METALURGIA EXTRATIVA DOS NÃO FERROSOS

PMT 2509
PMT 3409

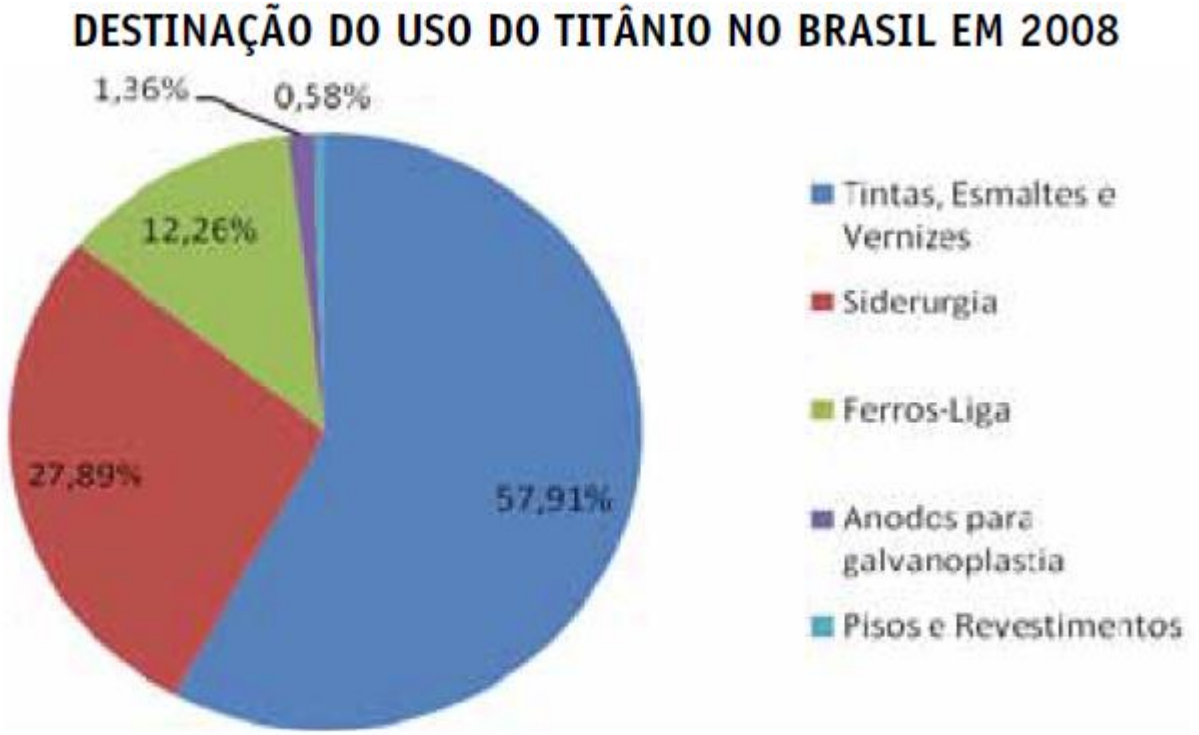
Flávio Beneduce

METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2

- O maior mercado de Ti é de produção de pigmento branco (cor base): >$3x10^6$ t/ano
  - Não é tóxico: antes se utilizava PbO
  - Boas propriedades de dispersão
  - Alta estabilidade química
- Formas naturais do TiO_2:

Phase	Crystal system	Lattice constants, nm			Density, g/cm^3
		a	*b*	*c*	
Rutile	tetragonal	0.4594		0.2958	4.21
Anatase	tetragonal	0.3785		0.9514	4.06
Brookite	rhombic	0.9184	0.5447	0.5145	4.13

METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2



Fonte: AMB/DNPM

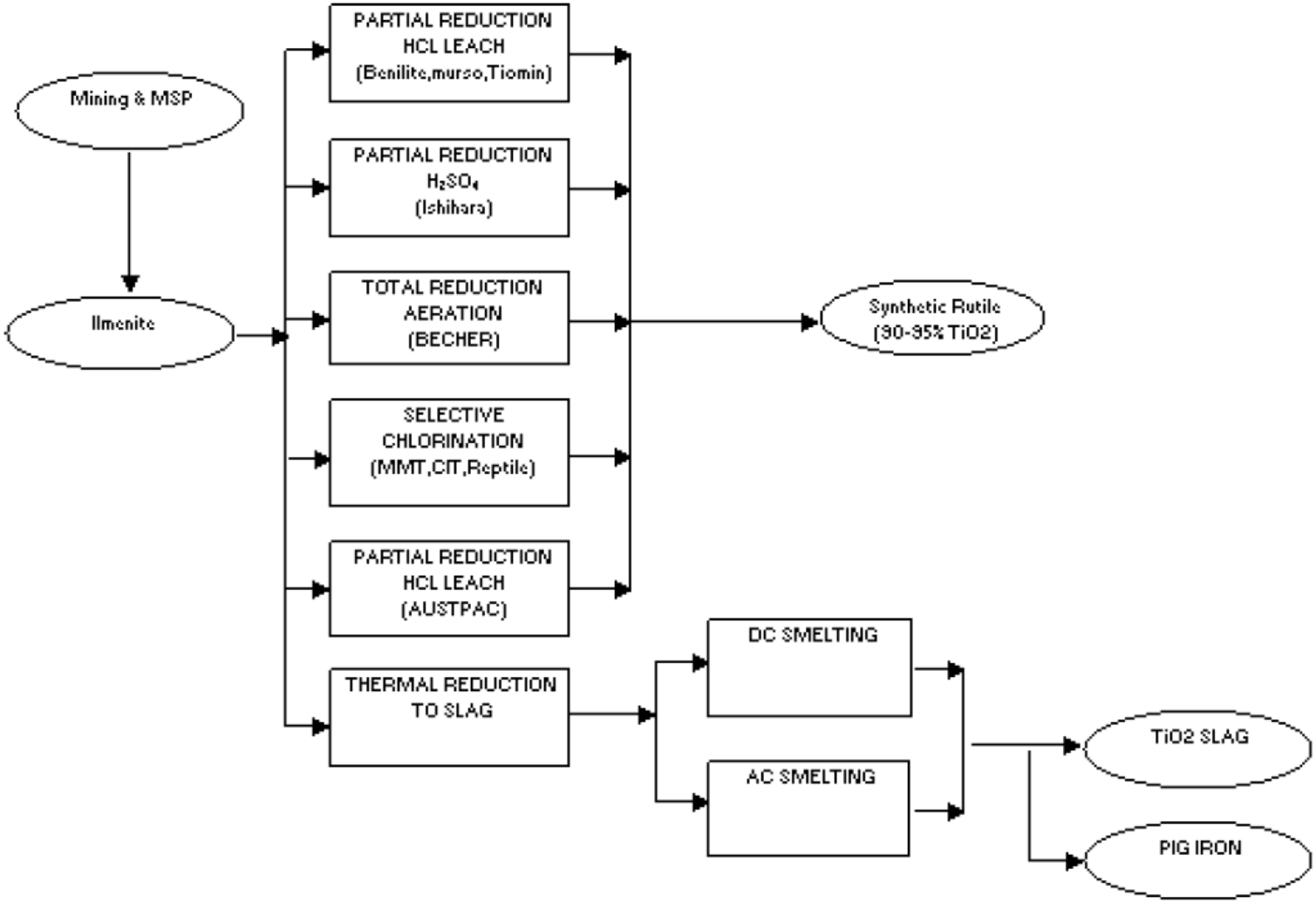
METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2

- A brookita e o anatásio (anatase) são raros
- Há uma grande reserva de anatásio no Brasil mas associado a Th e U
  - Transforma-se monotropicamente em rutilo acima de 700°C
- O rutilo têm uma ocorrência insuficiente para a demanda de pigmentos
- Produção de rutilo sintético é mandatória

METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2

- Rotas para a produção de rutilo sintético
  - Processo Becher: rutilo sintético
  - Escória de Ti
  - Processo sulfato
  - Processo cloreto
- Todos tem como matéria prima a ilmenita

METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2



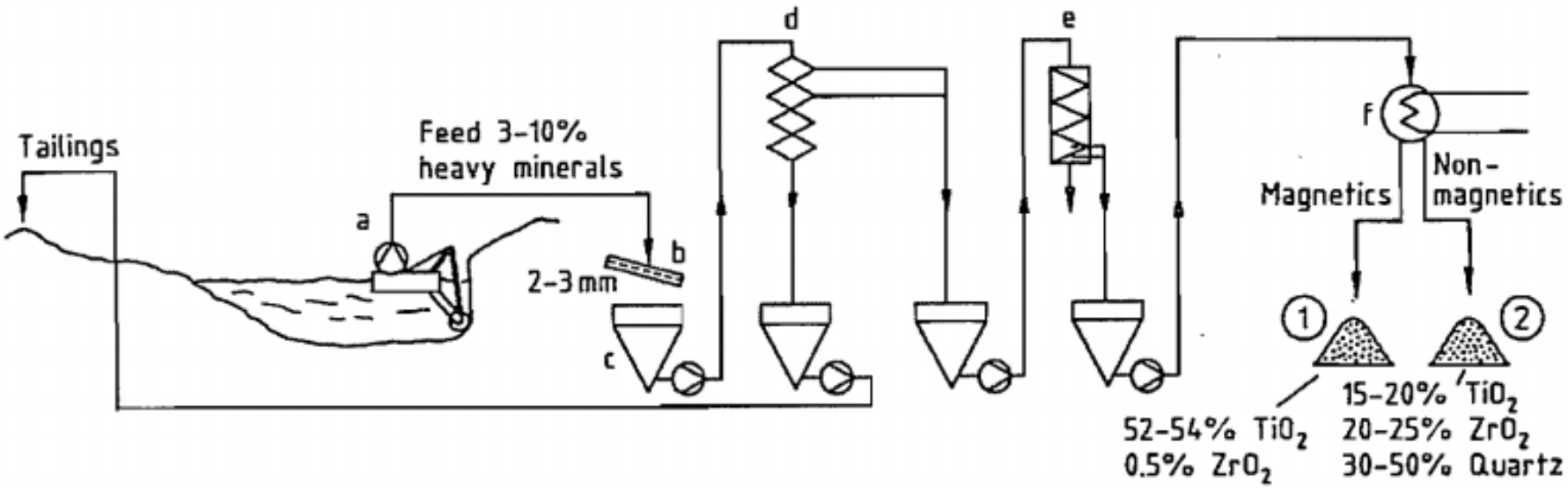
METALURGIA DO Ti
Produção de TiO_2

Raw material	Location	Capacity, 10^3 t/a
Ilmenite	Australia	1550
	India	240
	Malaysia	130
	Sri Lanka	150
	Brazil	80
	United States	260
	Norway	650
	Total	3060
Natural rutile	Australia	250
	Sierra Leone	125
	South Africa	55
	United States	27
	Others	33
	Total	490
Titanium slag	Canada	1000
	South Africa	650
	Norway	200
	Total	1850
Synthetic rutile	Australia	272
	India	50
	Japan	48
	United States	100
	Total	470

PRODUÇÃO DE TiO_2
Preparação

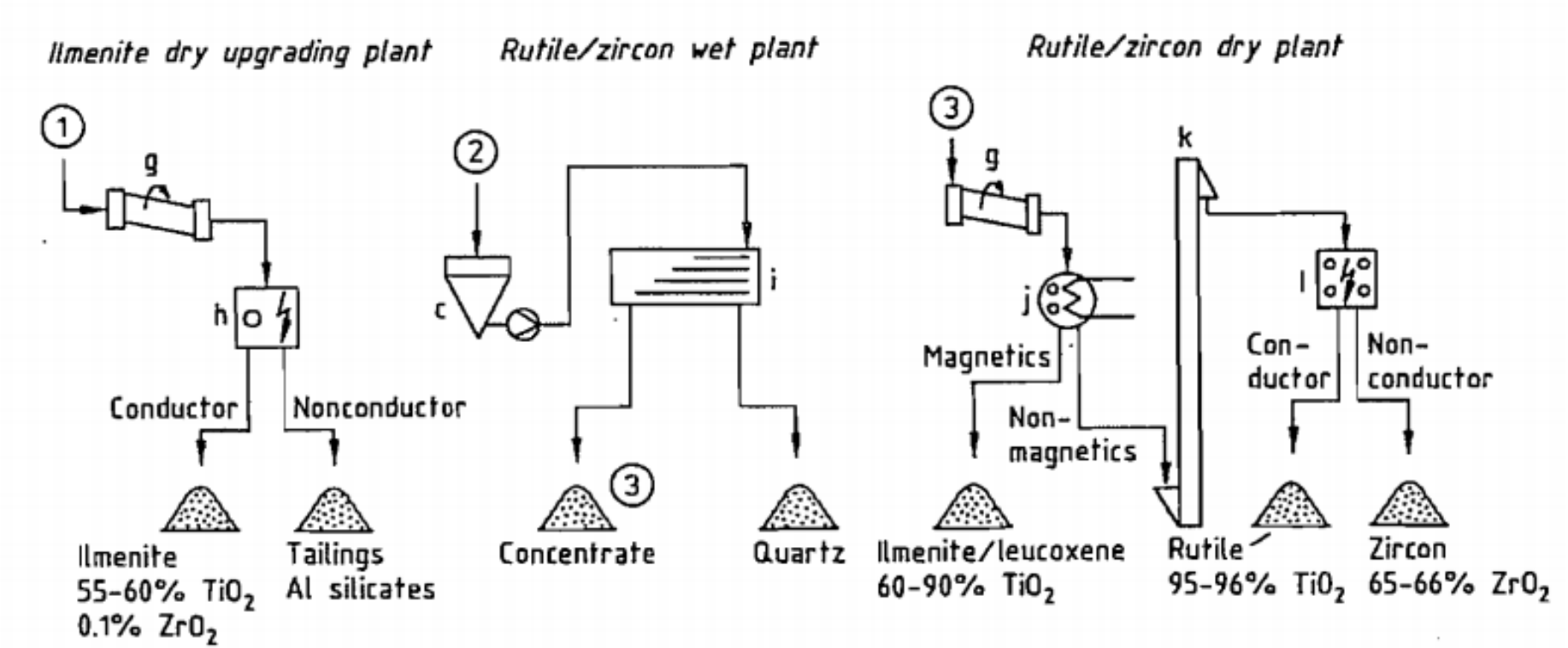
- Ela está associada com rutilo e zirconita (zircão – $ZrSiO_4$) que devem ser separados
- Normalmente:
  - Separação gravimétrica: Cone de Reichert e espiral – 90-98% dos minerais pesados(4,2-7,8 g/cm^3) dos leves (<3 g/cm^3)
  - Separação magnética: magnéticos (ilmenita) dos não-magnéticos (rutilo, zirconita e silicatos)
- Os resíduos podem ser ainda separados por separação eletrostática, gravimétrica (mesa) e magnética

PRODUÇÃO DE TiO_2
Preparação



a. Dragagem
b. Peneiramento
c. Estocagem
d. Cone de Reichert
e. Espirais
f. Separação magnética

PRODUÇÃO DE TiO_2
Preparação



Minério não alterado

g. Secador
h. Separador eletrostático
i. Mesa
j. Separador magnético a seco
k. Correia transportadora
l. Separador eletrostático

PRODUÇÃO DE TiO_2
Processo Becher

- Desenvolvido em 1960
- Indicado para ilmenita intemperizada (perde Fe e trona-se menos magnética)
- Utilizado em minérios australianos
- Produto: >90%TiO_2

PRODUÇÃO DE TiO_2
Processo Becher

- Etapas:
  - Oxidação: 1000°C

$$4\ FeTiO_{3\ (s)} + O_{2\ (g)} \rightarrow 2\ Fe_2O_3{\cdot}TiO_{2\ (s)} + 2\ TiO_{2\ (s)}$$

  - Redução: 1100-1200°C

$$Fe_2O_3{\cdot}TiO_{2\ (s)} + 3\ CO_{(g)} \rightarrow 2\ Fe_{(s)} + TiO_{2\ (s)} + 3\ CO_{2\ (g)}$$

  - Aeração: solução de 1% de NH4Cl

$$4\ Fe_{(s)} + 3\ O_{2\ (g)} \rightarrow 2Fe_2O_3 \text{ (ou hidróxido)}$$

  - Lixiviação: H_2SO_4 0,5M

PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti

Company	*Location*	*Capacity (tpa)*	*Feedstock*
QIT	Sorel, Quebec, Canada	1.20 million	Lac Allard 35 % TiO_2 rock ilmenite
Richards Bay Minerals	Richards Bay, South Afric	1.05 million	49 % TiO_2 roasted sand ilmenite
Namakwa Sands	Saldanha Bay, South Africa	180,000	48 % TiO_2 sand ilmenite
Tinfos Titan and Iron	Tyssedal, Norway	200, 000	Tellnes 45 % TiO_2 rock ilmenite and minor sand ilmenite
Ticor	Empangeni,South Africa	250,000	49% TiO_2 ilmenite

PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti

- Mesmo princípio do processo Becher
- Redução em alta temperatura da ilmenita

$$Fe_2O_3 \cdot TiO_{2\,(s)} + 3\,CO_{(g)} \rightarrow 2\,Fe_{(l)} + TiO_{2\,(s)} + 3\,CO_{2\,(g)}$$

$$FeO \cdot TiO_{2\,(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(l)} + TiO_{2\,(s)} + CO_{2\,(g)}$$

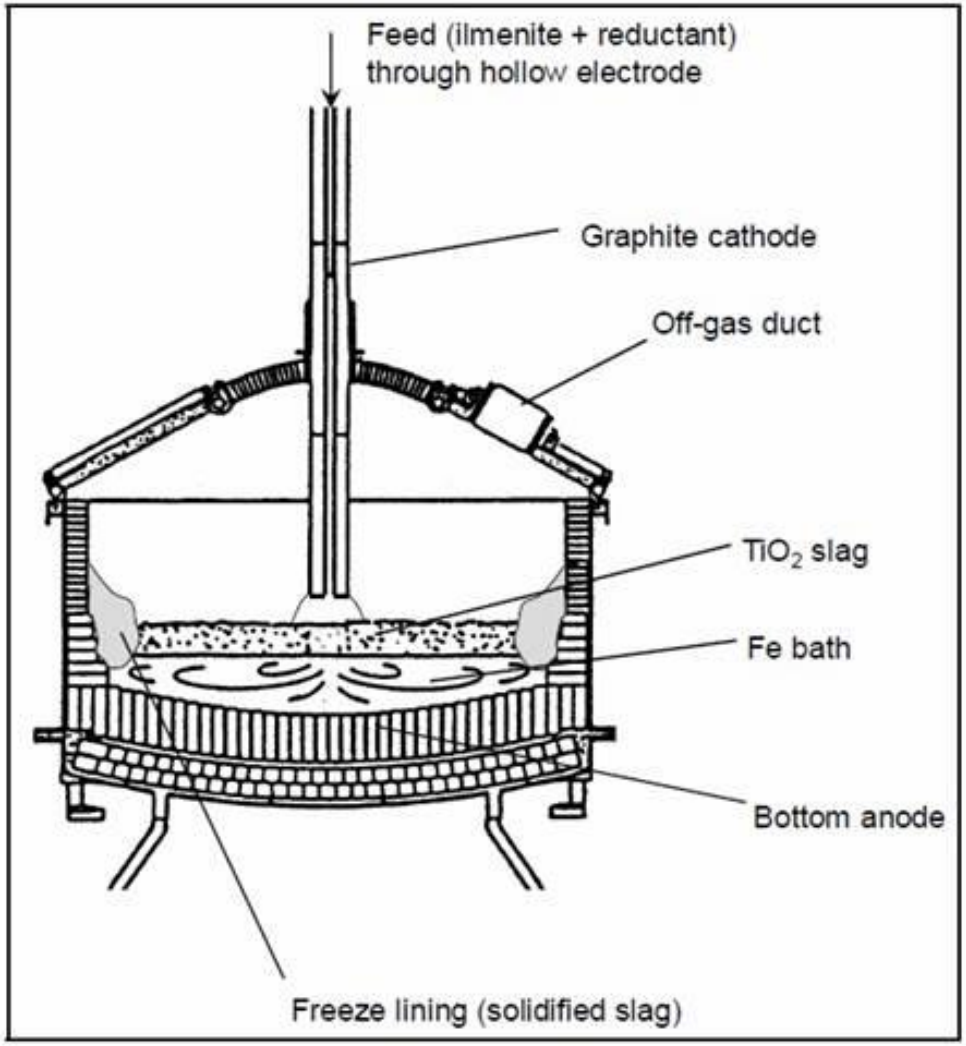
$$2TiO_{2\,(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Ti_2O_{3\,(s)} + CO_{2\,(g)}$$

- O Fe é separado fisicamente por fusão

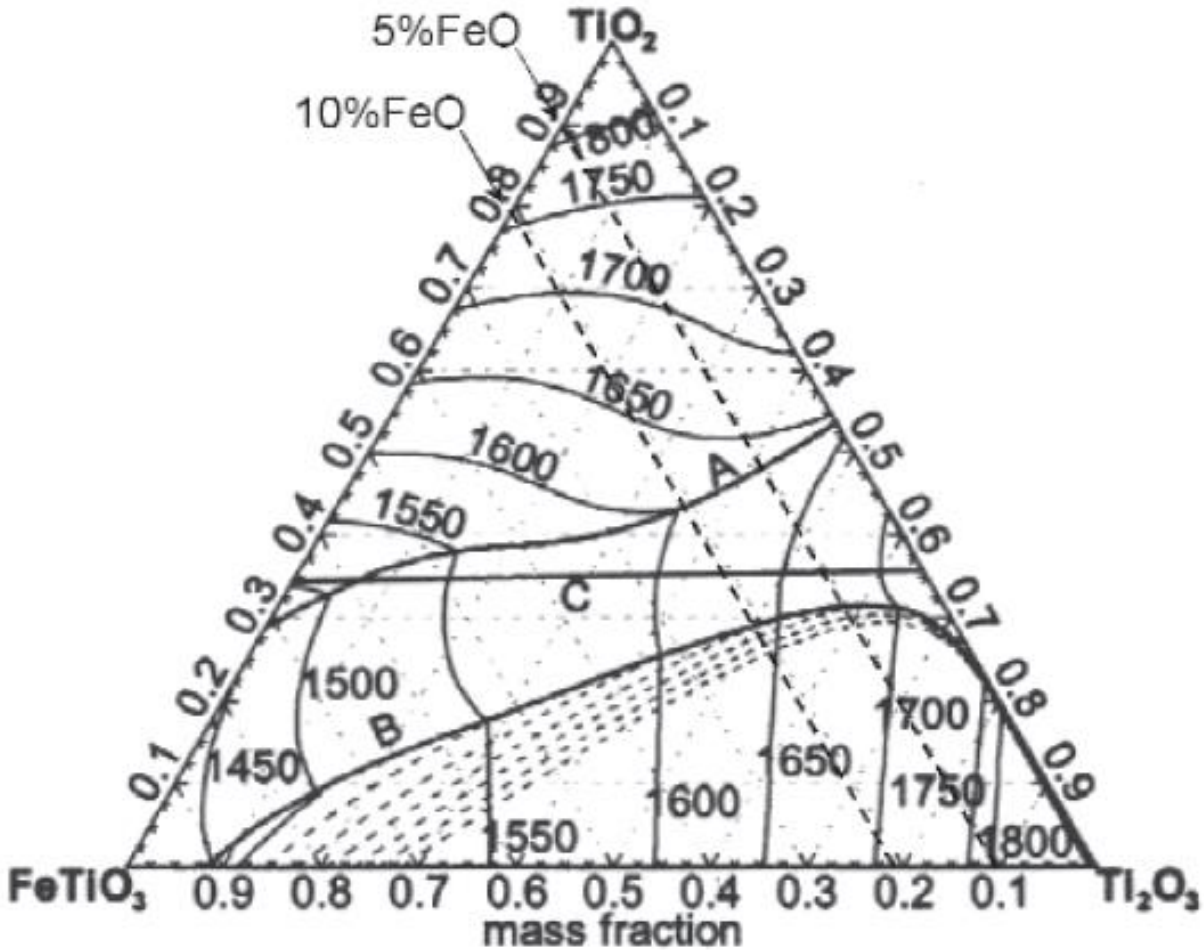
PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti

- Temperatura: ~1650°C
- Reator: FEA (AC ou DC)
- Produto: 70-85% TiO_2
- Indicado para o processo sulfato
- As altas concentrações de Mg e Ca impedem o uso no processo cloreto – pode ser minimizado

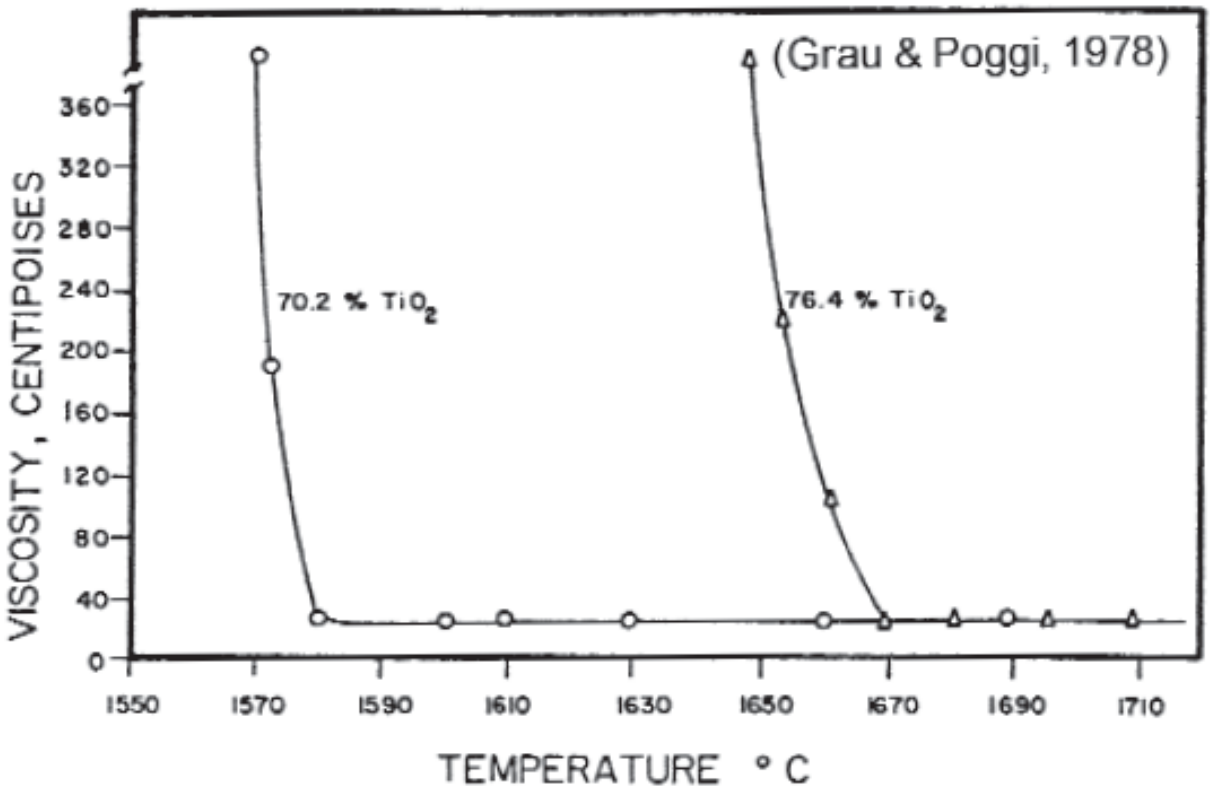
PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti



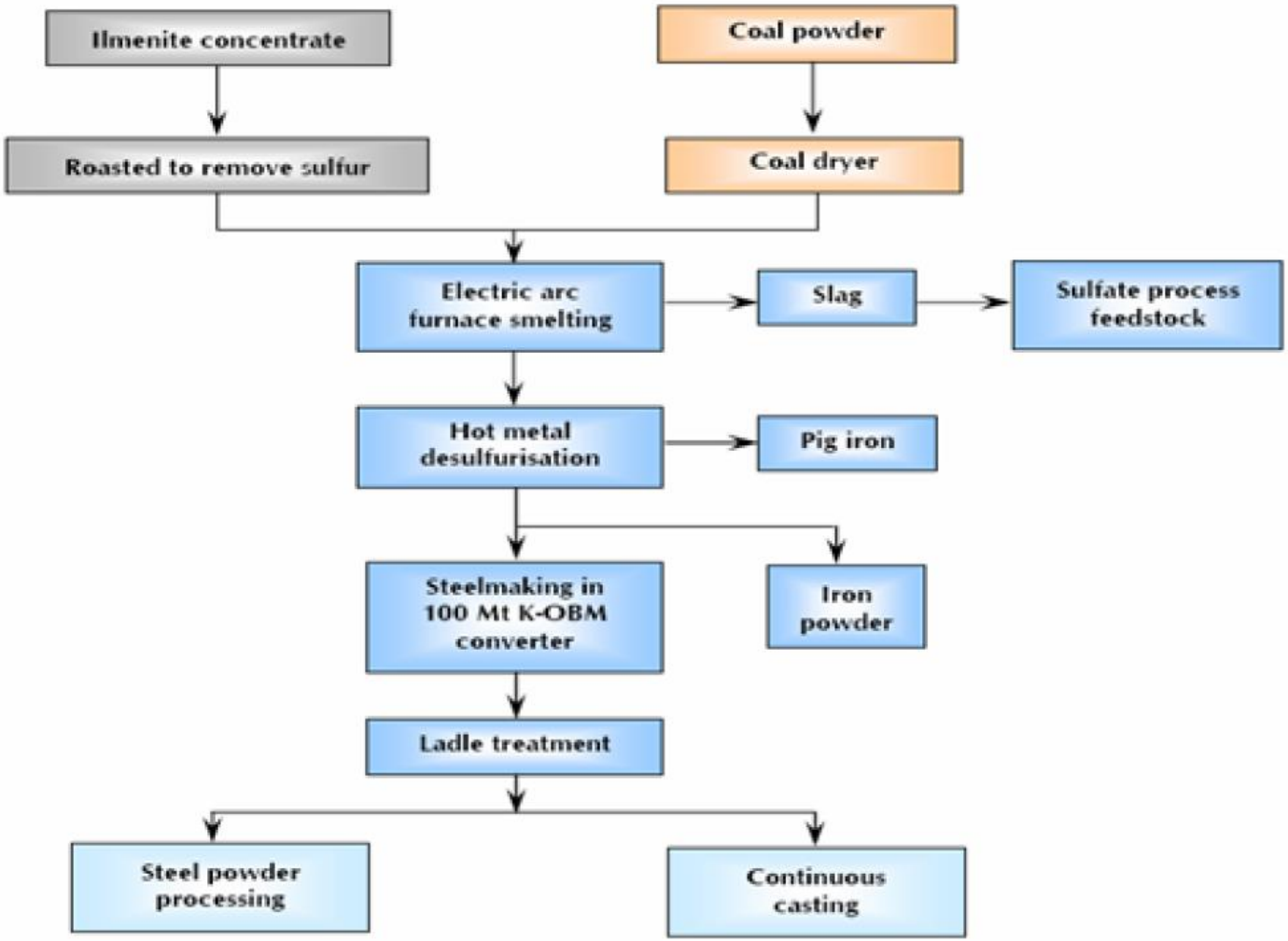
PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti



PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti



PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti



PRODUÇÃO DE TiO_2
Escória de Ti

120.000 t/ano de escória

Ilmenite feedstock	214,286 tpa
Power	1160 kWh /ton of ilmenite
Reductant	0.14 kg /ton of ilmenite
Electrodes	3.5 kg/MWh
Water	2 kl/ton of ilmenite