

## ESTUDO DE FLOTAÇÃO DO TALCO DO PARANÁ EM ESCALA DE BANCADA

Adão Benvindo da Luz (1)  
 Ivan Falcão Pontes (2)  
 Ney Hamilton Porphírio (3)

## RESUMO

Estudos de laboratório realizados no CETEM, envolvendo caracterização química, mineralógica e concentração por flotação, em quatro amostras de talco provenientes de Ponta Grossa e Castro-PR, mostraram que a flotação é uma rota promissora para o beneficiamento dos talcos da região do Paraná. Outras técnicas, tais como separação magnética de alta intensidade (via úmida) e lixiviação ácida, foram testadas visando uma purificação dos produtos finais de flotação, sendo considerados negativos os resultados da separação magnética e animadores os da lixiviação, apesar do consumo de ácido ser considerado elevado.

O resultado obtido com as amostras das Minas Barra Moura e Manoel foram os mais promissores, para a obtenção de concentrados de talco para fins mais nobres, tais como tinta e papel. O talco da Mina Flor mostrou-se viável apenas para tinta. Com o talco da Mina Pinheiro 3, os resultados foram desanimadores. A partir desses resultados estão sendo desenvolvidos estudos em usina piloto na região de Ponta Grossa.

## ABSTRACT

Bench-scale flotation studies to concentrate four different samples of talcs, from Ponta Grossa and Castro, Parana State, were carried out by CETEM. Results indicated flotation as a promising process for the Parana talcs. Wet high-intensity magnetic separation and hydrochloric acid leaching was used to remove the iron impurities from the flotation concentrate, indicating a good recovery but conducting to a high acid consumption. Two types of ore reached the specification for paper and paint industries. Pilot plant studies are being developed in Ponta Grossa region.

- 1) Engenheiro de Minas, Chefe do Departamento de Tratamento de Minérios CETEM/CNPq  
 2) Engenheiro de Minas, Pesquisador do CETEM/CNPq  
 3) Mineralogista, Pesquisador do CETEM/CNPq

## 1. OBJETIVO

O presente trabalho utilizou como ponto de partida os estudos de beneficiamento já realizados conjuntamente pelo CETEM (1,2) e pela Paulo Abib Engenharia, em amostras de talco do estado do Paraná, e teve como objetivo o estudo de beneficiamento do talco da região de Ponta Grossa e Castro, através de flotação, visando a obtenção de um produto para ser utilizado, principalmente, na indústria de papel e tinta.

## 2. INTRODUÇÃO

O Brasil se encontra entre os três principais produtores mundiais de talco, estando localizadas no Paraná as principais minas em operação (3,5). Em 1983, a produção de talco do Paraná foi de 240.000t. Destas, 81% e 7% destinaram-se aos segmentos industriais de cerâmica e papel, respectivamente (4). Quase toda a produção de talco no Brasil se encontra a cargo de pequenos e médios mineradores. Como o talco não passa por nenhum beneficiamento, a maior parte da produção destina-se ao uso cerâmico. A pequena fração de talco produzida para fins mais nobres é proveniente de uma lavra seletiva e, antes de ser comercializada, é submetida apenas a uma secagem e moagem.

As mineralizações de talco da região de Ponta Grossa e Castro ocorrem sob a forma de bolsões, na faixa calcária da formação geológica denominada Itaiacoca, associadas a gabbro e quartzito (3).

O talco é um silicato hidratado de magnésio -  $Mg_3(OH)_2(Si_2O_5)_2$ . A composição química deste apresenta pouca variação; no entanto, algumas vezes, pequenas quantidades de ferro, manganês ou alumínio podem substituir o magnésio. Não é atacado por ácido em condições normais de pressão e temperatura, exceção feita ao ácido fluorídrico. As propriedades distintas, tais como lisura, alta superfície específica, inércia química, boa retenção como carga etc, fazem do talco um mineral industrial com vasto campo de aplicação nas indústrias cosméticas, farmacêuticas, têxtil e de cerâmica, borracha, tinta, papel, plástico etc. (6).

Em geral, o beneficiamento de talco consta apenas de uma redução à granulometria requerida pelo mercado; no entanto, já se verifica a utilização de técnicas mais sofisticadas, do tipo "Photoelectric Sorting", usado em uma usina na Inglaterra, em substituição à cata

ção manual. Separação magnética de alta intensidade, via úmida, pode ser usada para remoção de minerais de ferro, e a flotação, embora seja uma técnica bastante conhecida, não é ainda largamente utilizada no beneficiamento do talco (7).

O talco apresenta uma superfície anisotrópica, ou seja, as partículas contêm superfície hidrofóbica e hidrofílica. A fração de superfície hidrofóbica confere a flotabilidade natural do talco. Gomes (13), estudando a influência do pH na flotabilidade do talco, na presença de isobutil xantato de sódio, constatou que, tanto para altas como para baixas concentrações de coletor, a flotabilidade do talco diminui com o aumento do pH.

Quando se trata de um talco foliado, é possível sua flotação utilizando apenas espumante; no entanto, para os talcos fibrosos, faz-se necessária a utilização de coletores (8). Dentre estes podem ser citados aminas primárias, xantatos e ácidos graxos. Querosene e óleo de pinho tem sido a combinação mais adequada para flotação de talcos foliados, sendo as aminas utilizadas para talcos fibrosos (9,10). As principais impurezas do talco são serpentina, dolomita, magnesita, calcário, tremolita, clorita, óxidos de ferro etc. Como principais depressores dessas impurezas têm sido usados amido, quebracho e silicato de sódio (11,12).

### 3. AMOSTRAGEM

Foram selecionadas 4 (quatro) áreas, visando incluir os diferentes tipos de talcos conhecidos na região:

- a) Mina Flor - distrito de Socavão, município de Castro;
- b) Mina Barra Moura - distrito de Itaiacoca, município de Ponta Grossa;
- c) Mina Manoel - distrito de Abapã, município de Castro;
- d) Mina Pinheiro 3 - distrito de Itaiacoca, município de Ponta Grossa.

Em cada uma das minas selecionadas foi coletada, nas pilhas de estocagem, uma amostra de 250kg, a seguir enviadas ao CETEM. Os minérios de talco lavrados nessas minas não sofrem nenhum beneficiamento e se destinam ao uso na indústria cerâmica.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA

Os estudos de caracterização constaram de análises químicas e espectrográficas, observações ao microscópio ótico - para identificação dos minerais presentes - e determinação do grau de liberação do talco em relação aos minerais de ganga. Esses estudos foram complementados com difração de raios-X em amostras e produtos obtidos no decorrer da pesquisa.

##### Análises Químicas e Mineralógicas

Foram realizadas análises químicas das quatro amostras do minério (Tabela I). Observações macroscópicas das amostras do minério ("run of mine") evidenciaram que a maioria dos grãos de talco está em granulometria fina. Verificou-se, através de microscópio ótico, a predominância de microgrãos de talco, seguido de quartzo, clorita, tremolita, raramente carbonatos, traços de óxido de ferro hidratado e pirita. A composição mineralógica de cada amostra é apresentada na Tabela II. A nível de microscópio ótico, a morfologia dos talcos estudados é granular, não se enquadrando portanto nos tipos conhecidos como fibroso e lamelar.

##### Grau de Liberação

A determinação do grau de liberação do talco baseou-se nas observações, em lupa binocular e microscópio ótico, das frações granulométricas. Esses produtos indicaram uma liberação satisfatória em relação ao quartzo e demais minerais granulares, a partir de 10 malhas.

#### 5. ESTUDOS DE BANCADA

##### Ensaio de Moagem

Durante a preparação das amostras para os estudos de flotação, foram realizados ensaios de moagem nas seguintes condições:

- . peso da amostra: 500g;
- . granulometria da alimentação: < 10 malhas
- . Moinho de porcelana: 24cm x 18cm Ø;
- . rotação: 123rpm;
- . percentagem de sólidos em peso: 40%;

Tabela I - Análise Química e Alvura das Amostras ("Head Sample")  
dos Minérios de Talco de Ponta Grossa e Castro-PR

Compostos	Minas	Flor	Barra Moura	Manoel	Pinheiro 3
	% Peso				
SiO <sub>2</sub>		55,4	66,0	70,5	52,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,76	0,72	0,59	5,08
FeO		0,08	0,10	0,08	0,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,97	0,98	0,74	12,5
Na <sub>2</sub> O		0,12	0,09	0,09	0,25
K <sub>2</sub> O		0,06	0,03	0,04	2,68
TiO <sub>2</sub>		0,05	0,05	10,05	0,33
CaO		0,02	0,03	0,02	0,38
MgO		25,9	23,2	22,2	12,1
MnO		0,66	0,02	0,01	0,10
Ni <sub>2</sub> O		ND	ND	ND	0,02
P. Fogo		15,7	8,2	4,3	13,2
R.I. (em HCl 1:1)		82,9	90,4	95,0	61,3
Alvura		61,5	70,4	64,3	35,5

L = menor que o limite registrado

ND = não detectado

Tabela II - Composição Mineralógica Semiquantitativa das Amostras de Talco Estudadas

Minas Minerais	Flor	Barra Moura	Manoel	Pinheiro 3
	% Peso			
Talco	73	75	70	40
Quartzo	22	20	23	1
Tremolita	-	3	5	13
Clorita	3,5	-	-	9
Caulinita	-	-	-	2
Carbonato	1,5	2	1	-
Outros (*)	-	-	1	-

(\*) Talco lamelar, pirita cúbica com envoltório de óxido de ferro.

- carga moedora (bolas de porcelana): 45% do volume do moinho;
- dispersante (silicato de sódio): 200g/t de minério;
- tempo de moagem: 5, 10, 15 e 20 minutos.

Com os produtos dos diferentes tempo de moagem foram realizadas análises granulométricas (100, 200, 270 e 325 malhas), a úmido, e construídas as curvas de moagem. Estas apontaram os tempos de 15 e 20 minutos para obtenção de um produto com 80% abaixo de 325 malhas.

### Estudos de Flotação

O controle do processo foi realizado através da medição da alvura dos concentrados, em fotômetro fotoelétrico Zeiss (ELREPHO-457). Somente nas condições otimizadas foram realizadas análises químicas para MgO e de impurezas prejudiciais ao produto. Além dos reagentes - soda cáustica, silicato de sódio, óleo de pinho e querosene - indicados em estudos anteriores, foram testados, ainda, os seguintes reagentes: aminas (Flotigan e HOE 2835 - Hoechst) como coletores; espumante (Flotanol D 14 - Hoechst) e depressor de óxido de ferro (amido - Refinação de Milho do Brasil).

A seqüência básica usada nos ensaios de flotação é apresentada na Figura 1. Na realização dos ensaios de flotação utilizou-se célula DENVER (D-12) e os melhores resultados são apresetnados na Tabela III.

### Lixiviação Ácida

Os concentrados de flotação do talco foram submetidos a ensaios de lixiviação por agitação, visando melhorar a alvura do produto, através da solubilização das impurezas, principalmente dos óxidos de ferro.

### Condições dos Ensaio

- amostra: 30kg (80% < 200 malhas)
- agentes lixiviantes: HCl e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- concentração da solução: 5, 10, 15 e 20%;
- percentagem de sólidos em peso: 20%;
- tempo de lixiviação: 30, 60, 90 e 120 minutos;
- temperatura: ambiente, 60, 70 e 80°C.

Tabela III- Características dos Concentrados de Flotação dos Ensaios mais Promissores.

M I N A	ENSAIO	RECUPERAÇÃO EM MASSA (%)	T E O R (%)										ALVURA
			SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Mn	Cu	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	P.F.	
Barra Moura	28	25,0	60,8	29,6	0,68	0,24	0,06	0,026	0,007	4,45	0,31	4,76	82
Manoel	15	43,6	61,2	28,5	0,64	0,33	0,05	0,003	ND	3,72	0,68	4,40	81,6
Flor	26	23,0	60,9	29,0	1,70	0,57	0,06	0,055	ND	5,33	0,36	5,69	71

ND = não detectado



Em função dos melhores resultados obtidos (Tabela IV), escolheu-se a concentração de 10% de HCl, temperatura de 80°C e tempo de lixiviação de 60 minutos, para testar outros concentrados de talco.

### Separação Magnética

Foram realizados alguns ensaios exploratórios de separação magnética de alta intensidade, via úmida, a partir dos concentrados de flotação da Mina Flor. Os equipamentos e as condições utilizadas foram:

- . separador magnético BOXIMAG RAPID;
- . matriz de lã de aço;
- . peso de amostra: 50g (concentrado);
- . percentagem de sólidos da polpa: 10%;
- . dispersante (hexametáfostato de sódio): 1000g/t minério;
- . campo magnético: 14000 a 20000Gauss

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Moagem em Bancada

Foi usada uma percentagem de sólidos mais baixa na polpa (40%) , visando diminuir a viscosidade e melhorar as condições de moagem. A caracterização mineralógica indicou uma liberação satisfatória do talco a partir de 10 malhas. Apesar disto, usou-se para alimentação da flotação um produto de moagem com 80% abaixo de 325 malhas, para atender às exigências granulométricas do mercado consumidor. As análises granulométricas (via úmida) dos concentrados não apresentaram os resultados desejados (80% abaixo de 325 malhas). Os concentrados de talco da Mina Manoel e Barra Moura apresentaram granulometria de apenas 55% abaixo de 325 malhas, devendo ser moídos, a seco, para atender às especificações requeridas.

### Flotação em Bancada

Dentre os reagentes estudados, a combinação do querosene com óleo de pinho ou Flotanol mostrou-se mais seletiva. A amina, embora tenha se mostrado como um coletor mais poderoso, comprometeu a seletividade, prejudicando a alvura. A massa a ser flotada no concentra do "rougher" é alta (60% peso), requerendo, portanto, uma dosagem

Tabela IV - Principais Condições e Resultados Obtidos nos Ensaios de Lixiviação do Concentrado de Talco - Mina Flor.

ENSAIO	CONC. SOLUÇÃO (%)		TEMPERATURA (°C)	TEMPO DE LIXIVIAÇÃO (min.)	CONC. LIXIVIADO (% Rec. Massa)	ALVURA DO TALCO (%)	
	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				Inicial	Final
1	-	25	80	180	88,0	72,6	90,0
2	25	-	80	180	95,0	72,5	92,0
3	5	-	80	30	97,4	-	77,0
4	10	-	80	30	95,3	-	75,5
5	15	-	80	30	99,0	72,0	83,7
6	20	-	80	30	96,0	-	87,6
7	-	-	80	30	97,0	-	78,1
8	-	-	80	60	98,0	-	82,3
9	10	-	80	90	96,0	72,0	85,3
10	-	-	80	120	97,0	-	87,0
11	-	-	AMBIENTE	60	97,7	-	71,0
12	10	-	AMBIENTE	90	98,3	70	71,7
13	-	-	AMBIENTE	120	98,9	-	71,7

maior de coletor e espumante. No entanto, devido à formação de espuma espessa, consistente e difícil de ser quebrada, decidiu-se pela dosagem estagiada dos reagentes, nas etapas da flotação. Nos estágios de limpeza, ficou provado que a partir do quarto "cleaner" não havia mais melhoria na alvura do concentrado final. A deslamagem, antes da flotação, mostrou-se indispensável na remoção de materiais argilosos e ferruginosos, prejudiciais à flotação e alvura dos concentrados. A flotação em meio ácido não produziu os resultados desejados, pois as recuperações em massa e alvura do concentrado foram baixas.

Os melhores resultados obtidos (alvura 80 a 82%) foram para os minérios da Barra Moura e Manoel. No Quadro I está apresentada a seqüência e dosagem dos reagentes do ensaio nº 15. A partir das Tabelas II, III e das especificações requeridas foi elaborada a Tabela VI, com as amostras estudadas e indicações para aplicação industrial.

#### Lixiviação

A utilização da lixiviação como etapa complementar a flotação produziu os resultados esperados. Elevou-se a alvura das amostras da Mina Flor (72%), Barra Moura (80%) e Manoel (80%), para 85%. O consumo médio de HCl (340kg/t de talco lixiviado), entretanto, nos pareceu elevado.

#### Separação Magnética

Esta etapa, como complemento à flotação, visando remover os minerais de ferro para melhorar a alvura dos concentrados, não produziu os resultados almejados. A alvura do concentrado não-magnético subiu apenas de 70 para 75% (Tabela V).

Tabela V - Resultados da Separação Magnética em Amostras de Concentrado de Flotação do Talco da Mina Flor.

ENSAIO	CAMPO MAGNÉTICO (Gauss)	DISTRIBUIÇÃO DE MASSA %		ALVURA %	
		Concentrado	Rejeito	Inicial	Final
1	14000	94,5	5,5	70,3	75,3
2	20000	93,3	6,7	72,6	74,2
3	17000	92,8	7,2	72,6	74,5
4	18000	98,4	1,6	72,6	75,5

Quadro I - Condições e Resultados do Ensaio nº 15

Projeto: ESTUDOS DE FLOTAÇÃO DE TALCO DE PONTA GROSSA (PR)									
Ensaio de Flotação Nº 15      Amostra: Mina Manoel									
Objetivo: Reproduzir o teste nº 4, fazendo moagem durante 20 minutos									
E T A P A S	CONDIÇÕES			REAGENTES (g/t)					
	TEMPO (min)	SÓLIDOS (%)	pH	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Querosene	Flotanol D14	Água (ml)	Amido
Moagem (500g)	20	40	Nat.	-	200	-	-	750	-
Deslamagem	-	10	Nat.	-	-	-	-	1000	-
Cond. 1	2	10	10	150	300	-	-	-	-
Cond. 2	5	10	10	-	-	400	-	-	-
Cond. 3	2	10	10	-	-	-	100	-	-
Rougher 1	5	10	10	-	-	-	-	-	-
Cond. 4	5	10	9,3	-	-	300	-	-	-
Cond. 5	2	10	9,3	-	-	-	50	-	-
Rougher 2	5	10	9,3	-	-	-	-	-	-
Cleaner 1	5	10	9,3	-	-	100	50	-	-
Cleaner 2	3	10	8,6	-	-	50	16	-	-
Cleaner 3	4	10	8,2	-	-	50	16	-	-

## COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

PRODUTO	PESO (%)	T E O R (%)				Talco		Tremoli	Quartz	Alvura (%)	CaO (%)
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Teor (%)	Rec. (%)	(%)	(%)		
CCL 3	43,56	28,5	0,64	61,2	0,33	89,8	55,9	-	-	81,6	0,05
RCL 3	4,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RCL 2	11,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RRG	14,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAMA	7,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALIMENTAÇÃO (*)	100,00	22,2	0,74	70,5	0,59	70	100,0	5	23	64,3	0,02

Obs.: Houve reprodutividade do teste nº 4, tanto na alvura como na recuperação de massa

(\*) analisada

Tabela VI - Comparação do Produto Obtido com a Alimentação, frente às Diferentes Especificações

AMOSTRA	MINÉRIO	INSETICIDA	CERÂMICA	BORRACHA	TINTAS ESPALHADORAS	TINTAS PIGMENTO	PLÁSTICO	TEXTIL	PAPEL	COSMÉTICO
Barra Ncura	Beneficiado	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Bruto	X	X							
Maucoel	Beneficiado	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Bruto	X	X							
Mina Flot	Beneficiado	X	X	X	X	X	X	X		
	Bruto	X	X							
Pinheiro 3	Beneficiado	X	X							
	Bruto	X	X							

## 7. CONCLUSÕES

Os estudos concluídos nessa fase de bancada demonstraram que a flotação é uma rota promissora para o beneficiamento do talco da Ponta Grossa e Castro. Das amostras estudadas, apenas as das Minas Barra Moura e Manoel se mostraram promissoras para tinta e papel. Para o talco da Mina Flor, os resultados foram positivos apenas para a tinta. Os resultados obtidos com o talco da Mina Pinheiro 3 de saconselham o prosseguimento de estudos, com materiais similares.

O sistema de reagente mais adequado foi a combinação de querosene com Flotanol ou óleo de pinho. O pH indicado para a flotação foi alcalino (pH = 9,0), usando-se hidróxido de sódio (NaOH) como modulador. Dos depressores testados, apenas o silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) se mostrou eficaz.

A separação magnética apresentou resultados negativos. A lixiviação mostrou-se tecnicamente viável, apesar do consumo de ácido ter sido considerado elevado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. SHIMABUKURO, N.T.; Baltar, C.A.M. & VIDAL, F.W.H. Beneficiamento de talco: estudos em escala de bancada. Brasília, CETEM/DNPM, 1979, 33p. (Série Tecnologia Mineral, 2).
02. SHIMABUKURO, N.T.; BALTAR, C.A.M. & VIDAL, F.W.H. Beneficiamento de talco: estudos em usina piloto. Brasília, CETEM/DNPM, 1979. 18p. (Série Tecnologia Mineral, 3).
03. BERG, E.T. & LOYOLA, L.C. Contribuição ao estudo de talco do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 31. Brasília, 1987. Anais. Brasília, Associação Brasileira de Cerâmica, 1987, v. 2, p. 783-785.
04. BERG, E.T. Aplicação do talco na indústria cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 3. Ponta Grossa, 1986. p. 11.
05. SOUTH America. Industrial Minerals, London (183): 58-59, Dec. 1982.
06. ROBERT, A. Talc and pyrophyllite. Washington, Bureau of Mines, 1985. (Mineral Facts and Problems, 675).
07. RAU, E. Talc. In: SME Mineral Processing Plant. New York, AIME/s.d./Sec. 29, p. 20-21, 1985.
08. SUTHERLAND, K.L. & WARK, I.W. Principles of flotation. Melbourne, Australian Institute of Mining Metallurgy, 1955. p. 334 -

09. ANDREWS, P.R.A. Processing talc in Canada; a review of studies at CANMET. Industrial Minerals, London (225): 63-68, June, 1986.
10. FROMMER, D.W. & FINE, M.M. Laboratory flotation of talc from Arkansas and Texas Sources, Washington, Bureau of Mines, 1956. (Report of Investigations, 5241).
11. ANDREWS, P.R.A. A laboratory study of the flotation circuit at Bakertalc Inc. Highwater, Quebec. CIM Bulletin, Montreal, v. 78, n. 884, Dez. 1985.
12. RALSTON, O.C. Flotation and agglomerate concentrations of nonmetallic minerals. Denver Bulletin, n. 38M4.
13. GOMES, M.B. Controle Físico-Químico da Flotabilidade Natural do Talco pela Carboxilmetil Celulose. Rio de Janeiro, COPPE, 1988. p. 40 e 41. Tese de Mestrado.

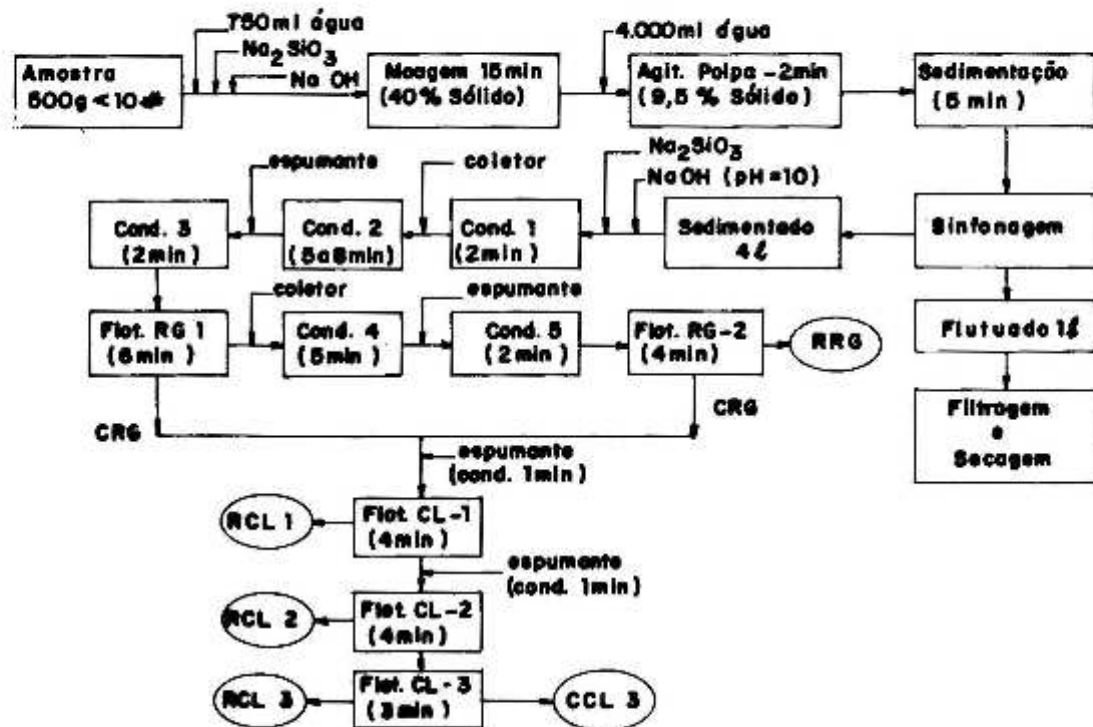


FIG. 1 - FLUXOGRAMA BÁSICO UTILIZADO NOS ENSAIOS DE FLOTAÇÃO EM BANCADA.