
Concentrado	32,4	1,23	52,50	3,29	51,61
Misto	42,4	0,69	38,54	1,81	37,16
Rejeito	25,2	0,27	8,96	0,92	11,23
Alimentação (65 M x 150 M)		1,31*		2,93*	
Concentrado	65,3	1,41	70,42	2,77	61,71
Misto	22,6	0,25	4,32	0,71	5,47
Rejeito	12,1	2,73	25,26	7,95	32,82

Tabela 37 - Resultados da análise química de CaO% e MgO% dos produtos de mesas vibratórias.

\* Teor Calculado.

Nos ensaios em separadores magnéticos não foi necessário classificar a amostra 20 M x 150 M, em duas frações granulométricas.

Foram realizados ensaios em separadores magnéticos, via seca, de rolo induzido e de disco, e também ensaios em separador magnético "RAPID", via úmida, alta intensidade.

As Figuras 22 e 23 apresentam as operações em separadores magnéticos de rolo induzido e de disco, respectivamente. As especificações dos aparelhos, bem como as condições operacionais foram as seguintes:

#### SEPARADOR MAGNÉTICO DE ROLO INDUZIDO ERIEZ MAGNÉTICS

- Modelo "IMR" - Tipo HIE

Condições Operacionais: GAP - 4mm

Amperagem - 3 A

Quantidade de Material = 1,5 kg

#### SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO STEARNS MAGNETICS

- Modelo "RING" - Tipo D

Condições Operacionais: GAP - 3 mm

Amperagem - 5 A

Quantidade de Material = 2,5 kg

Os resultados obtidos com os separadores magnéticos de rolo induzido e disco foram satisfatórios, observando-se porém, uma melhor eficiência no separador mag-

nético de disco. Partindo de uma alimentação em torno de 24% Zn foram obtidos concentrados com 38,5 e 36% Zn com recuperações de 92 e 98% para os separadores magnéticos de rolo induzido e disco, respectivamente (Ver Tabelas 38 e 39).

Os teores de CaO e MgO nos concentrados, permaneceram praticamente inalterados. Para uma alimentação em torno de 3,7% (CaO + MgO) foram obtidos teores de 4,2% e 5,1% (CaO + MgO) respectivamente nos separadores magnéticos de rolo induzido e disco. Os teores de Fe foram reduzidos de 24% para cerca de 3% Fe nos concentrados (Ver Tabela 40).

Com relação ao separador "RAPID" fez-se ensaios nas intensidades de campo 7, 13 e 18 kilogauss (Ver Tabela 41). Verifica-se que nos ensaios onde houve um aumento significativo de teor, estes apresentaram uma menor distribuição em zinco quando comparados com os ensaios em separadores magnéticos de rolo induzido e disco (Tabelas 38 e 39).

As condições operacionais dos ensaios realizados no separador "RAPID" foram as seguintes:

- Quantidade de Material : 100 g
- % sólido de alimentação: 30%
- grade: 2,0/4,0 mm

Em amostra representativa do "Over" do Akins da deslamagem, pertencente a usina da MASA, verifica-se na Tabela 19 que 73% do zinco contido está acima de 400 mesh.

CONCENTRAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE ROLO INDUZIDO NA  
GRANULOMETRIA 20M x 150M (MINÉRIO DA USINA)

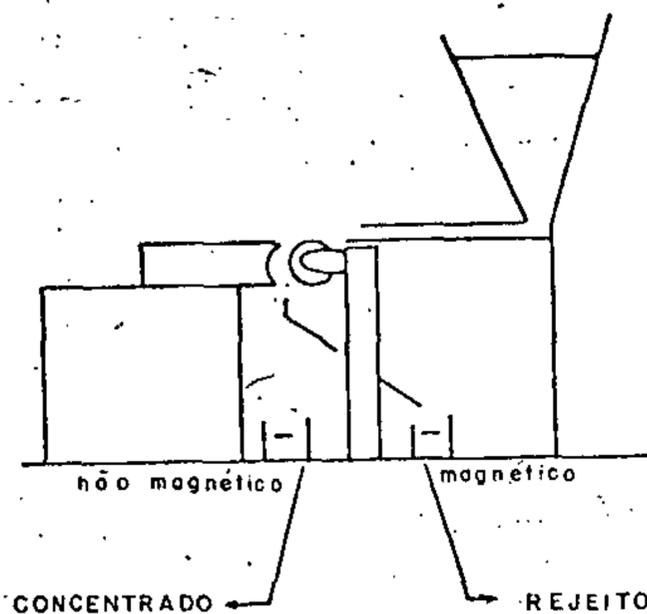


Fig 22 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE ROLO INDUZIDO (20M x 150M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		24,26	
CONCENTRADO	58,00	38,50	92,0
REJEITO	42,00	4,60	8,0

TABELA 38 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE ROLO INDUZIDO (20M x 150M)-

CONCENTRAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE DISCO NA GRANULOMETRIA 20M x 150M  
(MINERIO DA USINA)

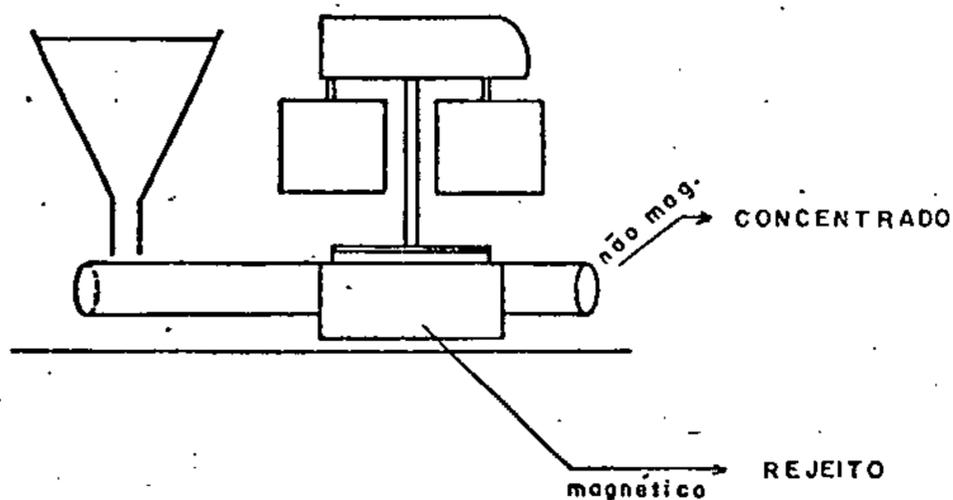


Fig. 23 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO (20M x 150M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		23,45	
CONCENTRADO	63,6	36,00	97,6
REJEITO	36,4	1,54	2,4

TABELA 39 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO (20M x 150M)

	Produto	Peso (%)	CaO (%)	Distribuição CaO (%)	MgO (%)	Distribuição MgO (%)	Fe (%)	Distribuição Fe (%)
Separador Magnético de Rolo Induzido	Alimentação		0,92*		2,75*		23,9*	
	Concentrado	58,0	1,40	88,6	2,82	59,4	2,70	6,6
	Rejeito	42,0	0,25	11,4	2,66	40,6	53,13	93,4
Separador Magnético de Disco	Alimentação		0,85*		2,81*		25,22*	
	Concentrado	63,6	1,33	99,6	3,74	84,7	3,88	9,8
	Rejeito	36,4	0,01	0,4	1,18	15,3	62,50	90,2

Tabela 40 - Resultados da análise química de CaO%, MgO% e Fe% dos produtos de concentração em separador magnético de rolo induzido e disco na granulometria 20 M x 150 M.

\* Teor Calculado.

CONCENTRAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO,  
VIA ÚMIDA, "RAPID" - ALTA INTENSIDADE  
NA GRANULOMETRIA 20M x 150M  
(MINÉRIO DA USINA)

INTENSIDADE DE CAMPO	PRODUTO	PESO (%)	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
7 KILOGAUSS	Alimentação		24,70*	
	Concentrado	95,7	25,00	97,00
	Rejeito	4,3	17,00	3,00
13 KILOGAUSS	Alimentação		25,08*	
	Concentrado	68,3	32,50	88,50
	Rejeito	31,7	9,10	11,50
18 KILOGAUSS	Alimentação		22,92*	
	Concentrado	52,1	37,00	84,10
	Rejeito	47,9	7,60	15,90

Tabela 41 - Balanço metalúrgico das operações em separador magnético, via úmida (alta intensidade), "RAPID" (20M x 150M)

\* Teor Calculado

Com base nesta Tabela, fez-se uma "deslamagem" na granulometria de 400 mesh e logo após com o produto "deslamado" efetuou-se ensaios em separadores magnéticos (rolo induzido e de disco) a seco. Para obter-se melhor eficiência nos ensaios classificou-se a amostra em duas frações granulométricas, 65 M x 150 M e 150 M x 400 M.

Na fração granulométrica 65 M x 150 M, fez-se ensaios em separadores magnéticos de rolo induzido e de disco cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 42 e 43, respectivamente. Nestas Tabelas observa-se uma concentração razoável com uma boa recuperação, principalmente no ensaio realizado no separador magnético de disco:

As Figuras 24 e 25 apresentam fluxogramas esquemáticos dos separadores magnéticos de rolo induzido e de disco cujas características e condições operacionais são as seguintes:

#### SEPARADOR MAGNÉTICO DE ROLO INDUZIDO ERIEZ MAGNETICS

- Modelo "IMR" - Tipo HIE

Condições Operacionais: GAP - 4 mm

Amperagem - 3 A

Quantidade de Material = 1 kg

#### SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO STEARNS MAGNETICS

- Modelo "RING" - Tipo D

Condições Operacionais: GAP - 3mm

Amperagem - 5 A

Quantidade de Material = 1 kg

CONCENTRAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE ROLO INDUZIDO NA  
GRANULOMETRIA 65M x 150M (MINÉRIO DA USINA)

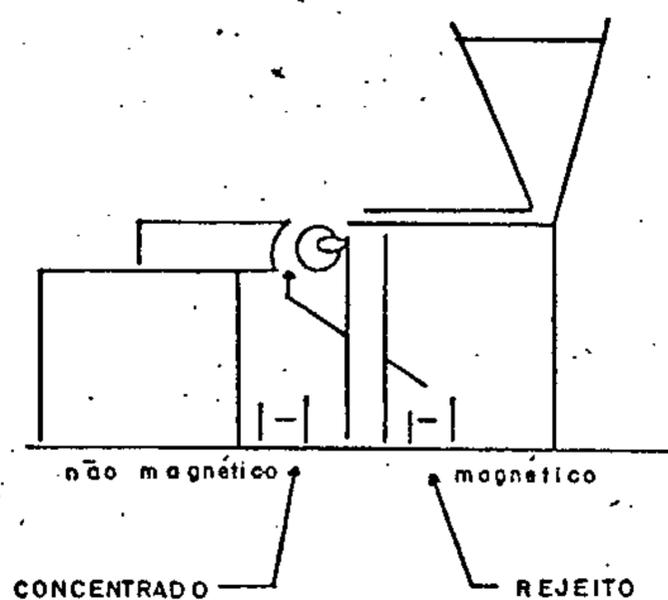


Fig 24 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE ROLO INDUZIDO (65M x 150M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		19,24	
CONCENTRADO	55,0	24,75	70,8
REJEITO	45,0	12,50	29,2

TABELA 42 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE ROLO INDUZIDO (65 M x 150M)

CONCENTRAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO  
DE DISCO NA GRANULOMETRIA 65M x 150M  
(MINÉRIO DA ÚSINA)

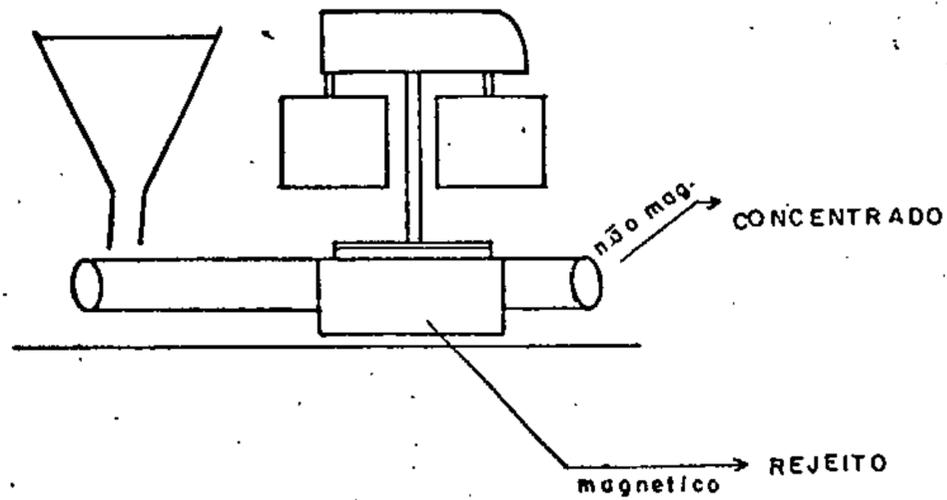


Fig. 25 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO (65M x 150M)

	% PESO	TEOR Zn (%)	DISTRIBUIÇÃO Zn (%)
ALIMENTAÇÃO		18,67	
CONCENTRADO	79,84	22,75	97,3
REJEITO	20,16	2,53	2,7

TABELA 43 - BALANÇO METALÚRGICO DA OPERAÇÃO EM SEPARADOR MAGNÉTICO DE DISCO (65M x 150M)

Quanto a fração 150 M x 400 M os ensa<sup>~</sup>ios não apresentaram bons resultados.

Como esta faixa granulométrica é indicada para a flotação, abrem perspectivas para o emprego deste método após um estudo detalhado. Num projeto que vem sendo desenvolvido no CETEM com o objetivo de aproveitar o zinco contido em áreas com minério mais pobre em Vazante, tem - se conseguido resultados satisfatórios por flotação.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Dadas as características de mineração empregadas na MASA há a geração de um produto sem uniformidade. Disso decorre dificuldades no beneficiamento e metalurgia extrativa.
2. O balanço metalúrgico da usina da MASA revela um teor médio no concentrado de 26% em Zn com uma alimentação de 23% em Zn. Embora a recuperação seja elevada (89%) sua relação de enriquecimento é de apenas 1,15.
3. Na usina de beneficiamento da MASA há uma única operação de concentração. Esta é feita por um jig de 3 (três) células na faixa granulométrica de 6 mesh x 100 mesh. O fato de estar sendo utilizada uma faixa granulométrica ampla na alimentação (6 mesh x 150 mesh), quando se tem minerais com valores de densidades próximos entre si, acarreta uma baixa concentração. Por esta razão o teor do produto obtido no jig é de 24% em Zn para uma alimentação de 23% em Zn.
4. Há uma descontinuidade com relação ao fornecimento de concentrado à usina metalúrgica (INGA) obrigando esta a modificar seu circuito para tratar "Borra de Zinco" proveniente de processos de galvanização.
5. A partir dos estudos de caracterização do minério verificou-se que na granulometria de 65 mesh, 90% do zinco já está liberado. Entretanto na granulometria de

4 mesh já existe uma liberação de 60% de aglomerados irregulares de grãos de minerais de zinco que estão cimentados por óxido de ferro, permitindo com isso, concentrações gravimétricas em granulometrias grosseiras.

6. Os estudos de laboratório foram conduzidos separadamente envolvendo o minério da mina e o minério da usina em diversas faixas granulométricas desde 1/4" a 400 mesh e 1/2" a 400 mesh, respectivamente. Os melhores resultados de concentração foram aqueles de granulometria mais grosseira (1/2" a 20 mesh) realizados por processos gravimétricos e os de granulometria mais fina (20 mesh a 150 mesh) por processos magnéticos. O minério na granulometria 150 mesh x 400 mesh seria descartado do circuito ou estudado seu aproveitamento por flotação.

a) Minério da Mina

- Sem incluir no balanço metalúrgico, a fração abaixo de 150 mesh, obteve-se uma recuperação parcial de 92,5% em Zn com um concentrado de 21,7% Zn para uma alimentação de 17,2% Zn. A recuperação global foi de 72% em Zn com concentrado de 21,7% Zn para uma alimentação de 11,9% Zn.

b) Minério da Usina

Para a concentração gravimétrica e magnética concluiu-se pela classificação do minério nas seguintes faixas granulométricas:

- 1/2" x 6 mesh-Jig, obtendo-se um concentrado com 30% em Zn com uma recuperação em torno de 72% para uma alimentação de 21% em Zn, permitindo com isso, a substituição da escolha manual;
- 6 mesh x 20 mesh-Jig, obtendo-se um concentrado de 35% em Zn para uma alimentação de 23% em Zn e recuperação em torno de 79%;
- 20 mesh x 150 mesh-Separação magnética à seco com separador magnético de disco, obtendo-se um concentrado com 36% em Zn, recuperação de 98% para uma alimentação de 23% em Zn.

9. Com base nos resultados obtidos nos estudos de laboratório propôs-se um fluxograma para a usina de beneficiamento da MASA (Ver Figura 26).



## BIBLIOGRAFIA

1. WORLD MINERALS AVAILABILITY - "Lead, Zinc and Antimony - Final Report, Vol. 6 - Stanford Research Institute-1976
2. MATHEWSON, C.H. - The Science and Technology of the Metal, its Alloys and Compounds - Hafner Publishing Company, Inc. 1970.
3. CASTRO Y MOSQUERA, J. MB - Metalurgia Extractive de los Metales no Ferreos, 1962.
4. WORLD SYMPOSIUM - Mining and Metallurgy of Lead & Zinc - Mining and Concentrating, Vol. 1 - 1970.
5. WORLD SYMPOSIUM - Mining and Metallurgy of Lead & Zinc - Extractive Metallurgy, Vol. 2 - 1970.
6. CAMPOS, V. F.; MENDES, C.M. - Concentração do Minério de Zinco em Vazante - 1º Encontro Nacional de Tratamento de Minério - Maio 1973.
7. PERES, A.E.C.; COELHO, E.M. - Concentração em Mesa Vibratória e Flutuação do Minério de Zinco de Vazante - 2º Encontro Nacional de Tratamento de Minério - Maio 1974.
8. CONSTANTINO, W. - Contribuição à Caracterização Tecnológica dos Minérios de Zinco de Vazante, Minas Gerais - 3º Encontro Nacional de Tratamento de Minério.

- 9 . DANA, I. D.; HURLBUT, C.S. - Manual de Mineralogia - Vol. 1 e Vol. 2 - 1970.
10. SUSZCZYNSKI, E.F. - Os Recursos Minerais Reais e Potenciais do Brasil e sua Metalogenia - 1975.
11. ABREU, S.F. - Recursos Minerais do Brasil - Vol. 2- 1973.
12. III<sup>o</sup> SIMPÓSIO DE MINERAÇÃO - Geologia e Metalurgia - Panorama do Zinco no Brasil, 1976.
13. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, DNPM - Perfil Analítico do Zinco, 1973.
14. SARMENTO, P.C.M.; ALMENDRA FILHO, J. M.G. - Indústria do Zinco e do Níquel no Brasil - Avulso nº 87 - DNPM - 1964.