

Seminário: Liderança Brasileira na Cadeia Produtiva do Nióbio

**Estado da arte da tecnologia
mineral do nióbio - Nb**

Elves Matiolo

Pesquisador Adjunto

Engenheiro de Minas, DSc

Ministério de Minas e Energia - MME

Brasília (DF), 05 de setembro de 2019

Tópicos abordados

- 1. Fundamentos dos processos de concentração mineral;**
Liberação
Concentração (Teor e Recuperação)
- 2. Geologia (Carbonatitos)**
Intemperismo
Mineralogia
Implicações ao processo de concentração
- 3. Práticas industriais no beneficiamento de minérios de Nióbio**
- 4. Pesquisa e Desenvolvimento (Desafios)**
- 5. Considerações finais**

Minério - Mineral - Ganga



Pirocloro

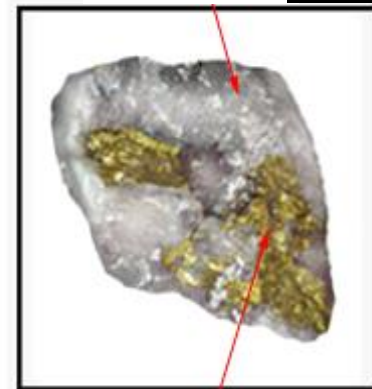


Pirocloro

Calcita



Ganga
(CaCO_3)



Mineral de valor

↓
Pirocloro

9,8% Na

5,7% Ca

52,5% Nb – 75% Nb_2O_5

0,2% H

30,5% O

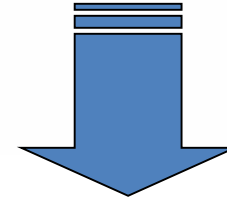
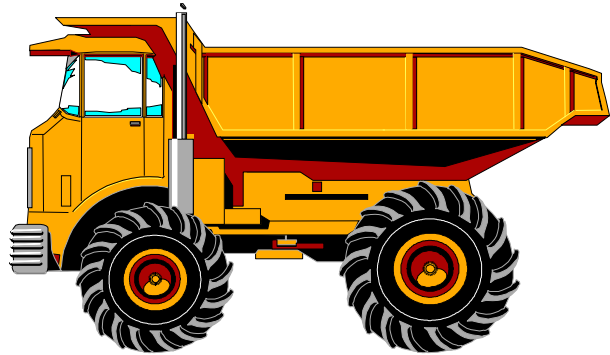
1,3% F

Minerais portadores de Nb e Ta

Mineral	Fórmula química
Pirocloro	$(\text{Na}, \text{Ca})_2 \text{Nb}_2 \text{O}_6 (\text{OH}, \text{F})$
Bariopirocloro	$(\text{Ba}, \text{Sr})(\text{Nb}, \text{Ti})_2 (\text{O}, \text{OH})_7$
Ytriopirocloro	$(\text{Y}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{U})_{1-2} (\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2 (\text{O}, \text{OH})_7$
Chumbopirocloro	$(\text{Pb}, \text{Y}, \text{U}, \text{Ca})_{2-x} \text{Nb}_2 \text{O}_6 (\text{OH})$
Columbita	$(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2 \text{O}_6$
Tantalita	$(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Ta}, \text{Nb})_2 \text{O}_6$

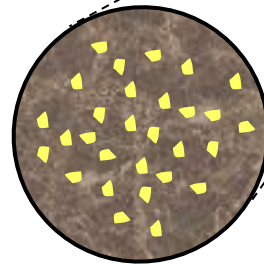
Resultado da lavra

Minério bruto (*Run of Mine - ROM*) com teor reduzido do mineral/elemento de valor



Concentração

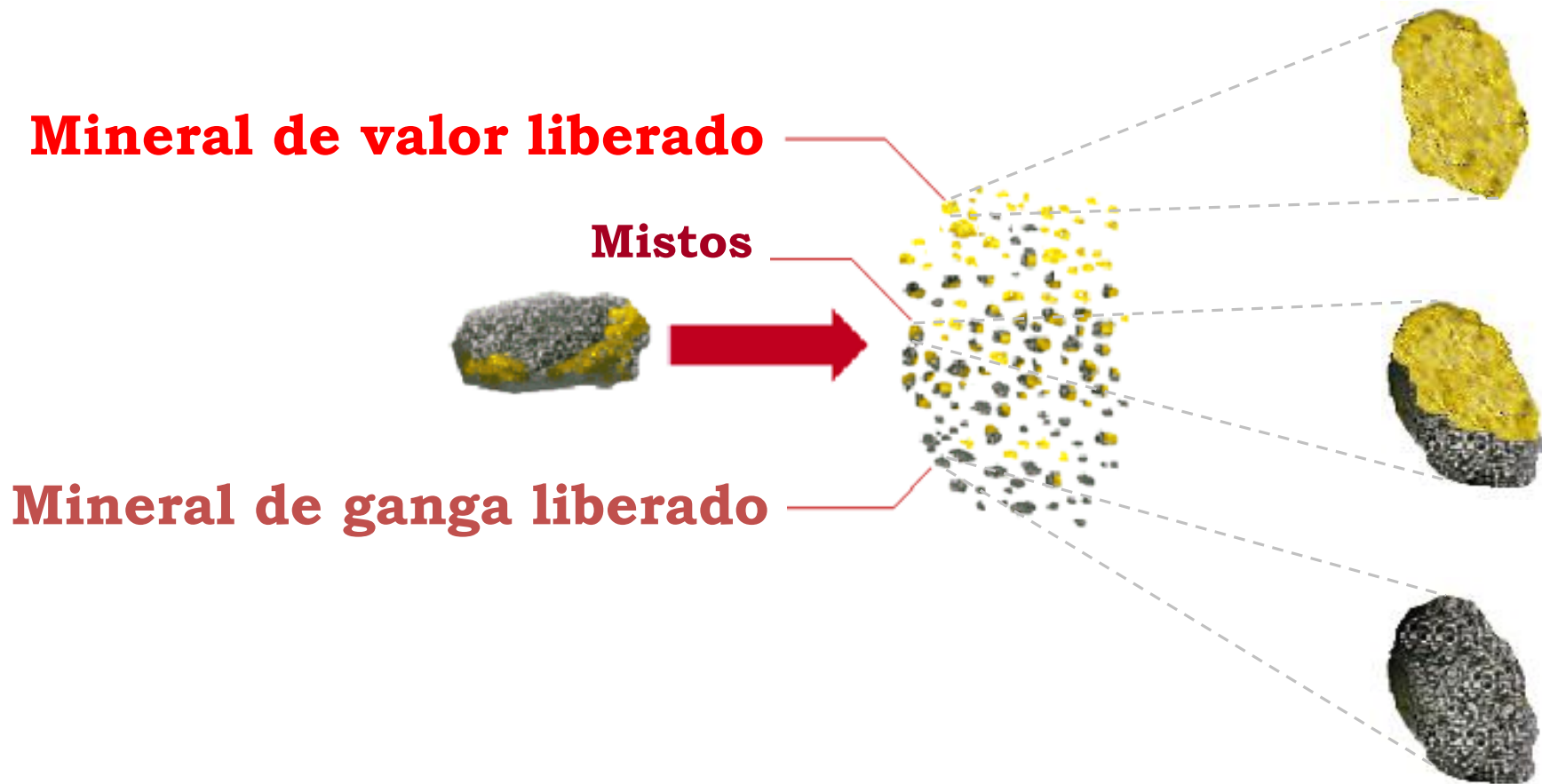
**PLANTA DE
BENEFICIAMENTO/CONCENTRAÇÃO**



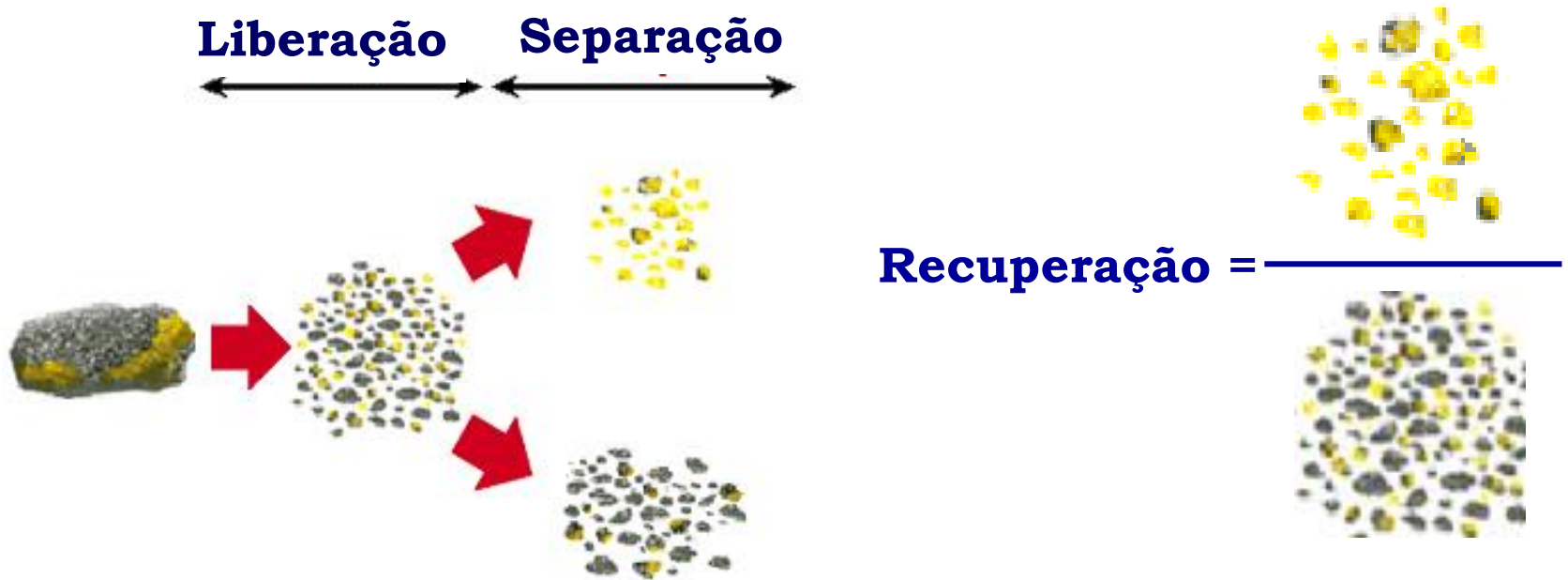
Minérios de Nb

Teor Nb_2O_5 - 0,5% - 2,3%

Britagem + Moagem = Liberação

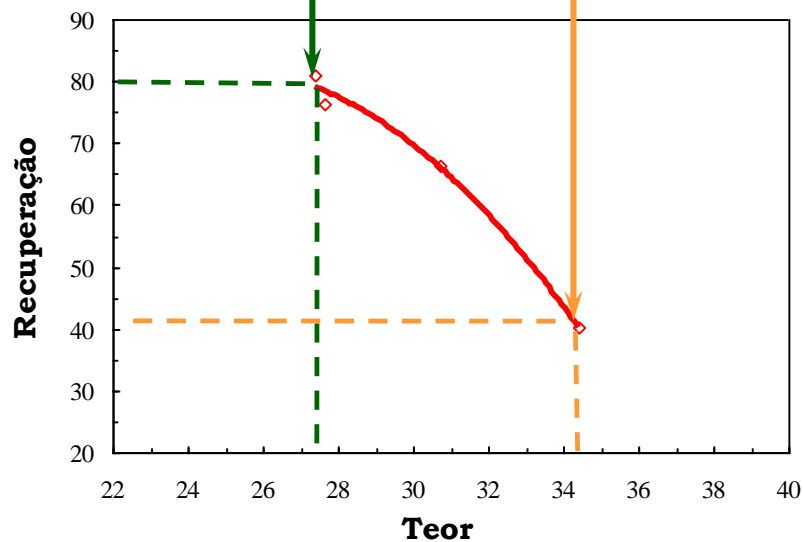
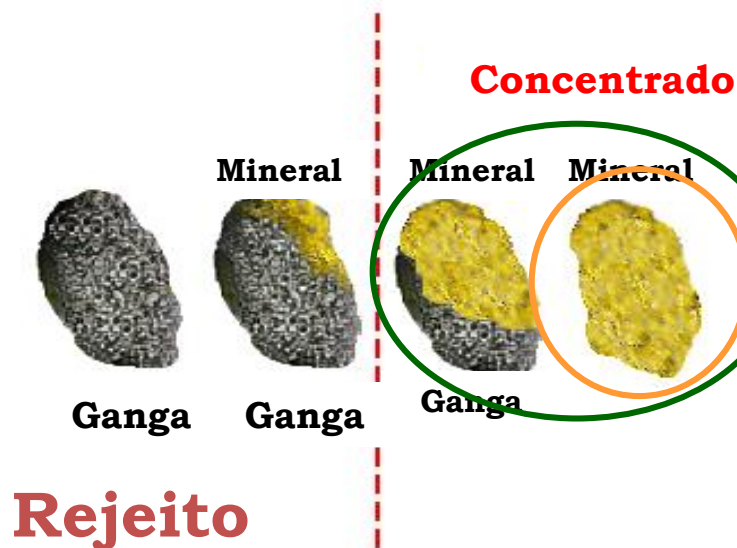


Liberação + Separação = Recuperação



A recuperação de Nb_2O_5 nas plantas industriais de concentração de pirocloro é entre 60-65%

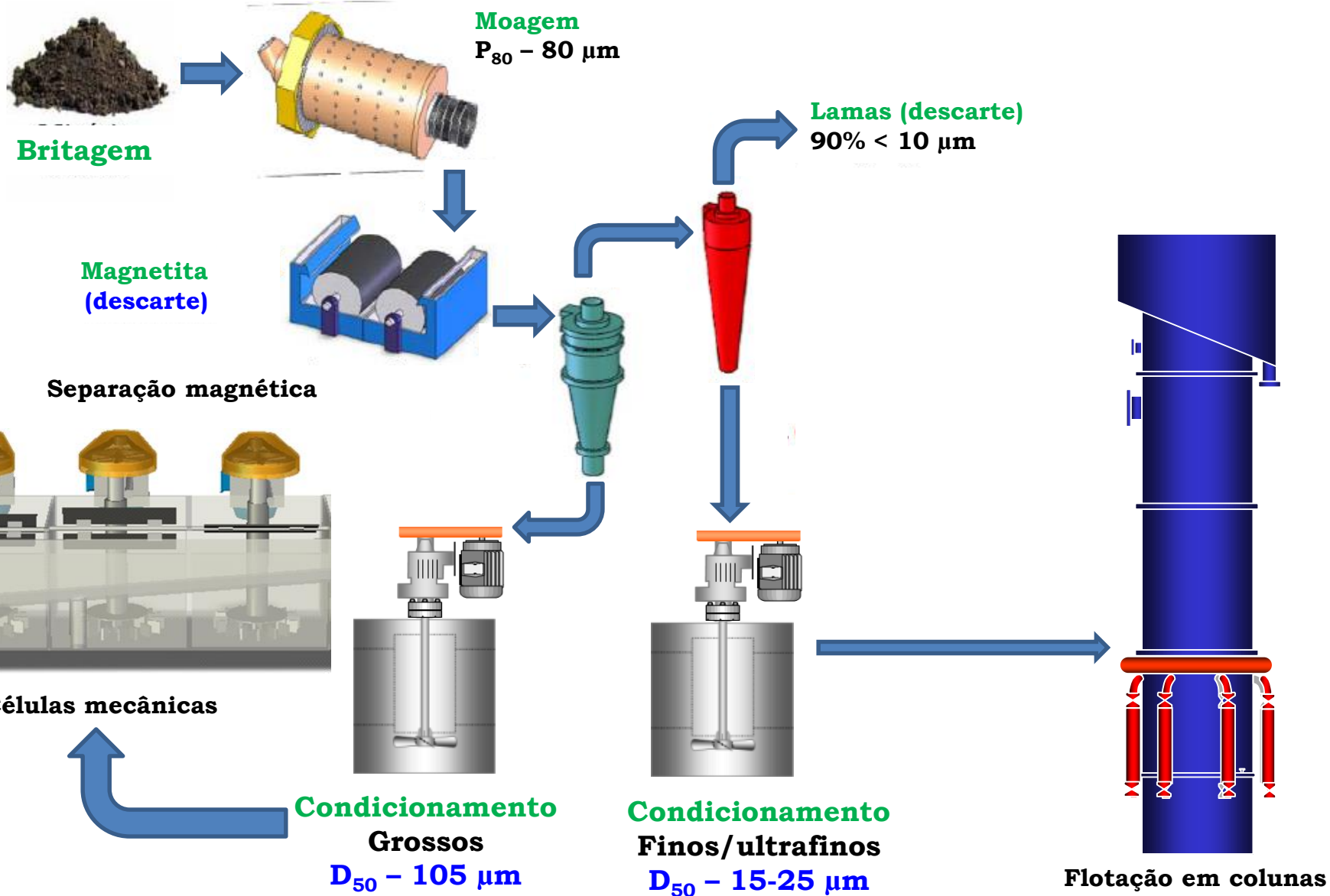
Liberação + Separação = Teor



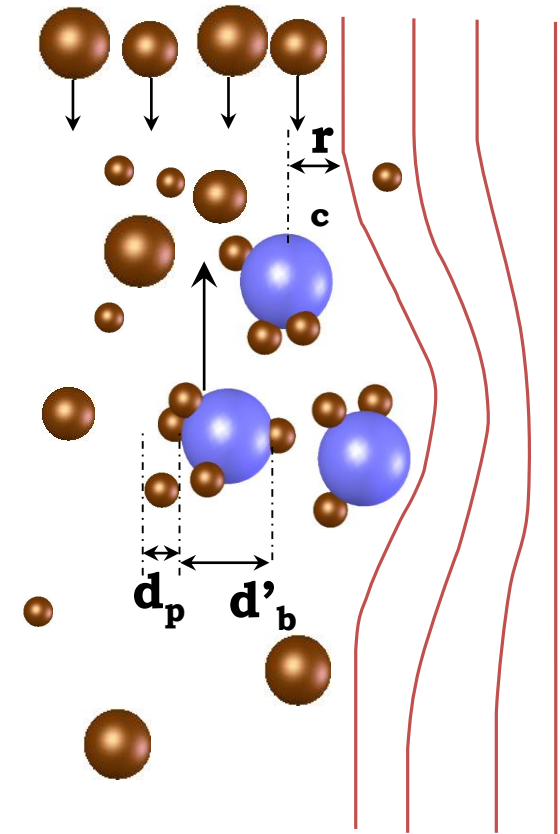
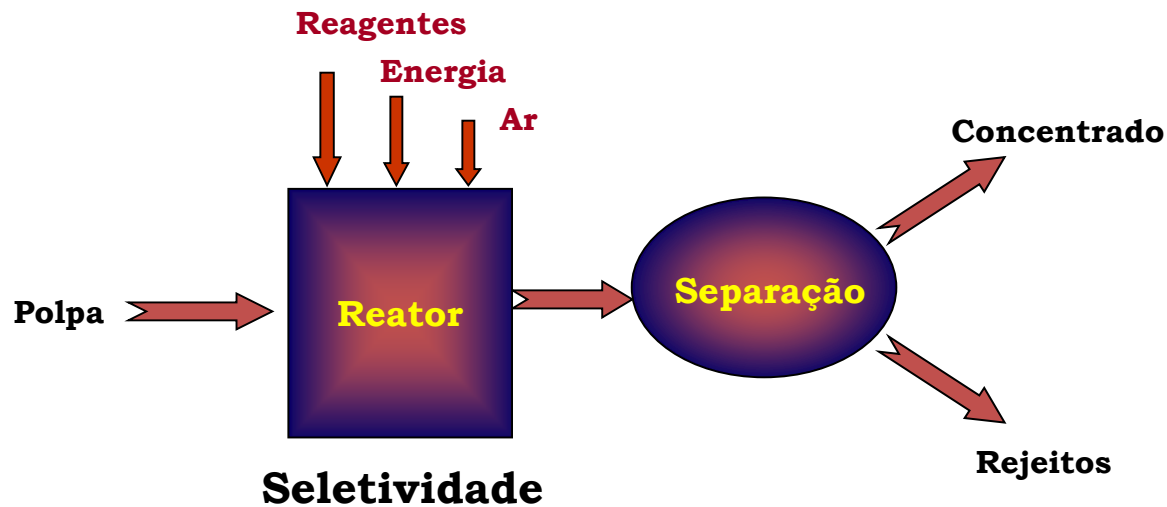
Concentrados

Teor Nb_2O_5 - 44 - 58%

Fluxograma geral de beneficiamento



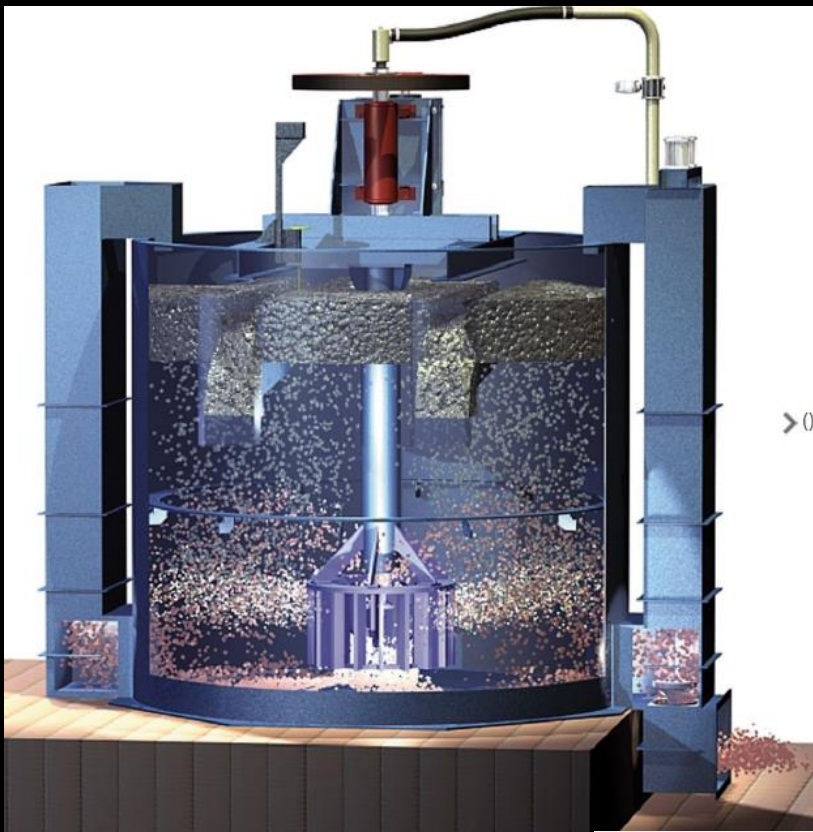
Flotação seletiva de minerais



- Célula mecânicas agitadas (1900 – presente)
- Colunas de flotação (1960 – presente)

Processo de separação de partículas baseado na diferença de propriedades superficiais – **Uso de reagentes**

- ✓ **Partículas hidrofóbicas – Afinidade com o ar (bolhas de ar)**
- ✓ **Partículas hidrofílicas – Afinidade com a água**



630 m³



14,5 m



A light green world map is centered in the background of the slide. The map shows the outlines of continents and countries. Overlaid on the map is the word "Geologia" in a large, bold, dark blue font. Below it, the text "(Implicações no processo de concentração mineral)" is written in a bold, red font.

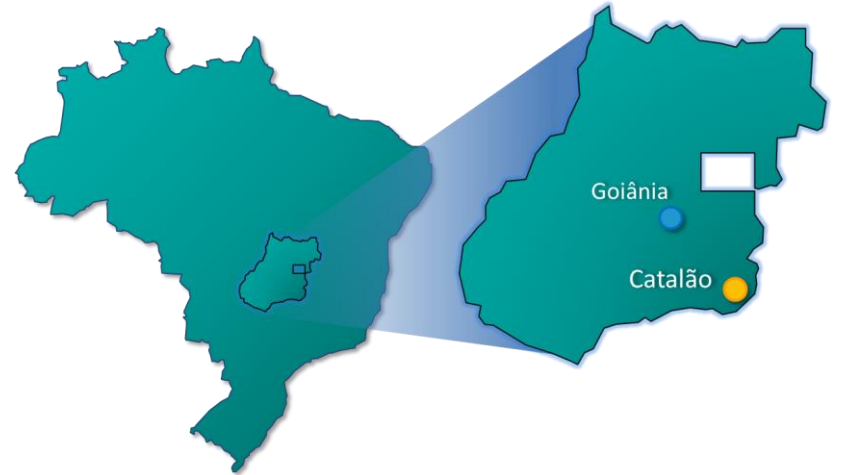
Geologia

**(Implicações no processo
de concentração mineral)**

Carbonatitos

Um tipo de rocha ígnea cuja composição mineralógica apresenta teor maior que 50% de carbonatos (calcita, dolomita, ankerita, etc)

Importantes depósitos de apatita, pirocloro, barita, ETR



Minerais de ganga

Mineral

Apatita

Calcita

Dolomita

Ferro

Barita

Monazita

Ilmenita

Silicatos

Fórmula química

$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$

CaCO_3

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Fe_xO_y

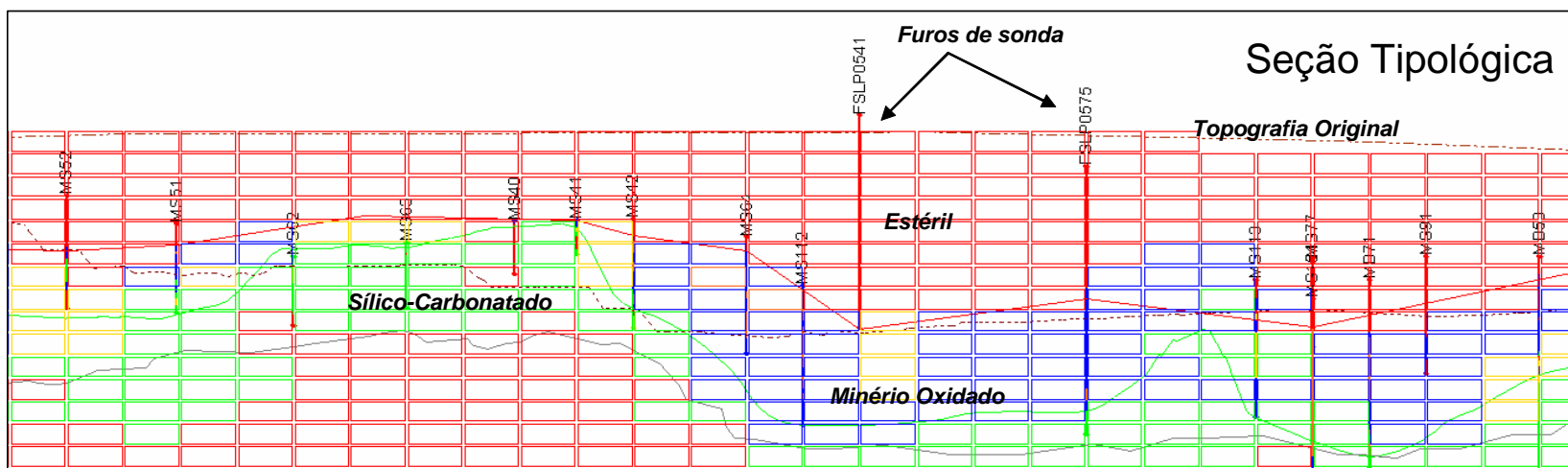
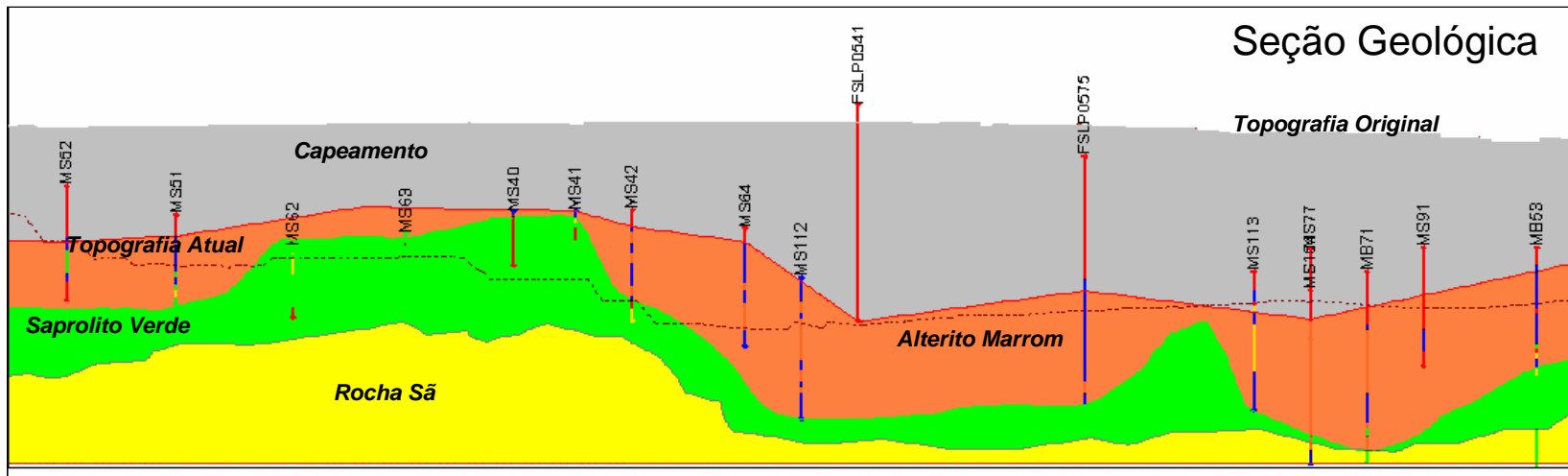
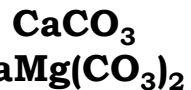
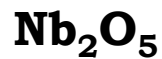
BaSO_4

$\text{TR}(\text{PO}_4)$

FeTiO_3

SiO_2

Seção Geológica e Tipológica



A light green world map is centered in the background, showing the outlines of continents and countries. The text is overlaid on the map.

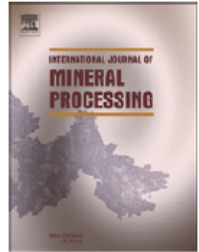
Práticas Industriais



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

International Journal of Mineral Processing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijminpro



Niobium oxide mineral flotation: A review of relevant literature and the current state of industrial operations



C.E. Gibson^{a,*}, S. Kelebek^a, M. Aghamirian^b

^a The Robert M. Buchan Department of Mining, Queen's University, Goodwin Hall, 25 Union Street, Kingston, Ontario K7L 3N6, Canada

^b SGS Canada Inc., 185 Concession Street PO Box 4300, Lakefield, Ontario K0L 2H0, Canada

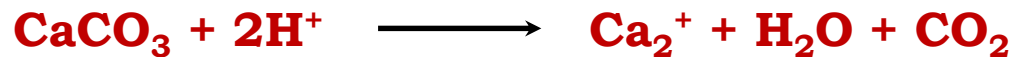
✓ **Flotação direta de pirocloro**

✓ **Flotação reversa (silicatos, carbonatos e sulfetos seguido de flotação de pirocloro)**

Aspectos da flotação de pirocloro

Uso de ácido H_2SiF_6 e HCl - pH na flotação ao redor de 2,5

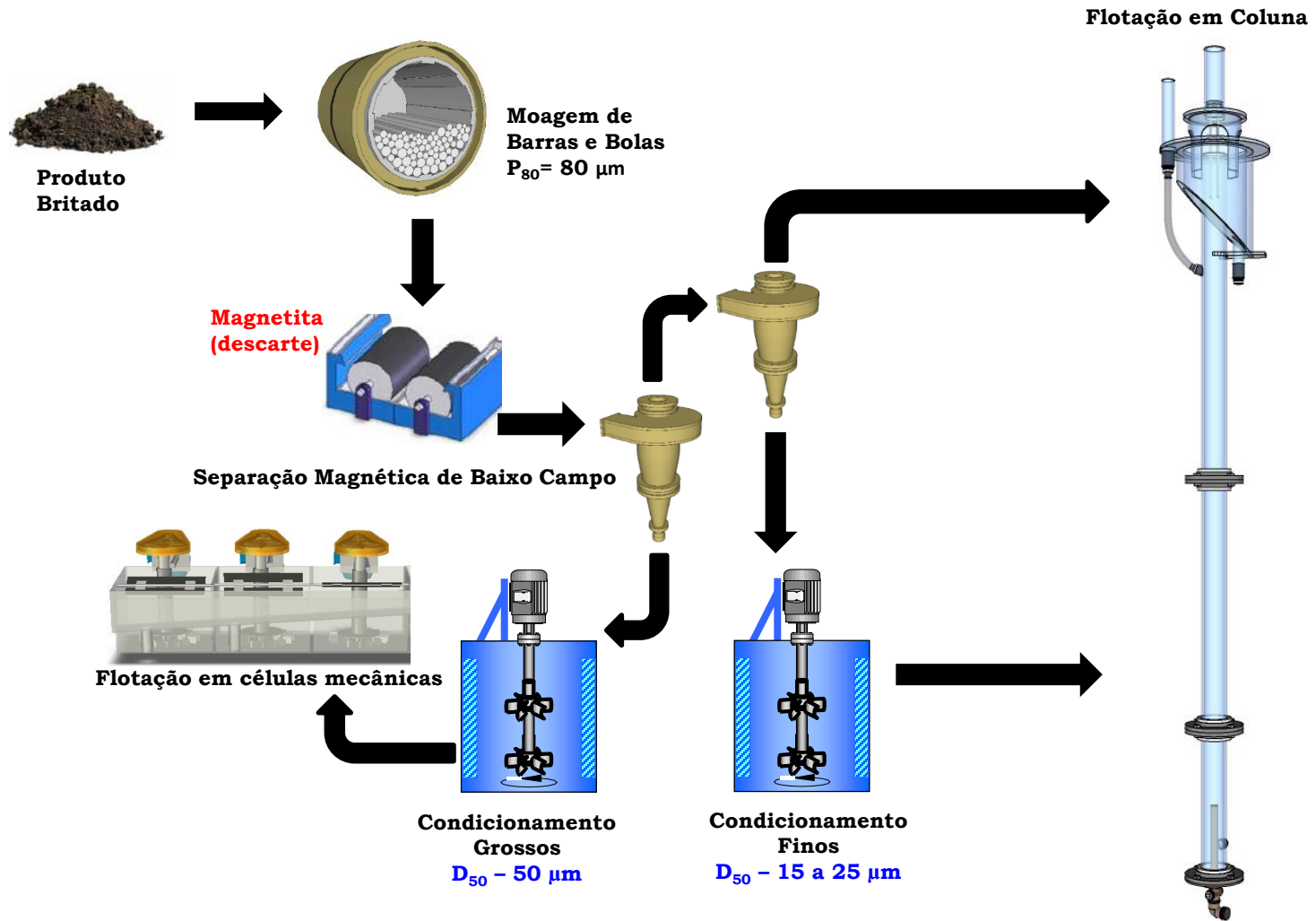
Necessidade de flotação de carbonatos prévia



Uso de coletor tipo amina para hidrofobização do pirocloro

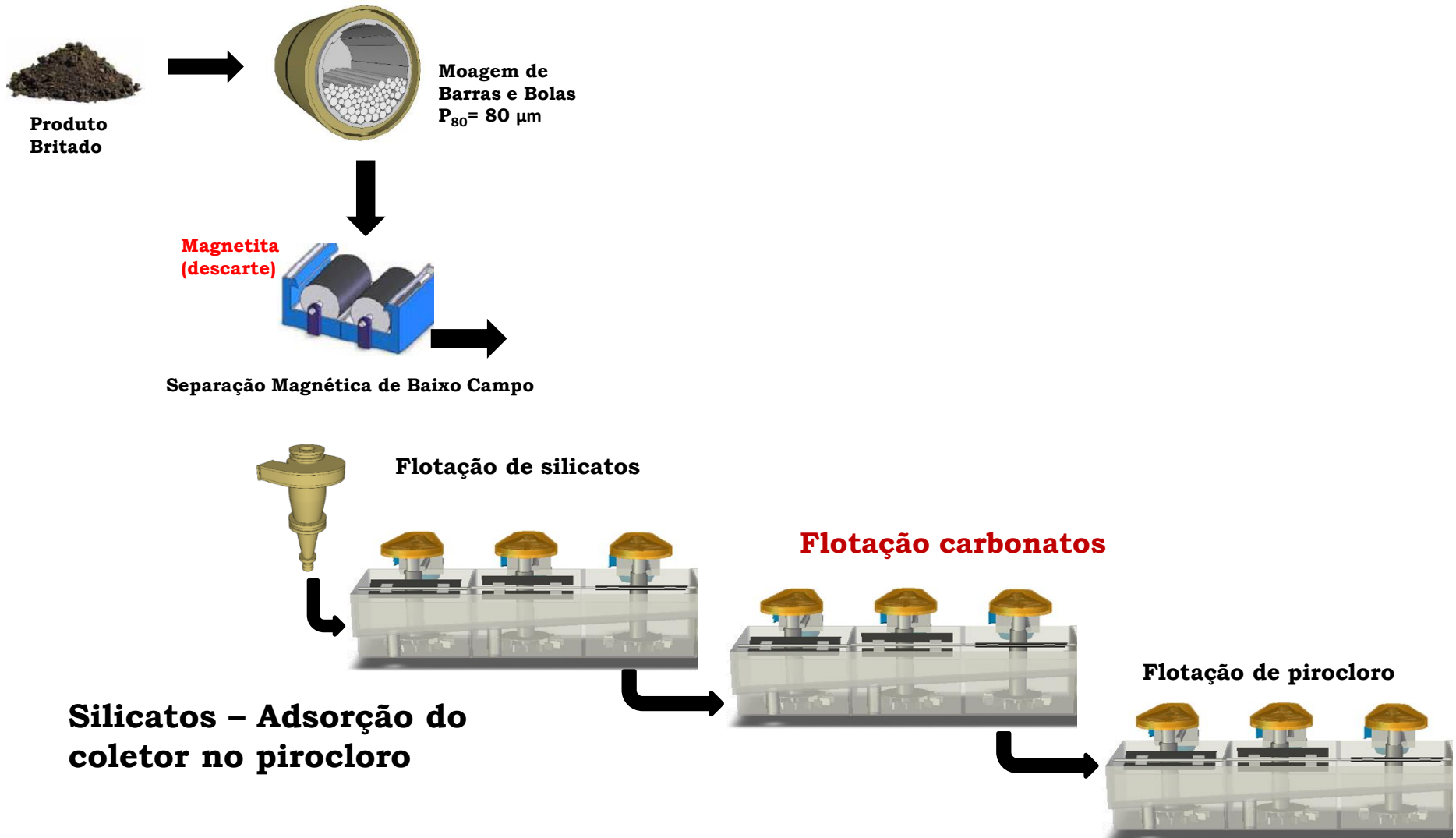
Para altos teores de silicatos, necessidade de flotação prévia

Fluxograma simplificado – Flotação direta de pirocloro



Mineralogia – Pirocloro (5%); óxidos e hidróxidos de Fe (50%); Barita (20%); Quartzo (5%); Monazita (4%); Outros (19%)

Circuito simplificado – Flotação reversa + flotação direta



NIOBEC

Plant results obtained at the Niobec plant

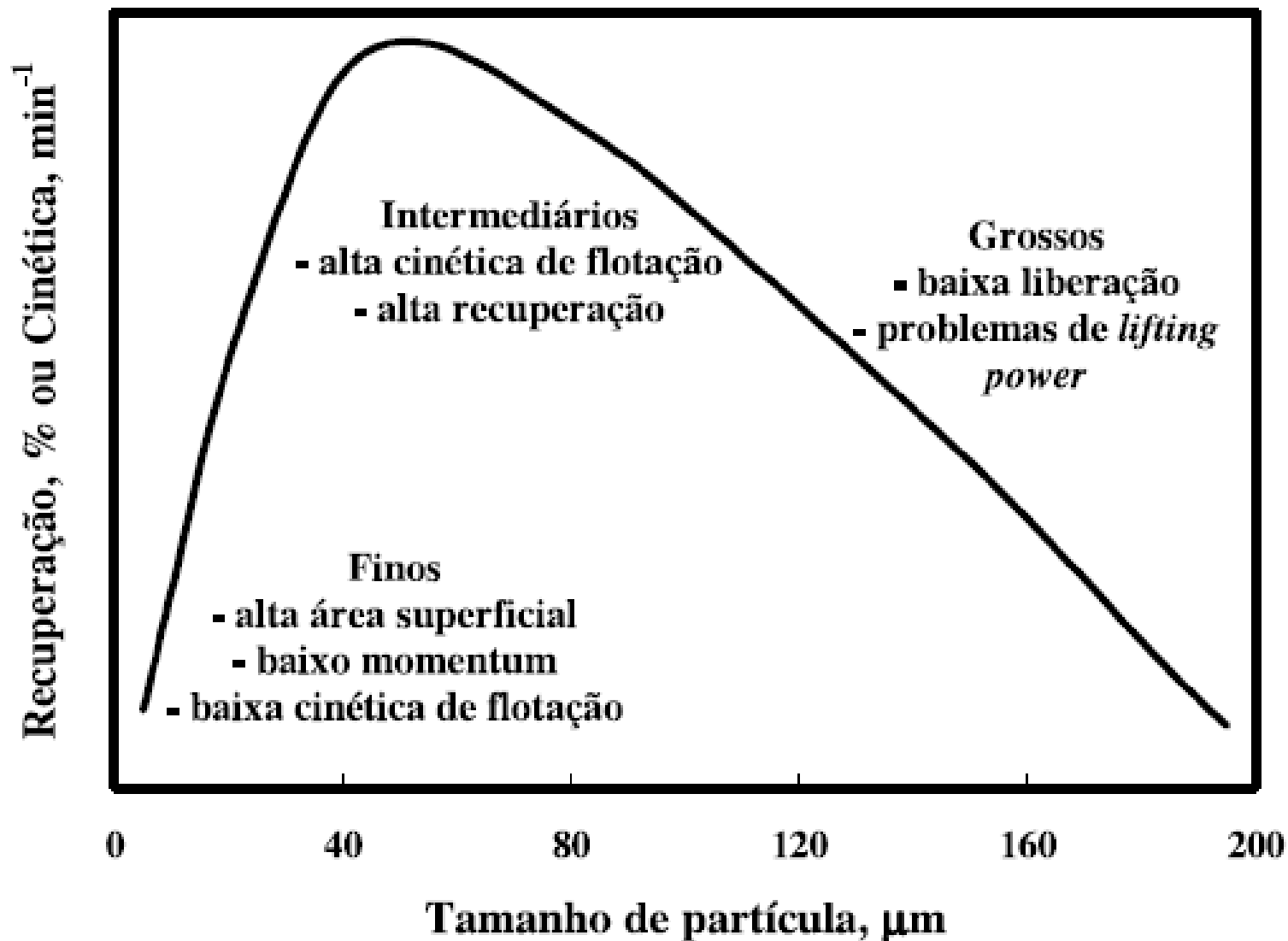
Product	Weight (%)	Nb ₂ O ₅	SiO ₂	Fe	Recovery (% Nb ₂ O ₅)
Nb ₂ O ₅ final concentrate	0.92	61.2	2.2	1.8	75.4
Nb ₂ O ₅ combined tails	53.38	0.14	–	–	10.6
Slimes	10.20	0.33	–	–	4.5
Calcite concentrate + magnetics	35.50	0.20	–	–	9.5
Feed	100.00	0.75	–	–	100.0

Bulatovic (2010) – Handbook of Flotation Reagents

A light green world map is centered in the background of the slide. The text is overlaid on the map.

Pesquisa e Desenvolvimento (Desafios)

Efeito do tamanho de partícula sobre a recuperação por flotação



Effects of the Type of Water on the Selective Flotation of Pyrochlore from Niobec

R. ESPINOSA-GOMEZ, J.A. FINCH and A.R. LAPLANTE

Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, 3450 University St., Montreal, Quebec, H3A-2A7 (Canada)

(Received 1 April 1986; accepted in final form 9 March 1987)

Minerals Engineering, Vol. 1, No. 3, pp. 189-202, 1988
Printed in Great Britain

0892-6875/88 \$3.00 + 0.00
Pergamon Press plc

EFFECTS OF WATER CHEMISTRY ON THE FLOTATION OF PYROCHLORE AND SILICATE MINERALS

S.R. RAO[§], R. ESPINOSA-GOMEZ[§], J.A. FINCH[§] and R. BISS[†]

§ Dept. of Mining & Metallurgical Engng., McGill University,
Montreal, Quebec, Canada, H3A 2A7

† La Mine Niobec, St.-Honore, Quebec, Canada

(Received 8 October 1987; revision 1 February 1988)

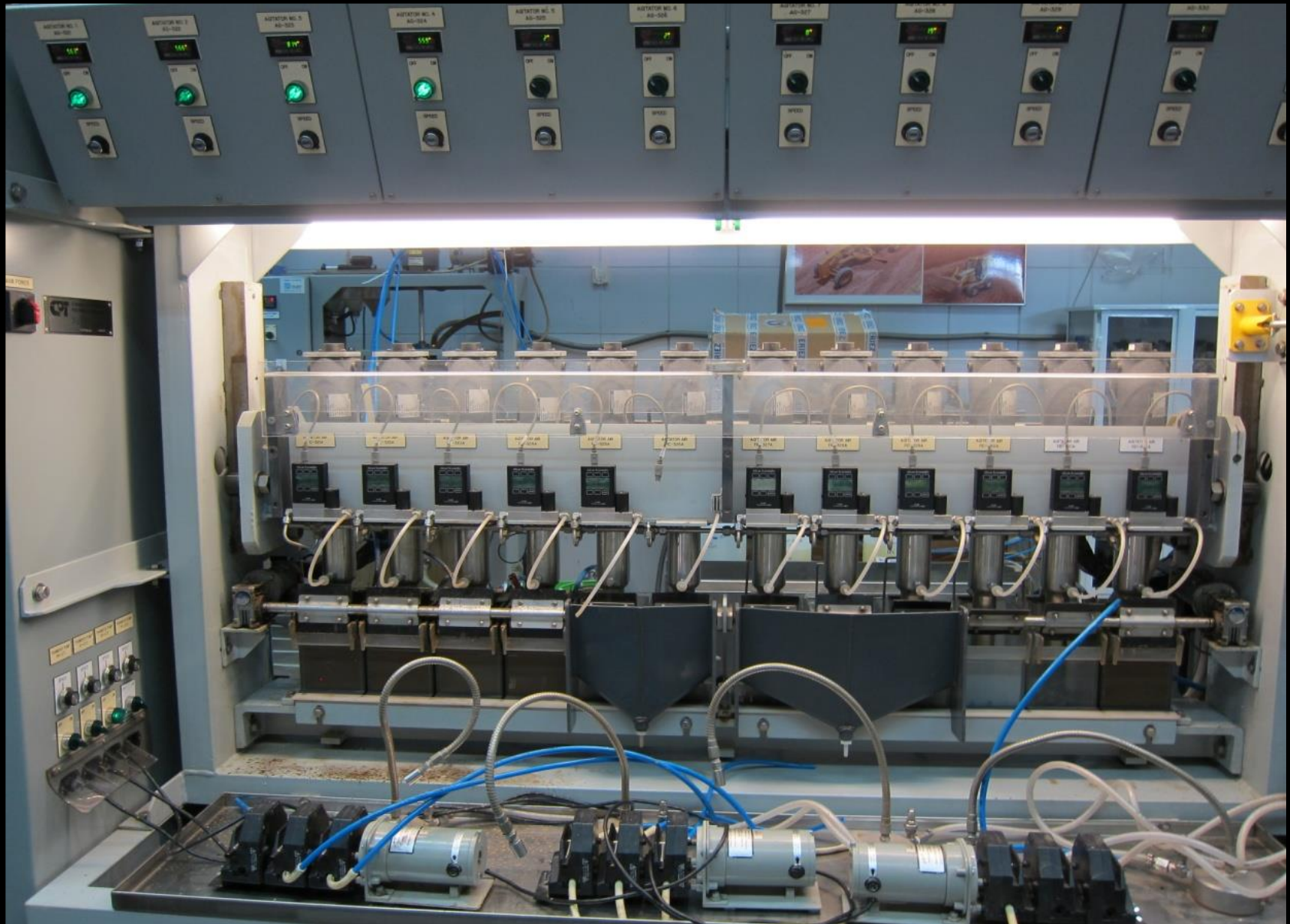


Flotação em colunas

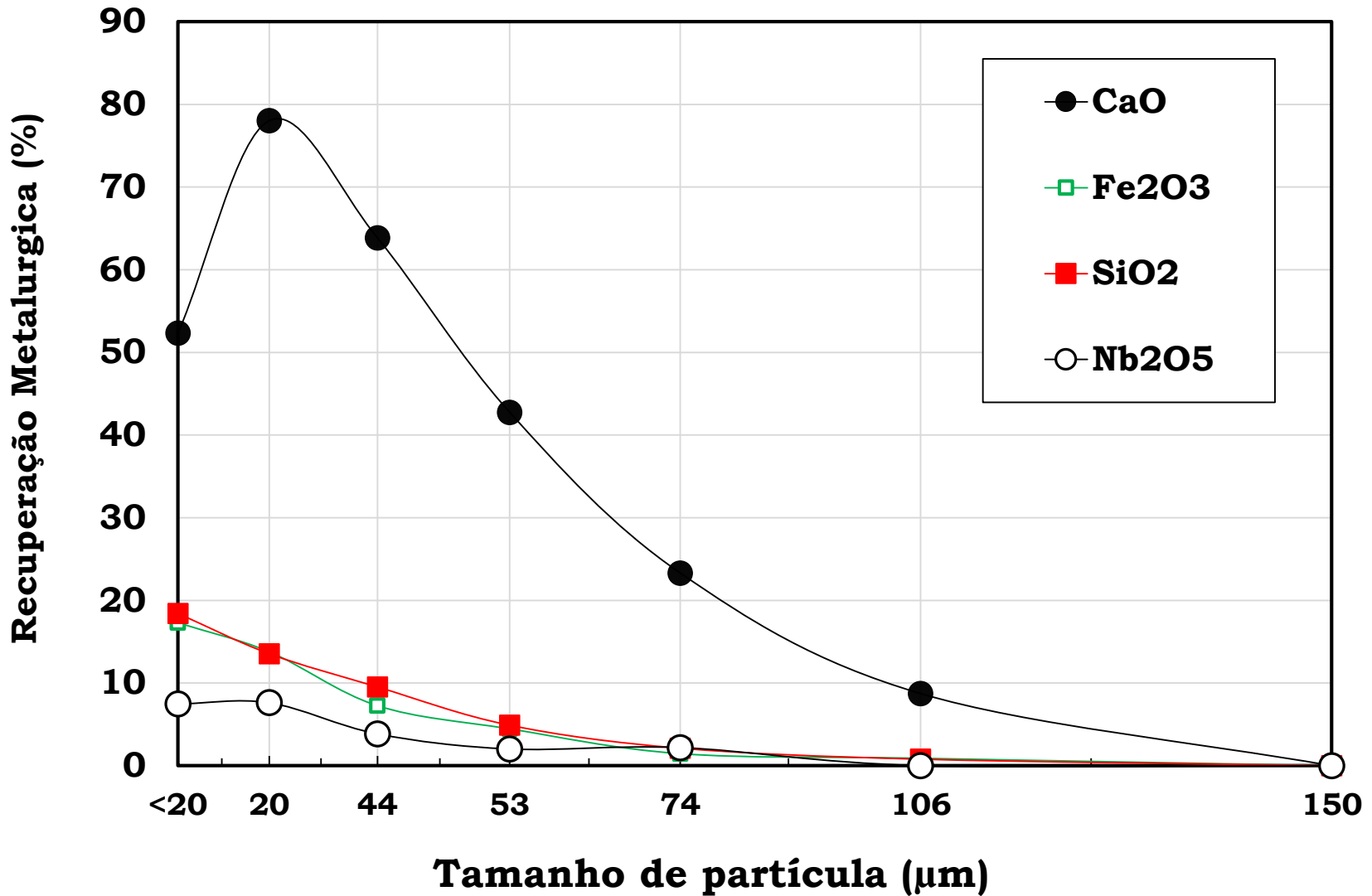
3" diâmetro – 2 metros de altura – 5.5 kg/h sólidos



Mini Planta Piloto de flotação do CETEM - MPP



Efeito do tamanho de partícula na flotação de carbonatos (Escala piloto)



Considerações finais

- ✓ **O Brasil domina a tecnologia e investe em inovações para o beneficiamento de minérios de nióbio;**
- ✓ **Possui circuitos industriais para beneficiar tanto rocha fresca (alto conteúdo de carbonatos) quanto minério intemperizado;**
- ✓ **O aumento na recuperação de pirocloro em partículas com tamanho inferior a 10 μm ainda é um desafio (assim como para outros minérios);**
- ✓ **Aspectos referentes ao efeito da água de processo na flotação;**

Agradecimentos



UNIDADE DE PESQUISA VINCULADA AO
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Ministério de Minas e Energia
MME



Empresas do setor produtivo

IBRAM

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Muito obrigado

ematiolo@cetem.gov.br

