

Curso de especialização em tratamento de minérios

Cominuição

Aplicações e Fluxogramas

Catalão – 26 de Outubro de 2012

Professor Mauricio Guimarães Bergerman

Apresentação

- Data: 26 e 27 de outubro e 9 e 10 de novembro de 2012
- Horário: 19h00 às 21h00 e das 08h00 às 17h00
- Realização: Universidade Federal de Goiás
- Coordenação e docência: **Maurício Guimarães Bergerman, Msc.**
- Mauricio.bergerman@unifal-mg.edu.br
- Carga horária: 32 horas/aula.

Apresentação

- Objetivo:

- ▣ Apresentar os conceitos básicos, principais equipamentos e variáveis operacionais de britadores e moinhos utilizados na cominuição de minerais e rochas. Não serão examinados detalhes mecânicos ou de construção de máquinas.

Apresentação

□ Programa:

- ▣ **Introdução e fluxogramas em tratamento de minérios;**
- ▣ **Fundamentos de cominuição;**
- ▣ **Britagem:**
 - **Britadores de mandíbulas, giratórios e cônicos;**
 - **Determinação do produto dos britadores;**
 - **Circuitos;**
 - **Outros tipos de britadores;**
 - **Dimensionamento;**
 - **Determinação das características da alimentação.**

Apresentação

□ Programa:

□ Moagem:

- Moinhos de barras e de bolas;
- Ensaio para determinação do WI;
- Dimensionamento;
- Outros tipos de moinhos;
- Fluxogramas

Apresentação

- Avaliação:

- ▣ **1 Lista de exercícios**

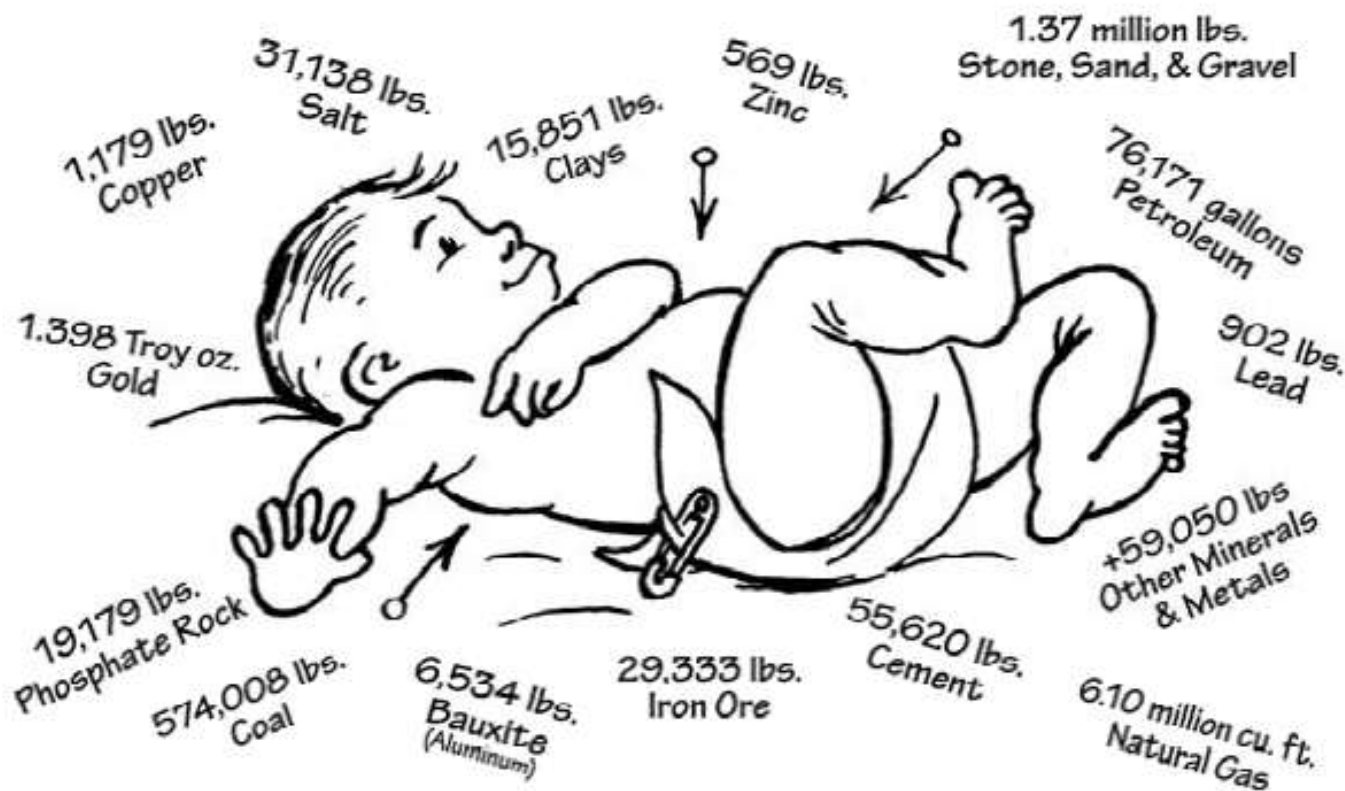
Importância da mineração



Elemento construtivo	Principais substâncias minerais utilizadas
tijolo	argila
bloco	areia , brita , calcário
fiação elétrica	cobre, petróleo
lâmpada	quartzo, tungstênio, alumínio
fundações de concreto	areia , brita , calcário , ferro
ferragens	ferro, alumínio, cobre, zinco, níquel
vidro	areia, calcário , feldspato
louça sanitária	caulim , calcário , feldspato, talco
azulejo	caulim , calcário , feldspato, talco
piso cerâmico	argila , caulim , calcário , feldspato, talco
isolante - lã de vidro	quartzo e feldspato
isolante - agregado	mica
pintura - tinta	calcário , talco, caulim , titânio, óxidos metálicos
caixa de água	calcário , argila , gipsita, amianto, petróleo
impermeabilizante - betume	folhelho pirobetuminoso , petróleo
pias	mármore , granito , ferro, níquel, cobalto
encanamento metálico	ferro ou cobre
encanamento PVC	petróleo, calcita
forro de gesso	gipsita
esquadrias	alumínio ou ligas de ferro-manganês
piso pedra	ardósia, granito, mármore
calha	ligas de zinco-níquel-cobre ou fibro-amianto
telha cerâmica	argila
telha fibro-amianto	calcário , argila , gipsita, amianto
pregos e parafusos	ferro, níquel

Importância da mineração

Every American Born Will Need...



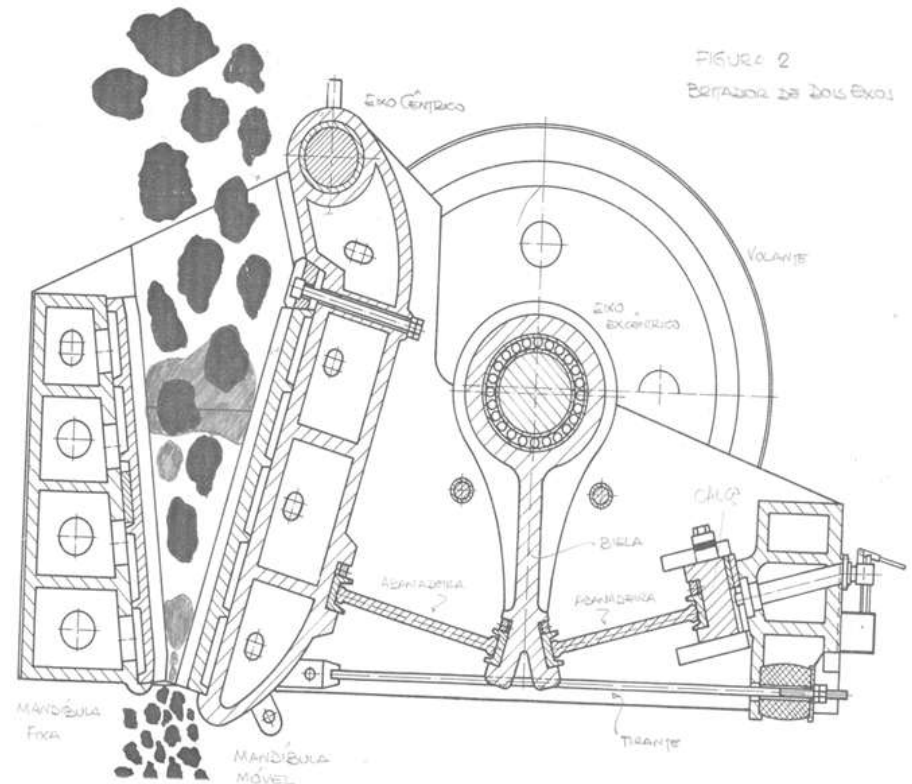
3.3 million pounds of minerals, metals, and fuels in their lifetime

ETAPAS DE PROCESSAMENTO ENVOLVENDO SÓLIDOS PARTICULADOS

- Preparação:
 - ▣ Cominuição e classificação;
- Concentração:
 - ▣ Métodos densitários;
 - ▣ Flotação;
 - ▣ Separação magnética e eletrostática;
 - ▣ Outros: separação óptica (ore sorting).
- Desaguamento:
 - ▣ Espessamento, filtragem e secagem.
- Transporte

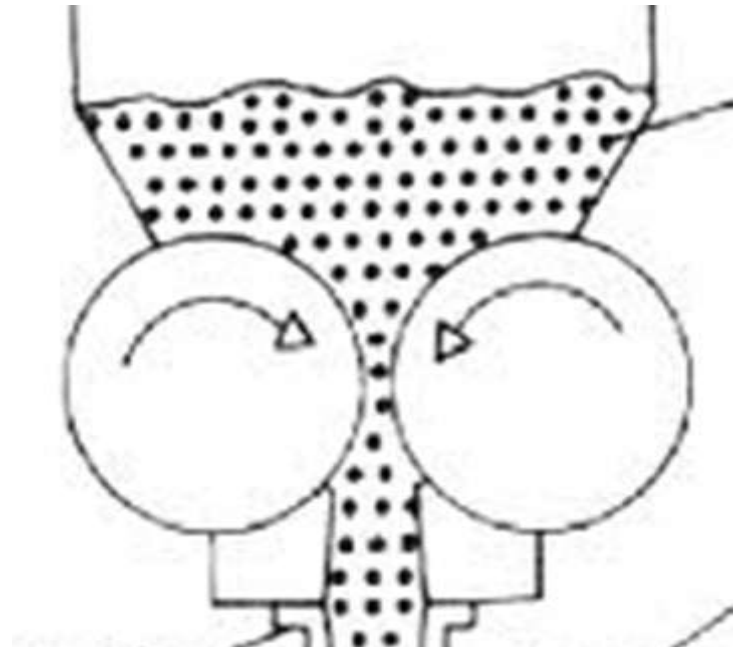
Cominuição

- Redução de tamanho:
 - Britagem: acima de aprox. 20 mm;



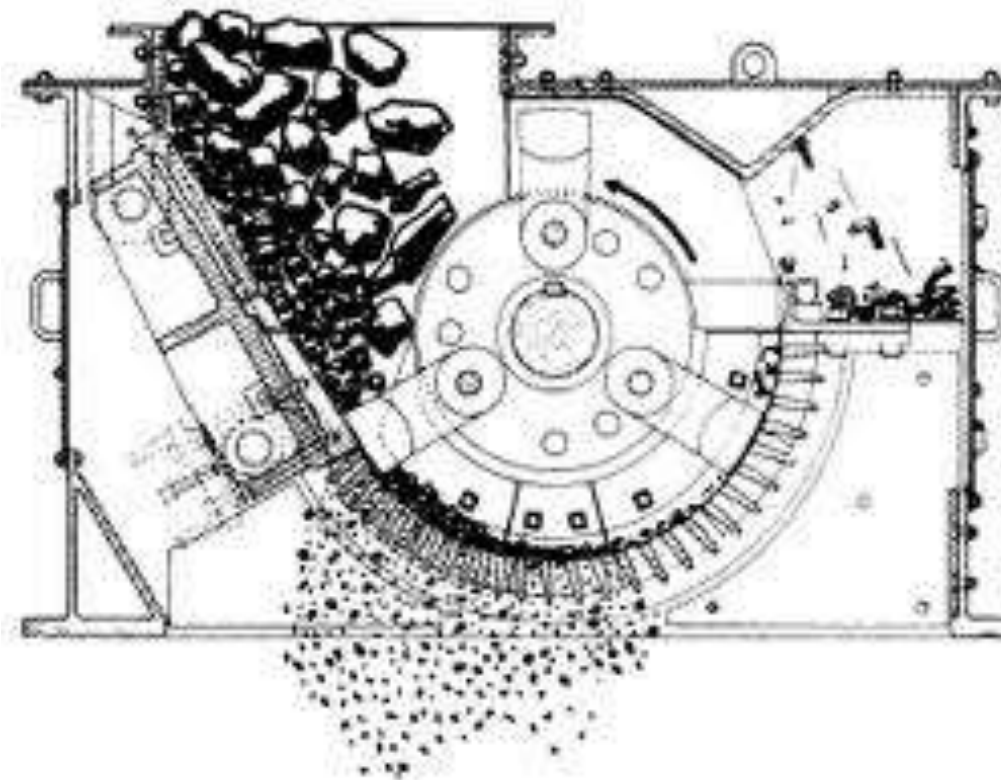
Cominuição

- Redução de tamanho:
 - ▣ Moagem: abaixo de aprox. 20 mm;



Cominuição

- Redução de tamanho:
 - ▣ Moagem: abaixo de aprox. 20 mm;



Cominuição

- Redução de tamanho:
 - ▣ Moagem: abaixo de aprox. 20 mm;

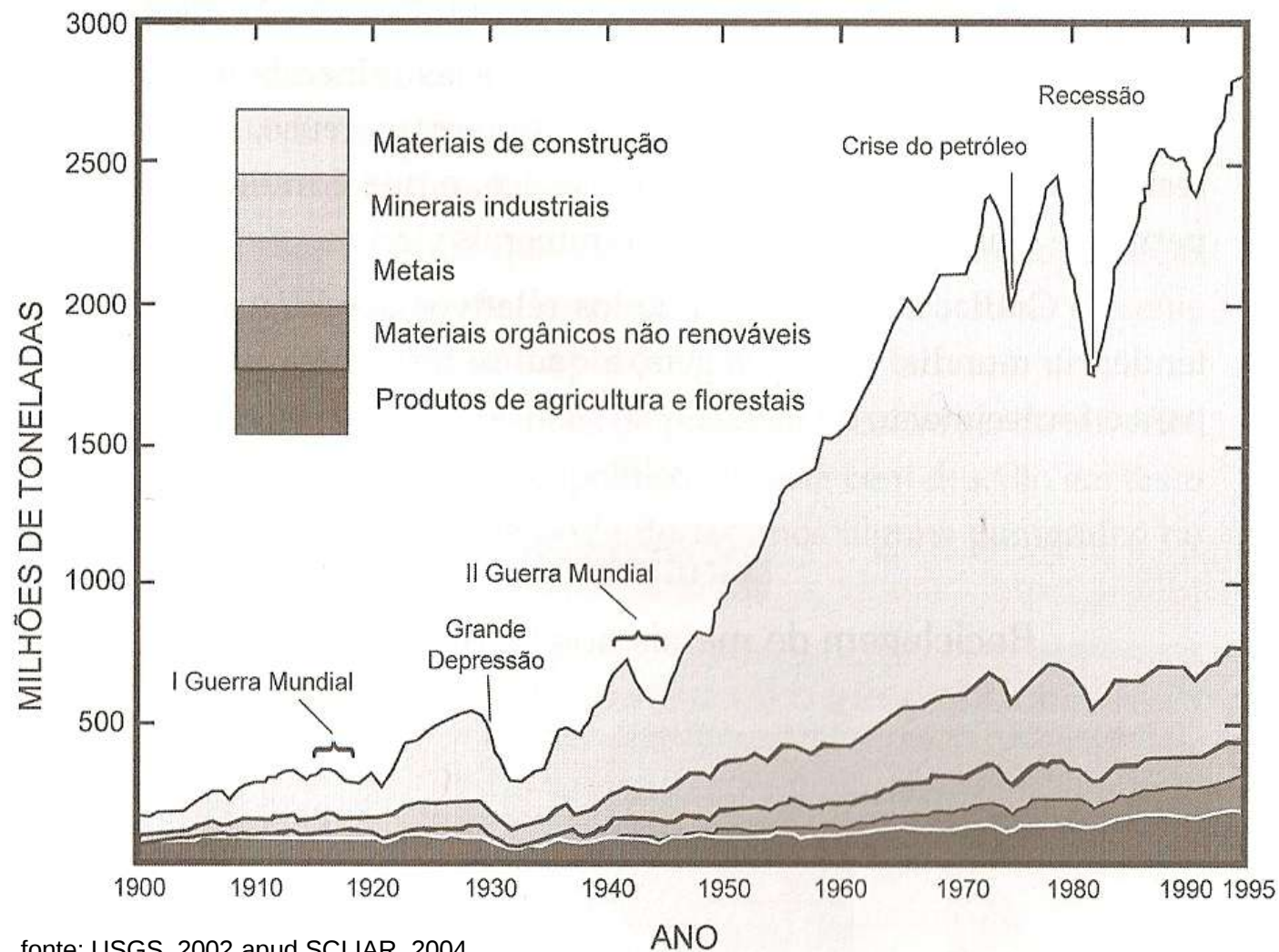


Cominuição

- Cominuição:

- ▣ latim *comminuere* e significa “fazer menor”;
- ▣ Inclui as etapas de britagem, moagem e **classificação**.

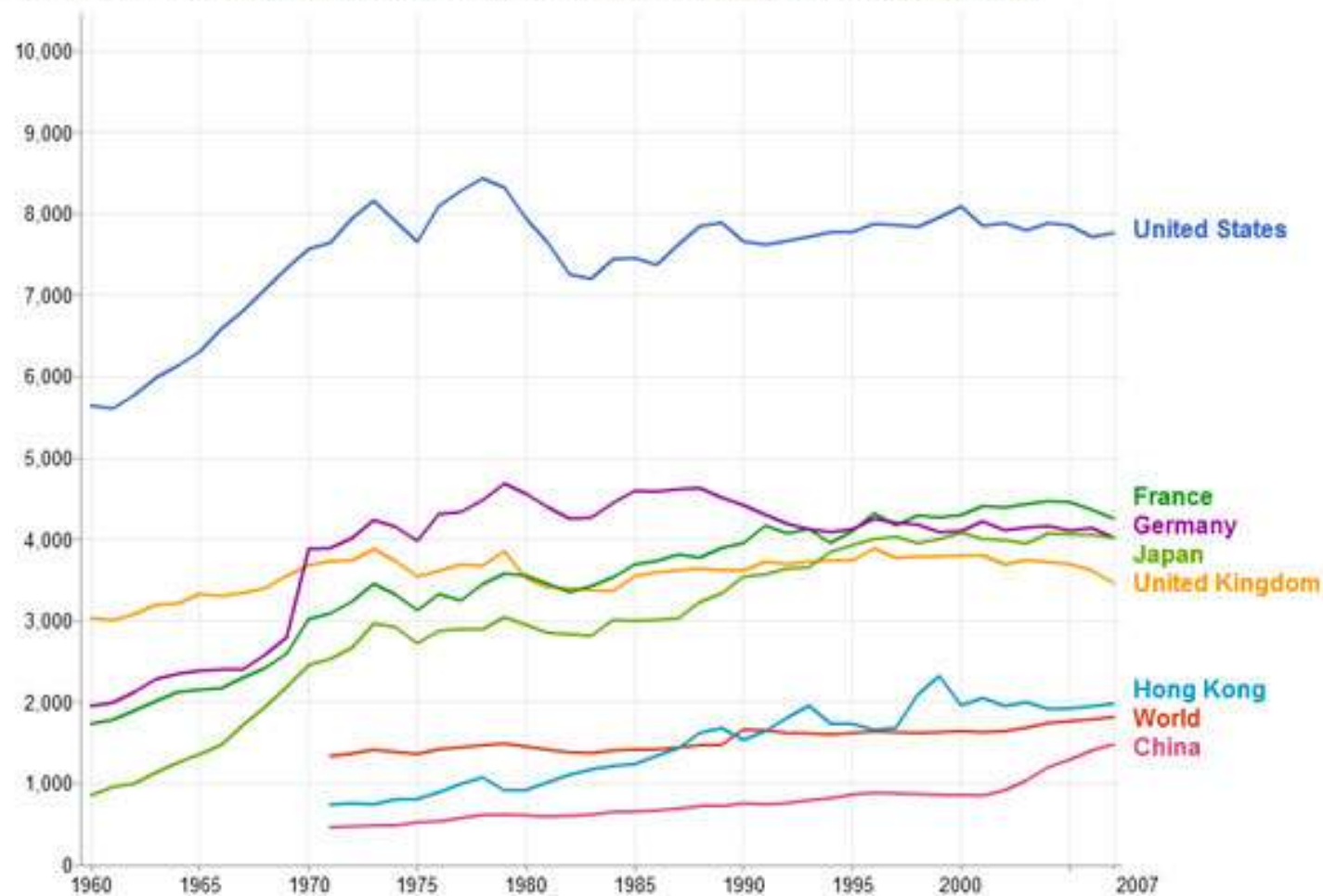
Cominuição



Cominuição

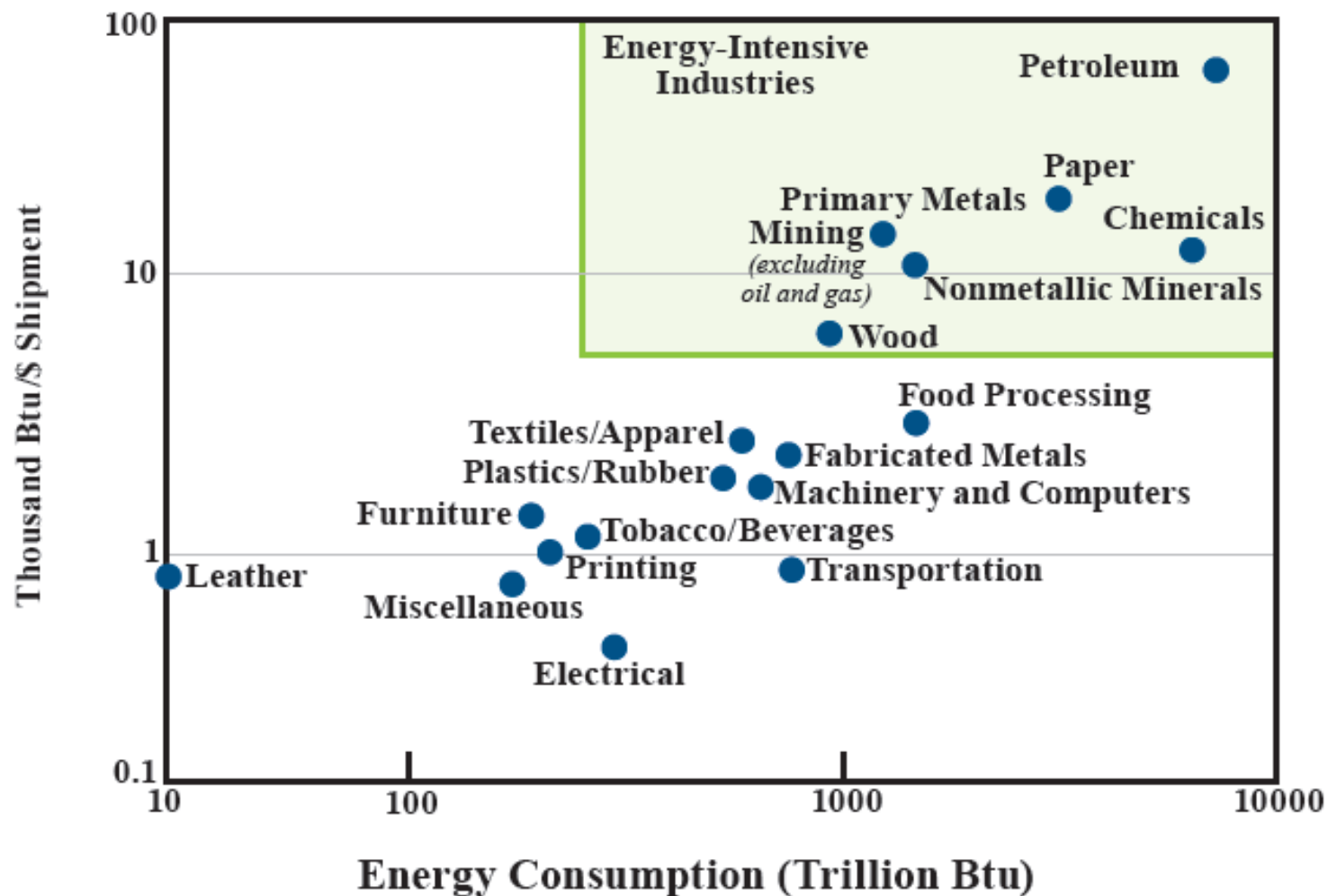
Energy use per capita

Primary energy use (before transformation to other end-use fuels) in kilograms of oil equivalent, per capita. [More info](#)

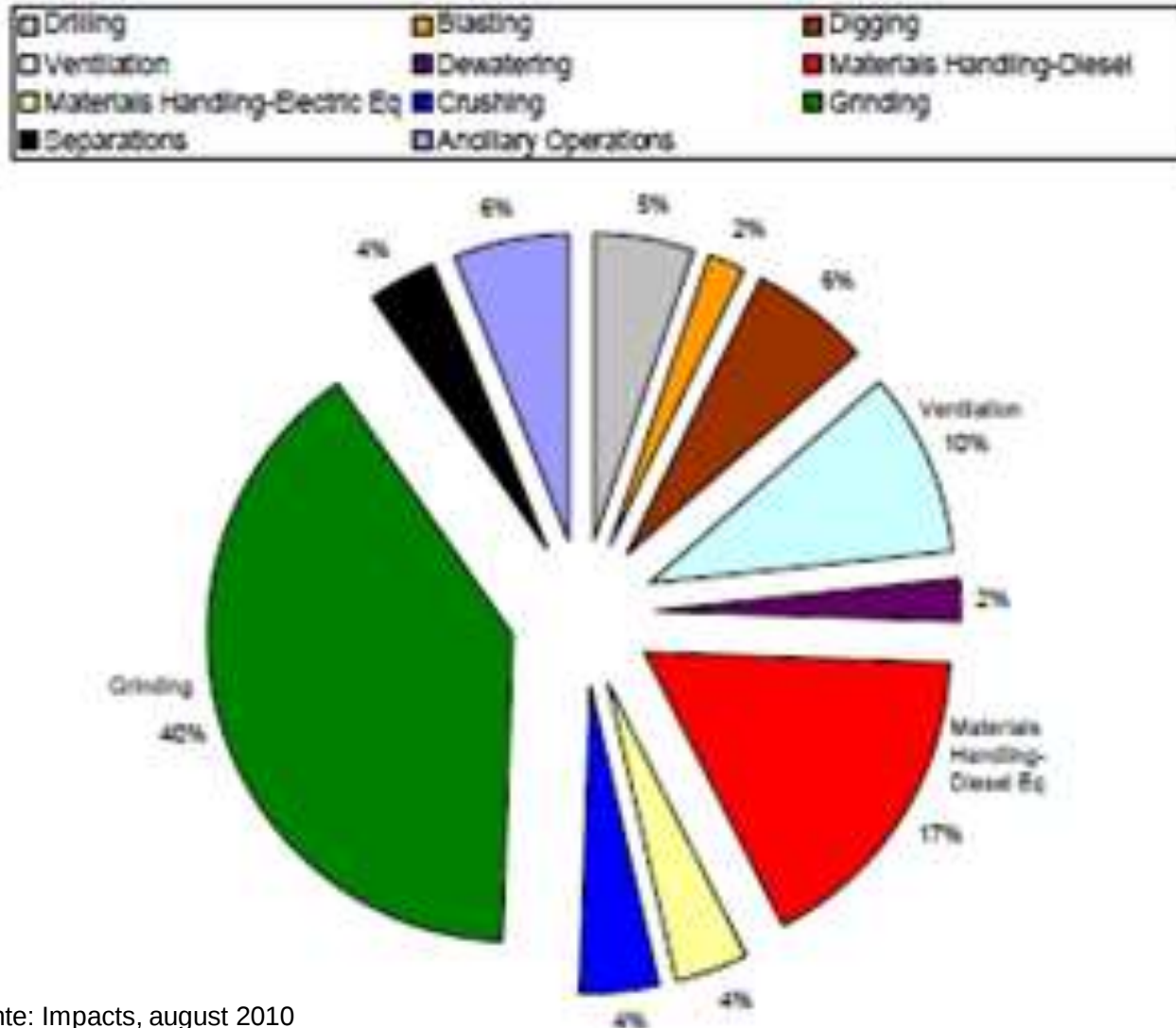


Data source: [World Bank, World Development Indicators](#) - Last updated May 7, 2010

Cominuição

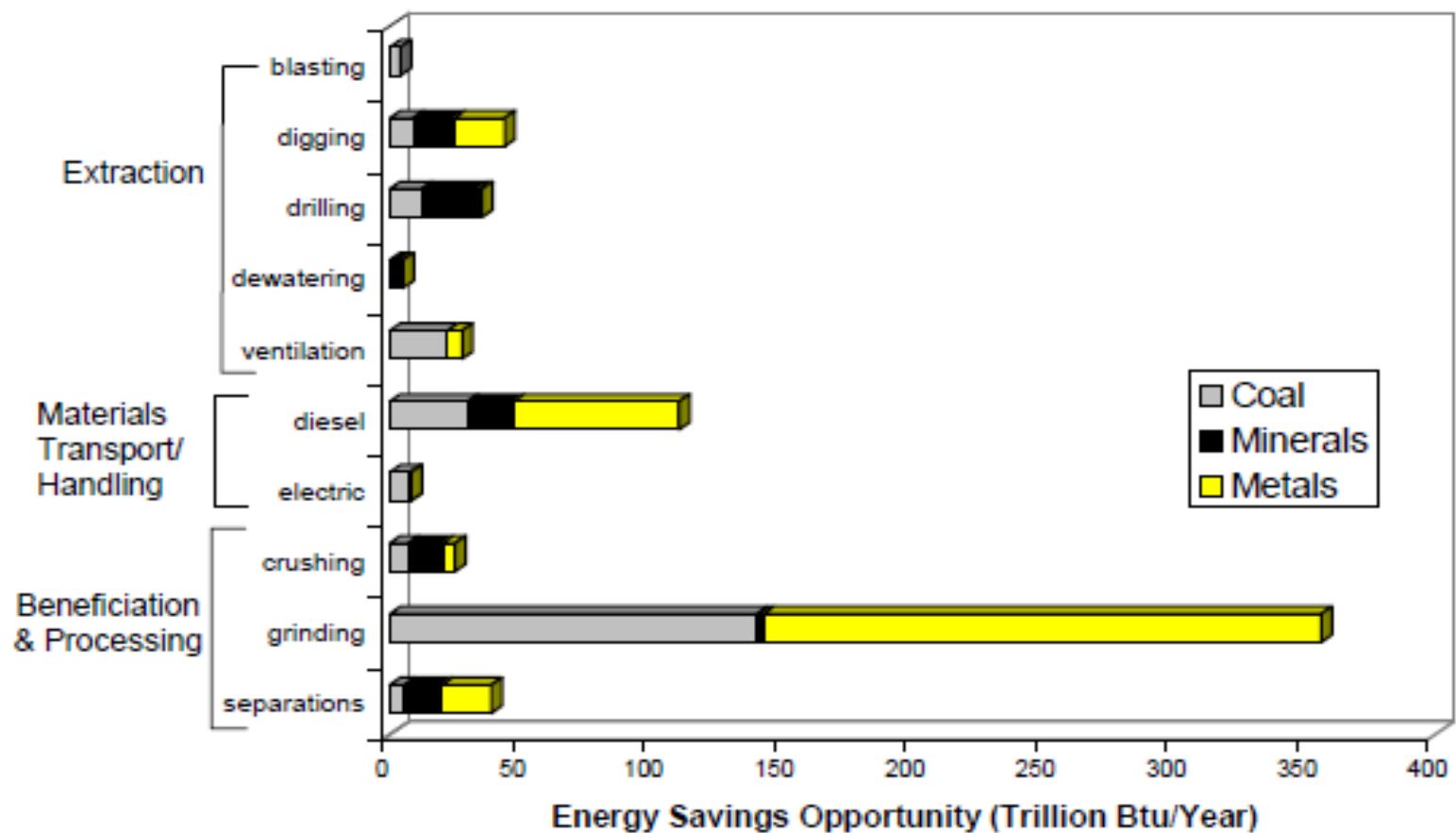


Cominuição



Cominuição

Exhibit 3. Energy-Saving Opportunity in U.S. Mining Industry for Top 10 Energy-Intensive Processes



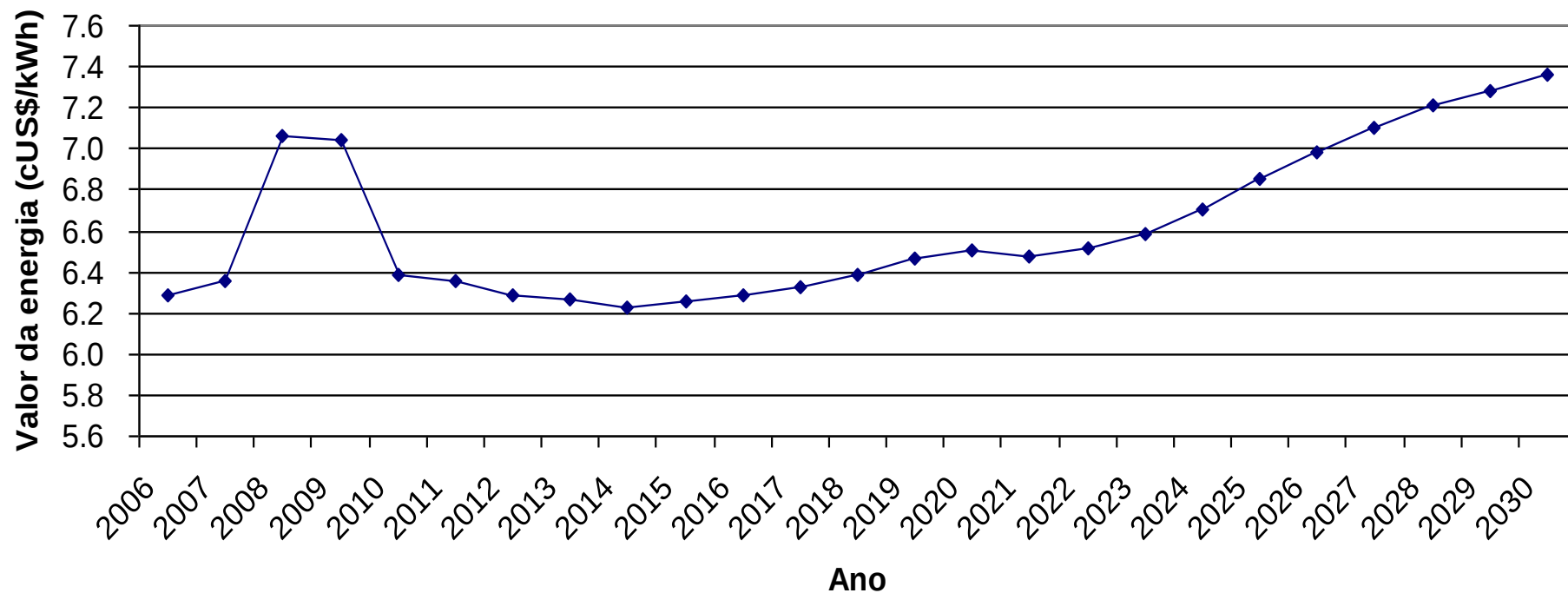
Cominuição

Tabela 1 – Distribuição do consumo de energia na Erie Mining Co.

Operação	kWh/t	Consumo (%)
Fragmentação	17,2	80,0
Concentração	1,5	7,0
Eliminação de rejeito	1,2	6,0
Abastecimento de água	1,5	7,0
Total	21,4	100,0

Cominuição

Custo de energia - consumidores industriais (base dolar 2007)

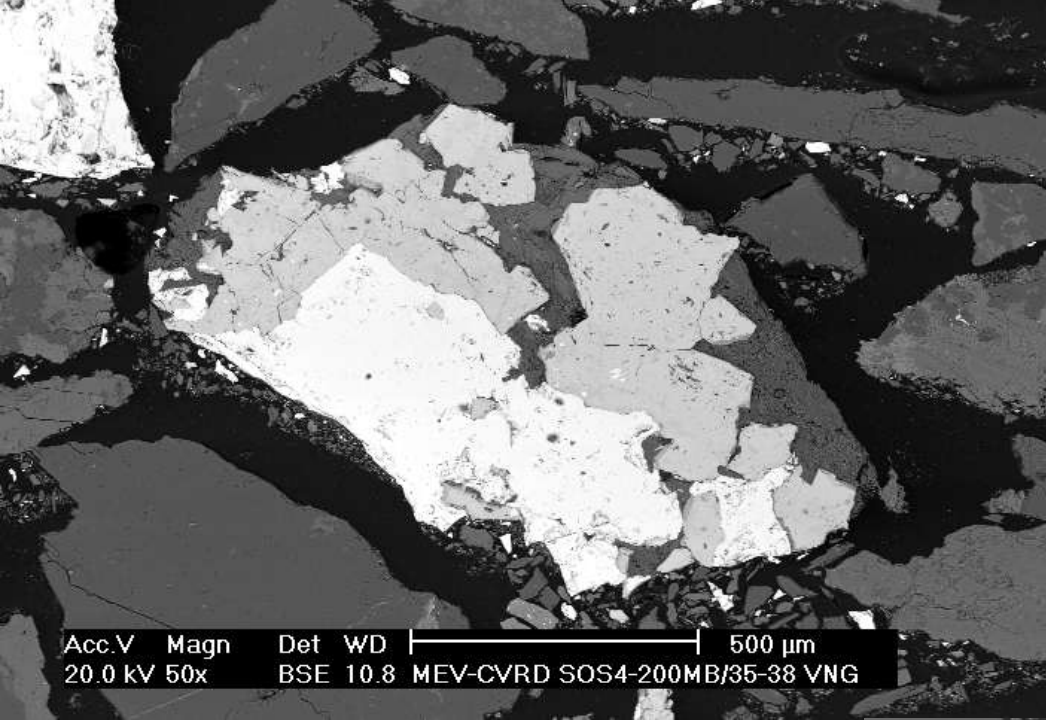


Cominuição

- Grande foco de otimização nas operações existentes e novos projetos:
 - THE NATIONAL MINING ASSOCIATION. **Mineral processing technology roadmap, mining industry of the future**. September 2000.
 - COMMITTEE ON TECHNOLOGIES FOR THE MINING INDUSTRY, COMMITTEE ON EARTH RESOURCES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Evolutionary and revolutionary technologies for mining**. Washington: National Academy press. 2002. 102 p.
 - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **Impacts**: Industrial technologies Program: Summary of results fo CY 2008 – Boosting the productivity and competitiveness of U.S. Industry. 2010.
 - Artigos de congressos;
 - Dissertações e teses;
 - ...

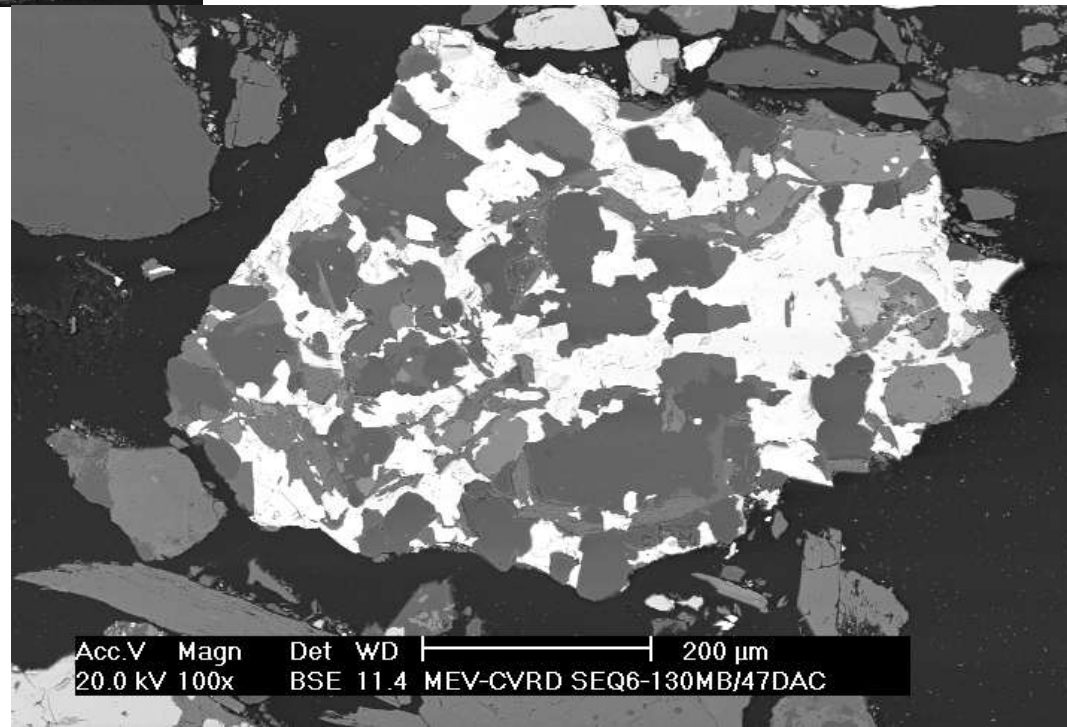
Porque cominuir partículas sólidas?



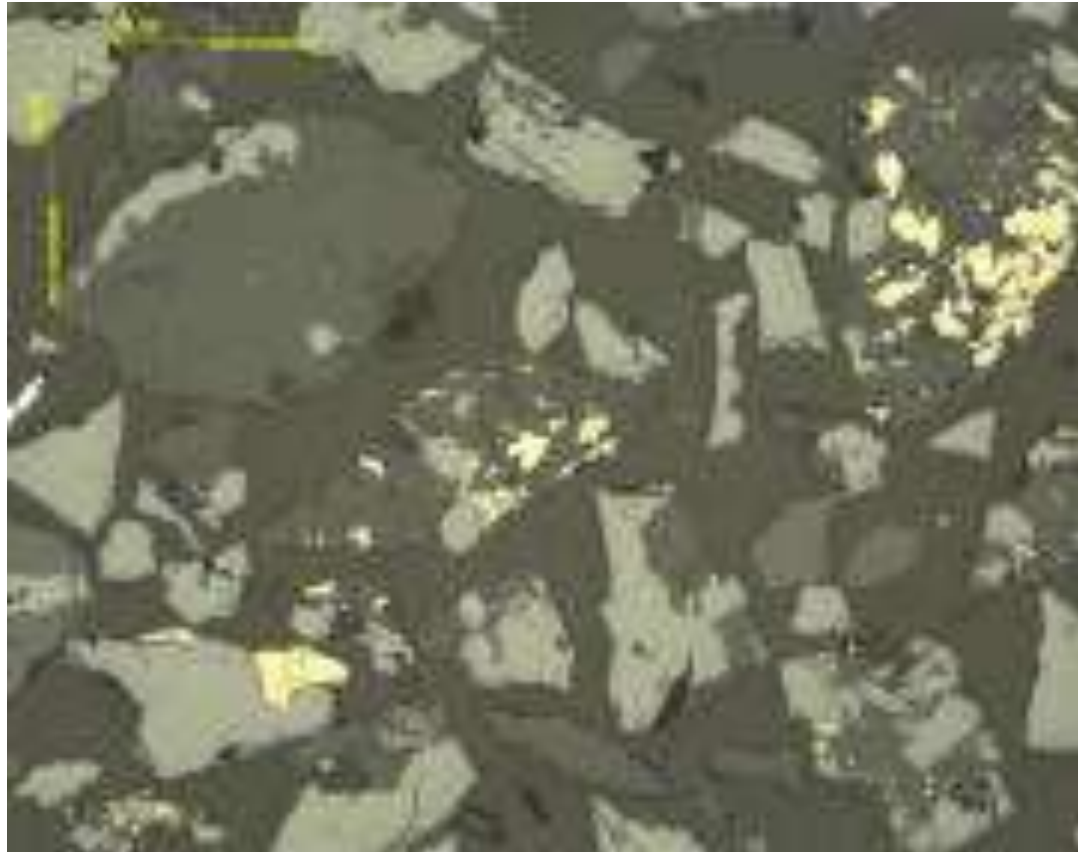


Sossego

Sequeirinho



Porque cominuir?



Salobo

Porque cominuir?



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

aço = liga de ferro e carbono

propriedades:

- forjável a quente e a frio
- tratável termicamente
- magnético
- processo barato de produção: alto forno e refino
- tem suas propriedades alteradas por elementos de liga

minérios abundantes, jazidas superficiais e de grande volume:

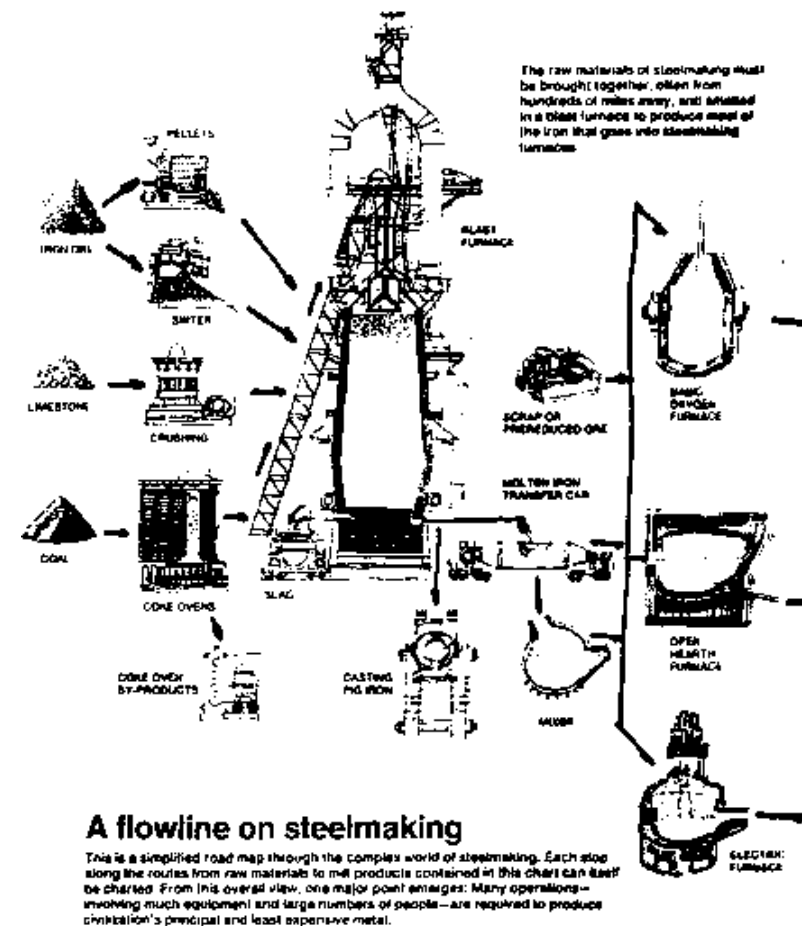
- produção barata
- abundância de oferta
- concentração fácil = concentrados de alto teor

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

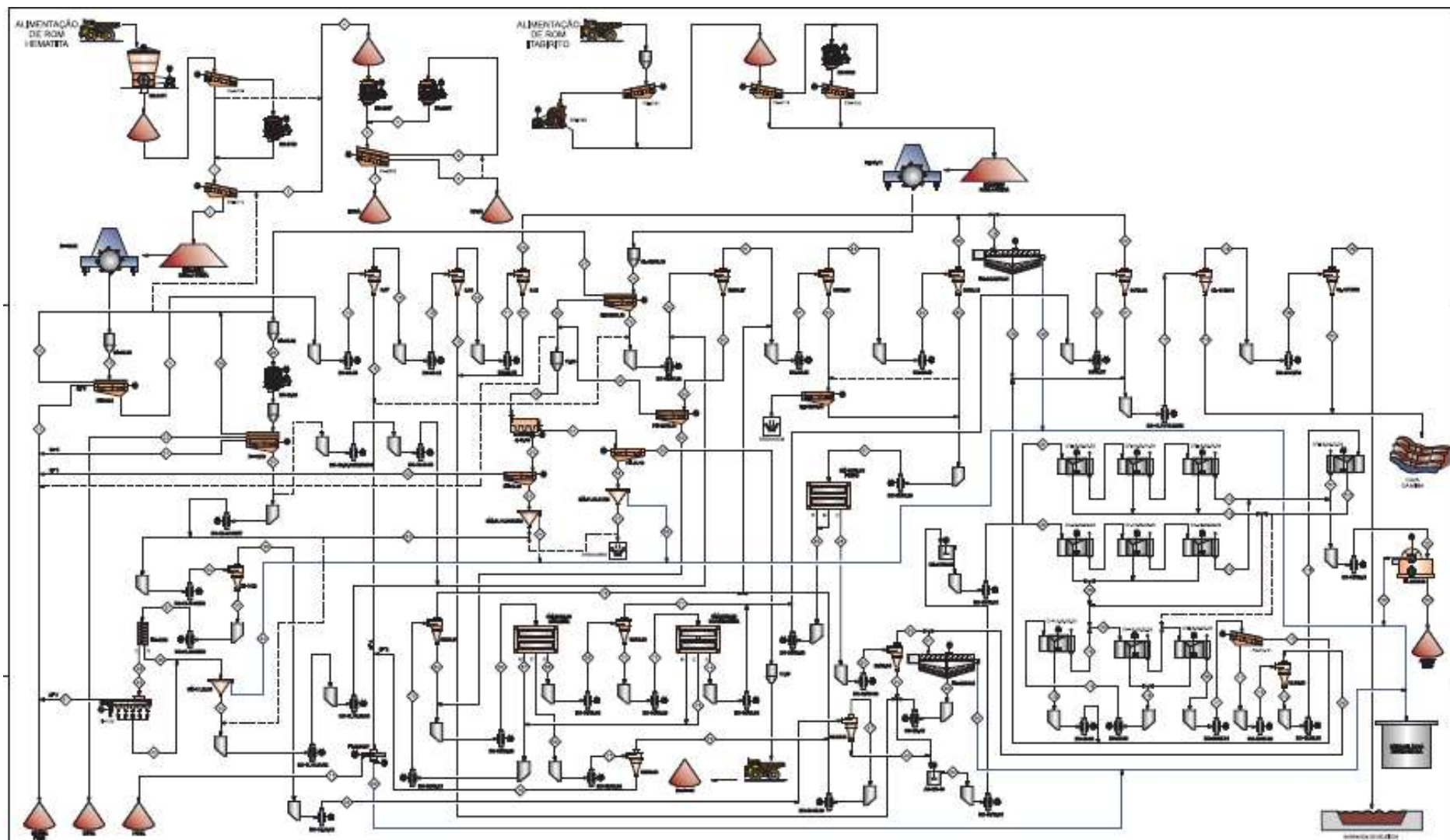
produção de aço = redução do minério em alto forno + refino

o minério de ferro para redução em alto-forno precisa ser:

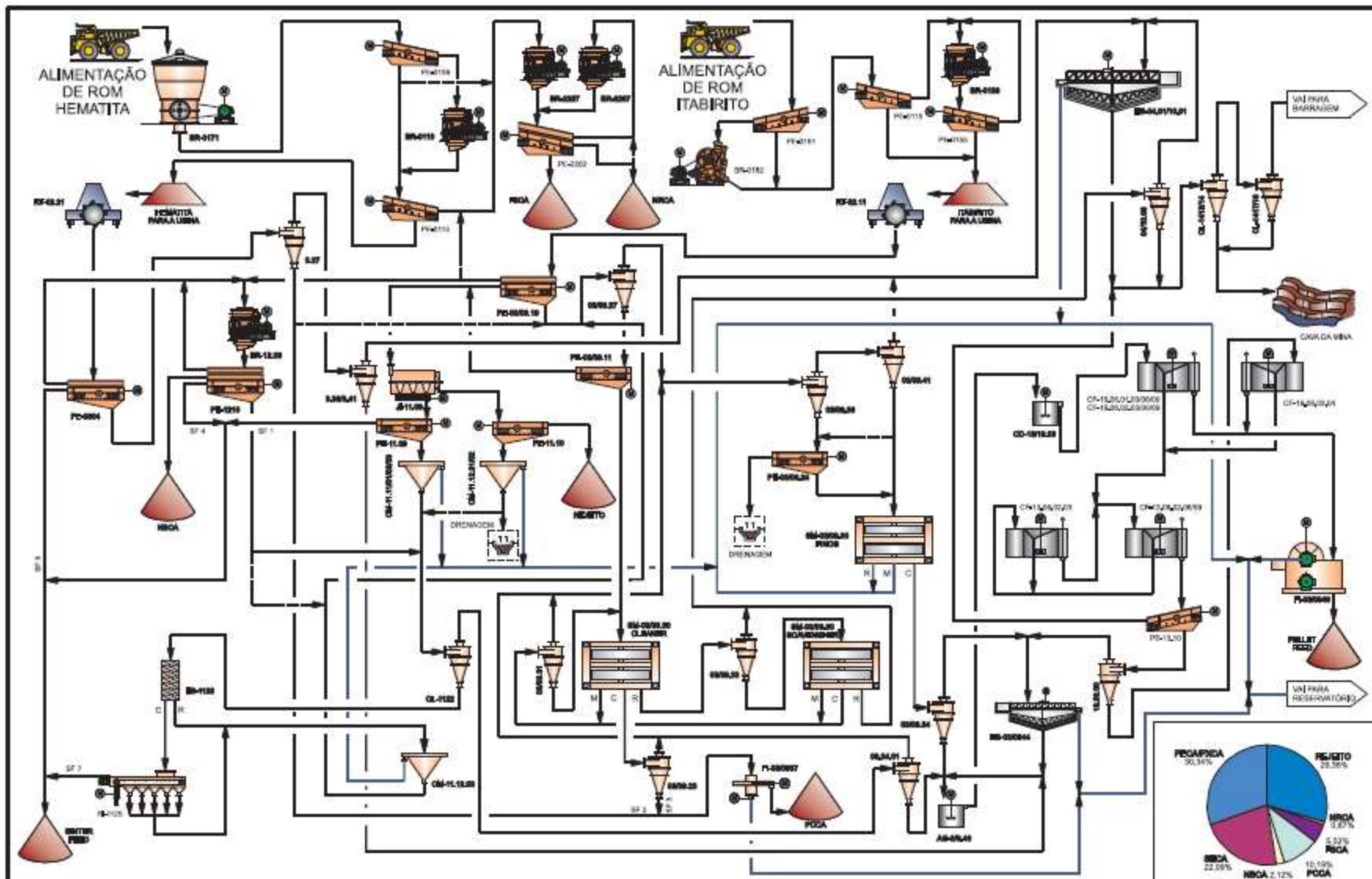
- grosso (ou aglomerado),
- isento de finos,
- ter teor de Fe elevado,
- ter teor de SiO_2 baixo,
- não ter contaminantes (P, S)



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – carvão

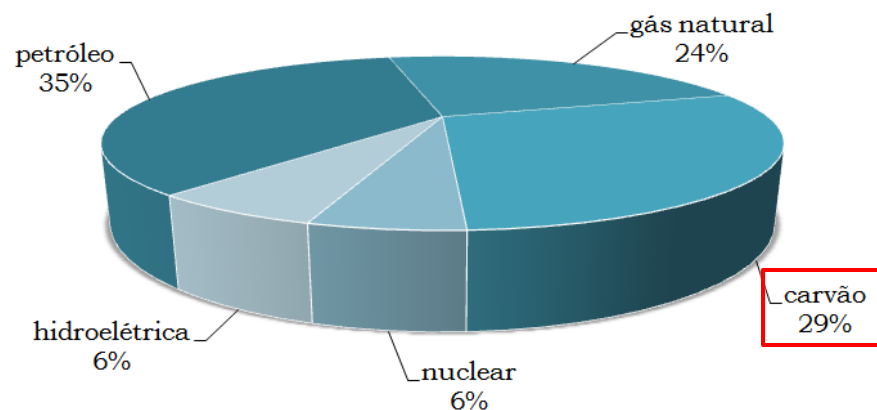
No Brasil não temos a cultura do uso do carvão !

balanço energético brasileiro	
energia	%
petróleo	42,0
gás natural	8,8
carvão vapor	1,2
carvão metalúrgico	0,1
U₃O₈	0,7
total de não renováveis	52,7
hidráulica	14,5
lenha	14,2
bagaco de cana	15,5
outras	3,2
total de renováveis	47,3

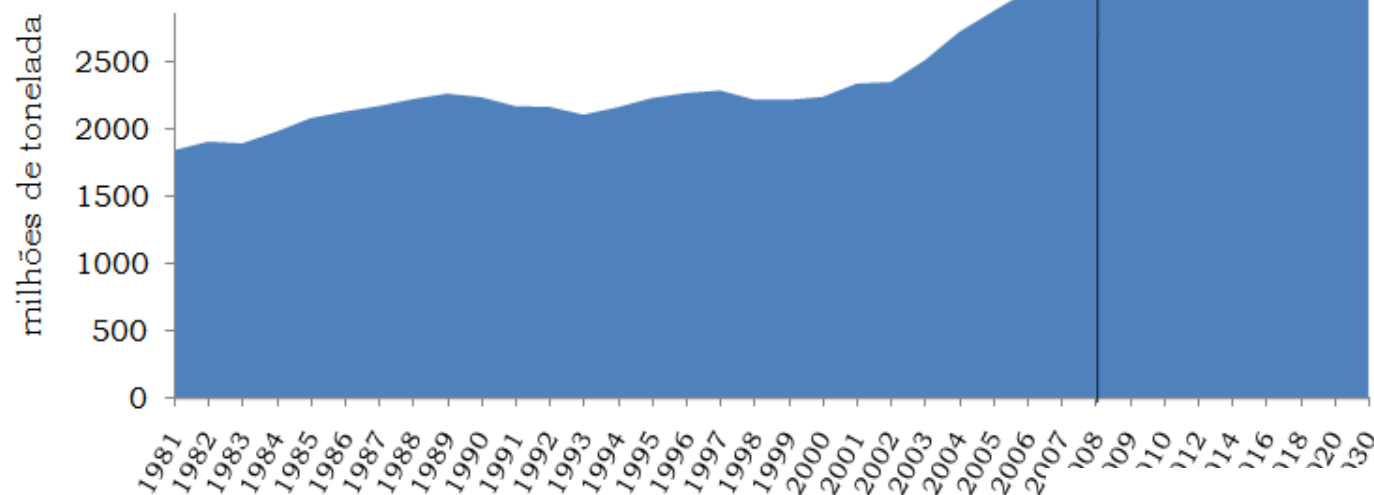
Exemplos de fluxogramas – carvão

combustíveis usados na geração de energia
primária no mundo

Fonte: BP (2008)

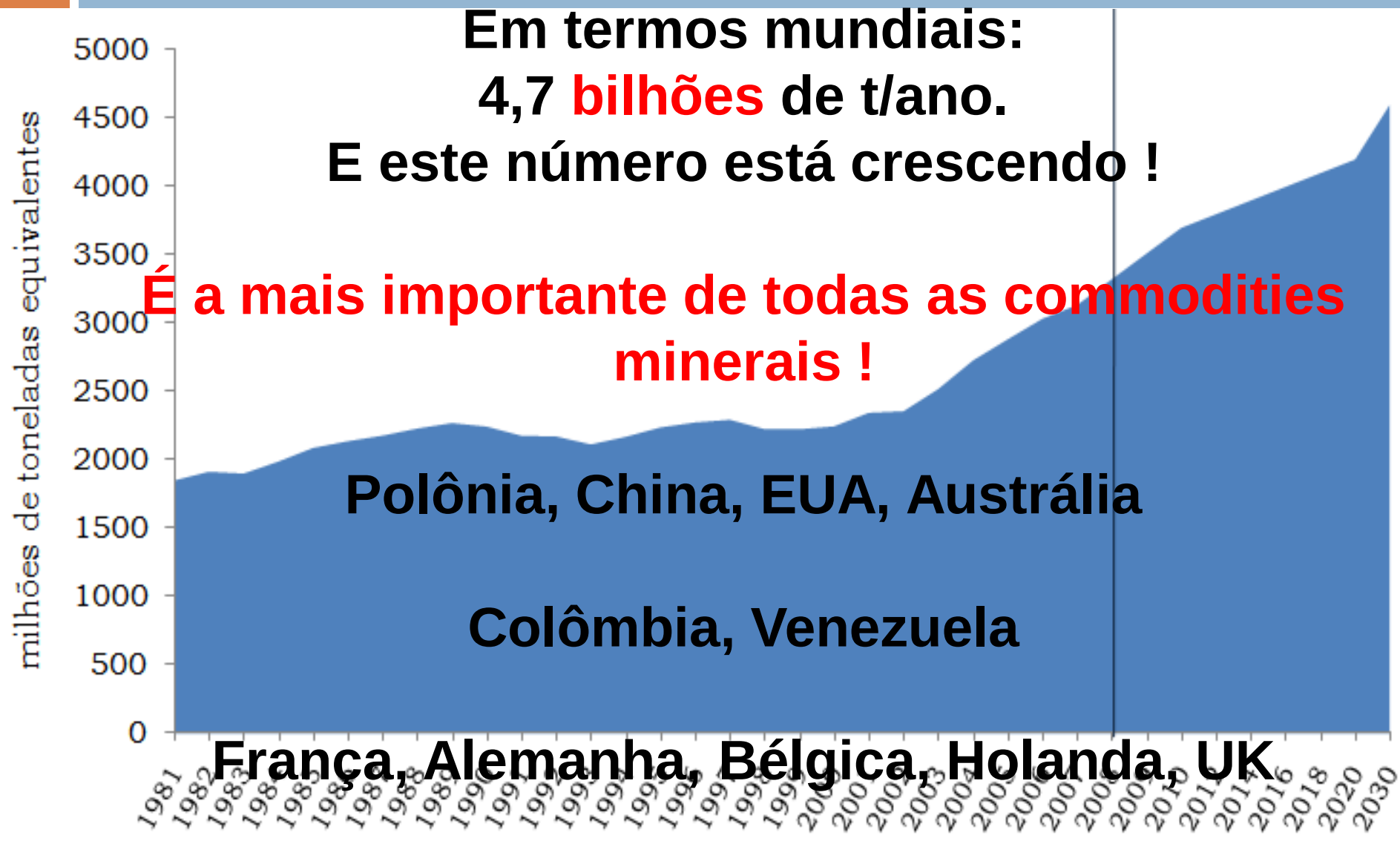


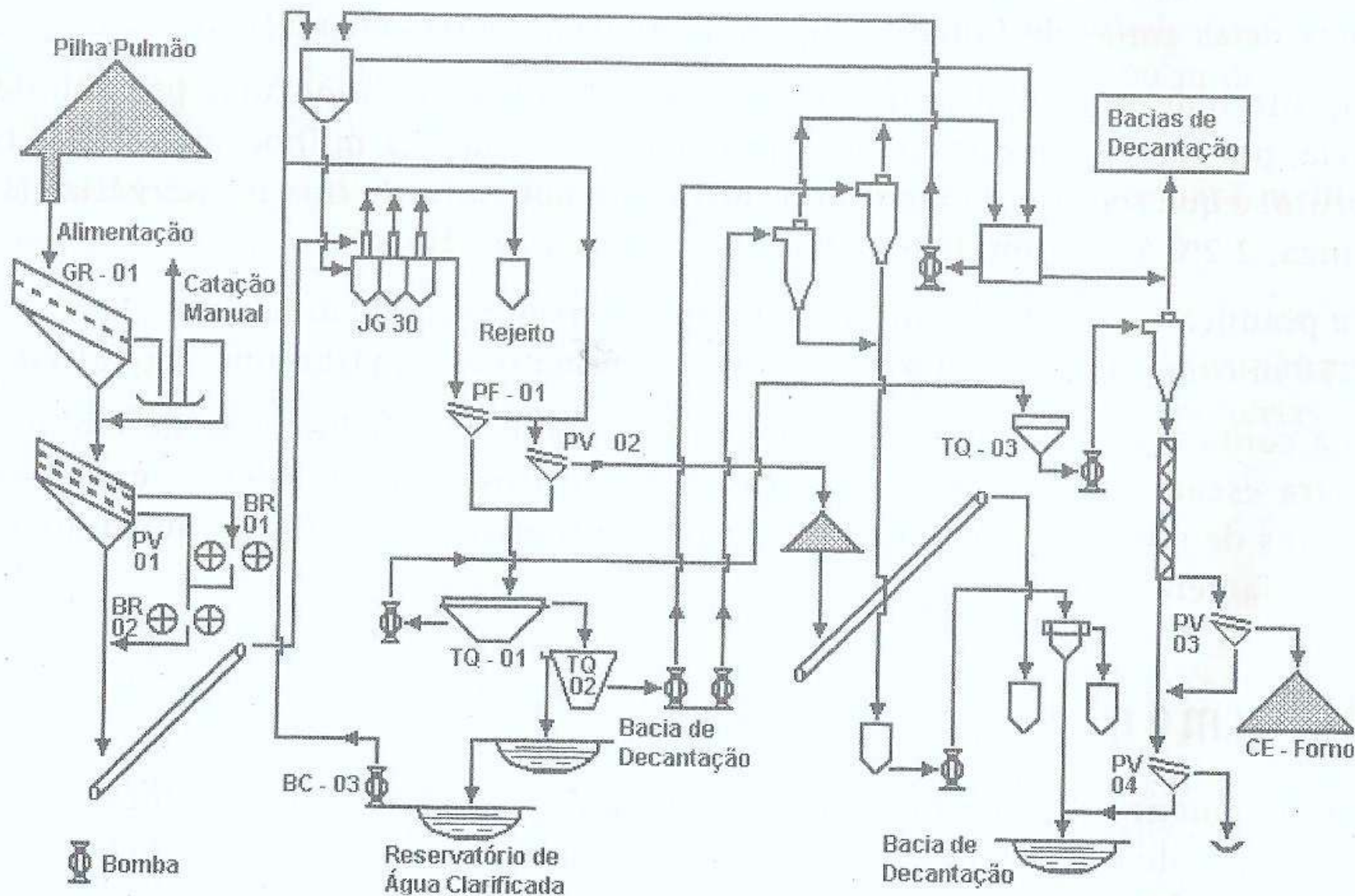
Mundo



Fonte: EIA (2007)

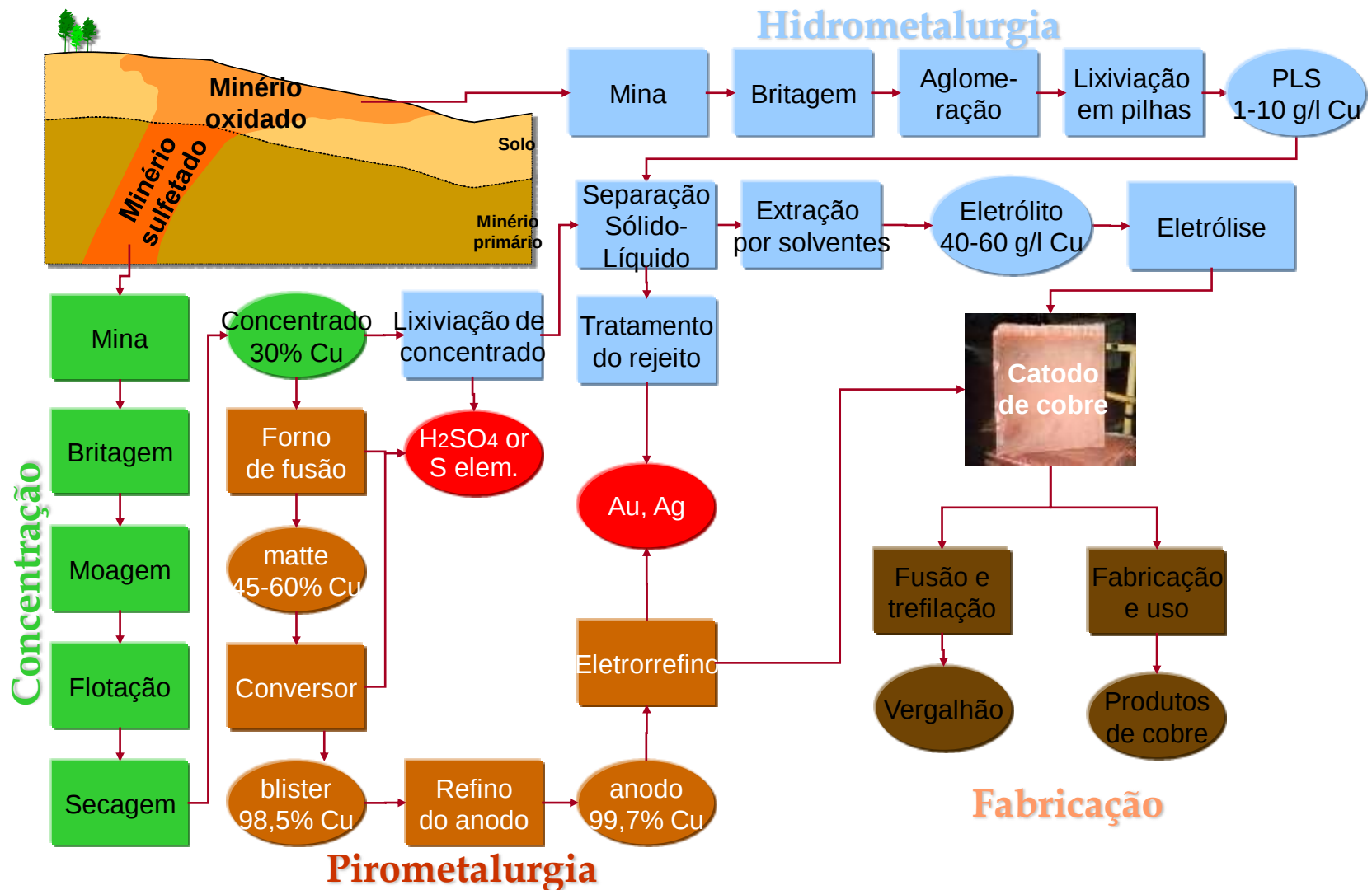
Exemplos de fluxogramas – carvão



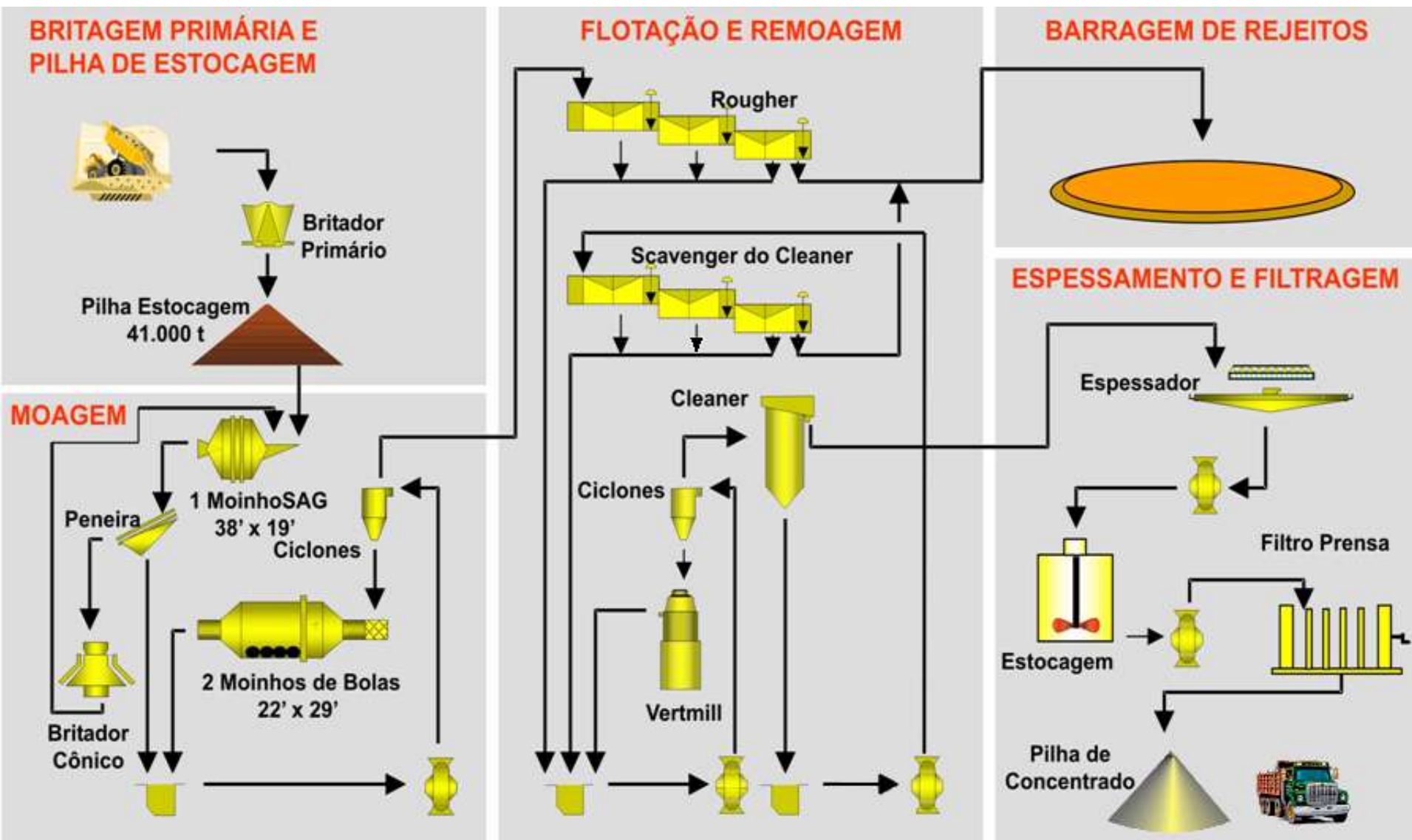


1: Fluxograma de beneficiamento de carvão da CARBONÍFERA METROPOLITANA

Exemplos de fluxogramas – cobre



Exemplos de fluxogramas – cobre



Minério sulfetado

Processamento de lixo doméstico

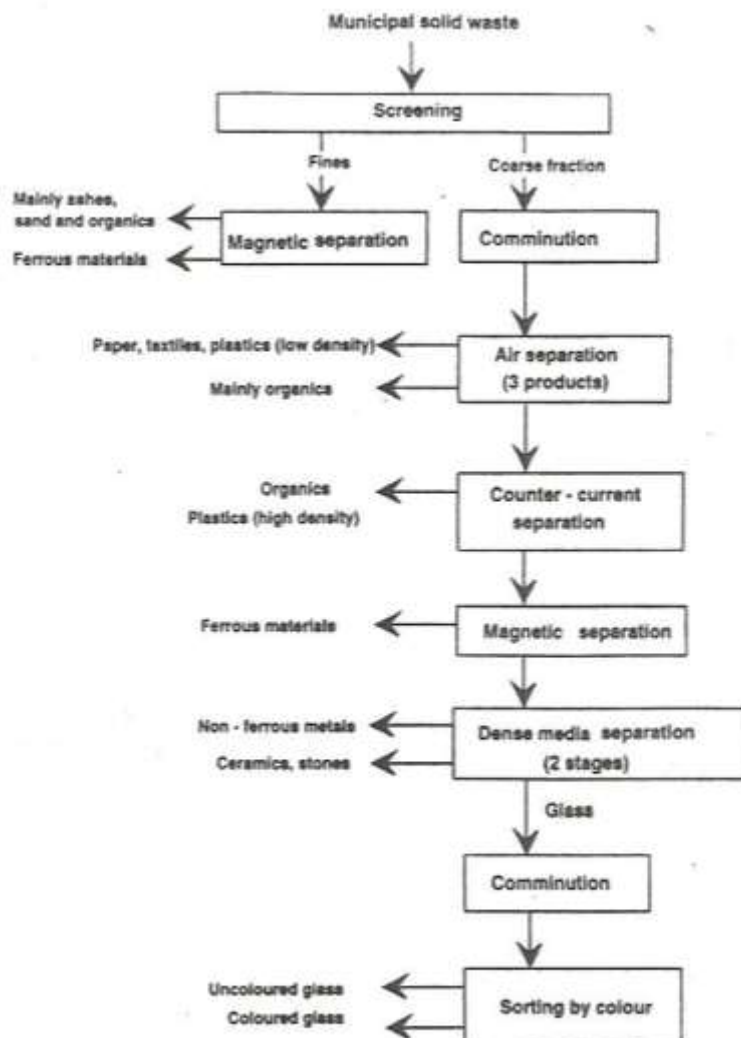


FIG 14 - The Aachen process for treating household refuse.

Perfil do lixo produzido nas grandes cidades brasileiras:

1. 39%: papel e papelão
2. 16%: metais ferrosos
3. 15%: vidro
4. 8%: rejeito
5. 7%: plástico filme
6. 2%: embalagens longa vida
7. 1%: alumínio

Fonte: ambiente brasil

□ <http://www.youtube.com/watch?v=VqXQOqa1XcM>

fonte: Hoberg, 1993

Reciclagem de carros

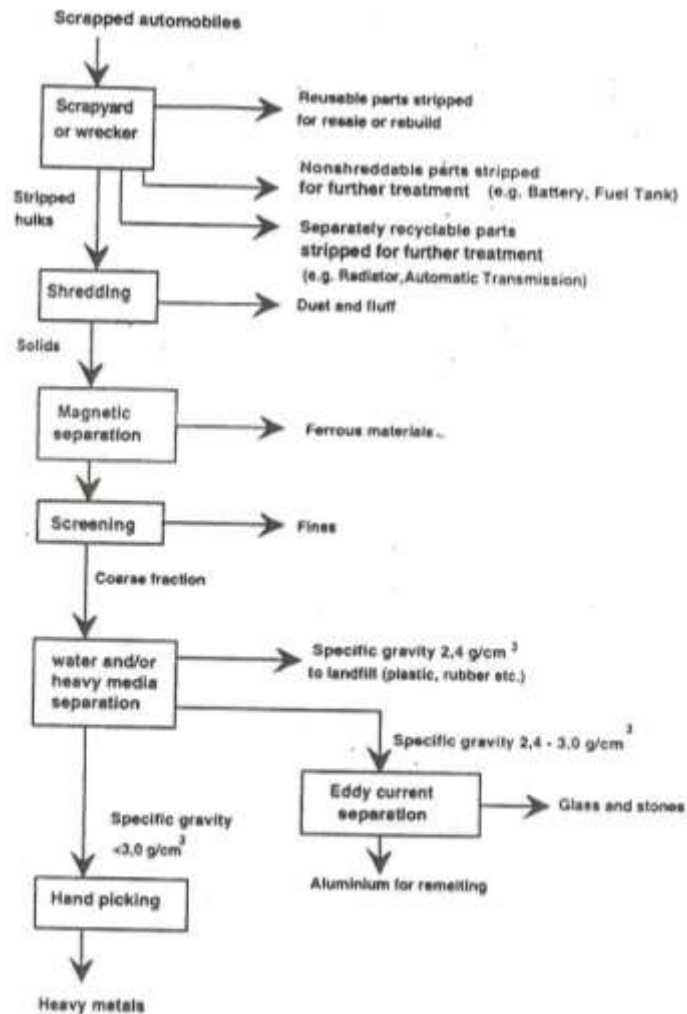
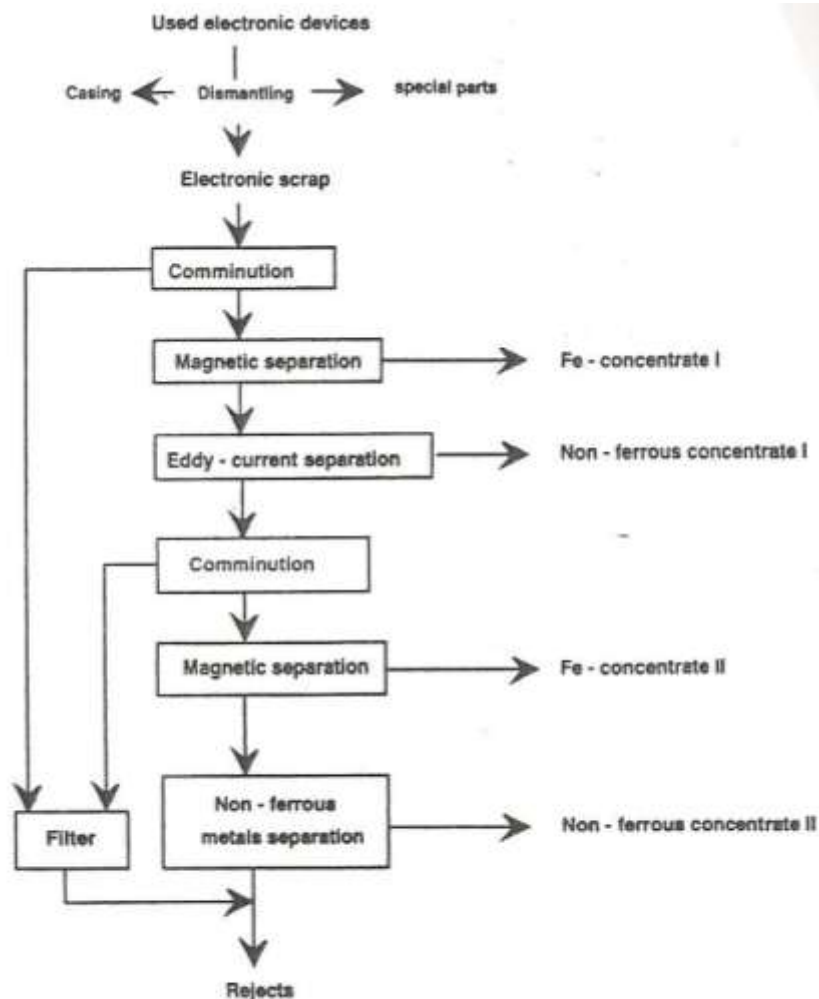


FIG 15 - The process of recycling of scrapped cars.

fonte: Hoberg, 1993

<http://www.youtube.com/watch?v=ipgpwwBB9G0>

Reciclagem de lixo eletrônico



fonte: Hoberg, 1993

FIG 17 - Simplified flowsheet of the process of electronic scrap recycling.

<http://www.youtube.com/watch?v=w5varrki7gc&feature=related>

Reciclagem de baterias

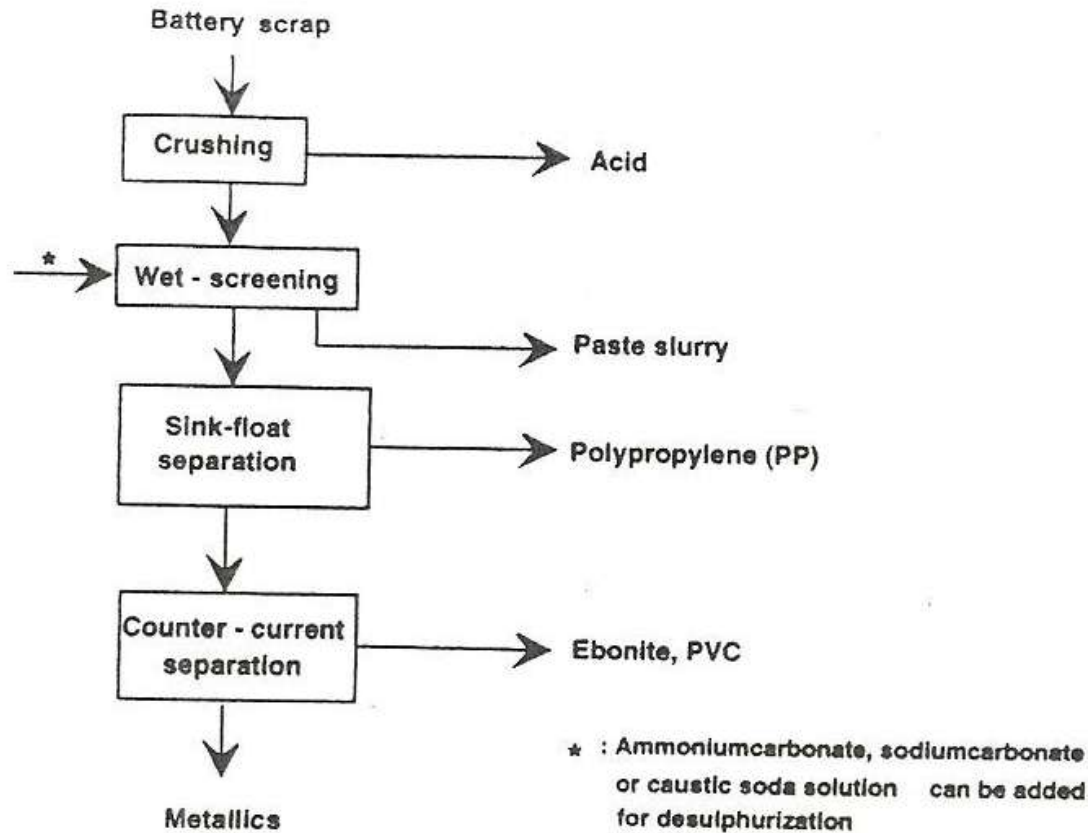
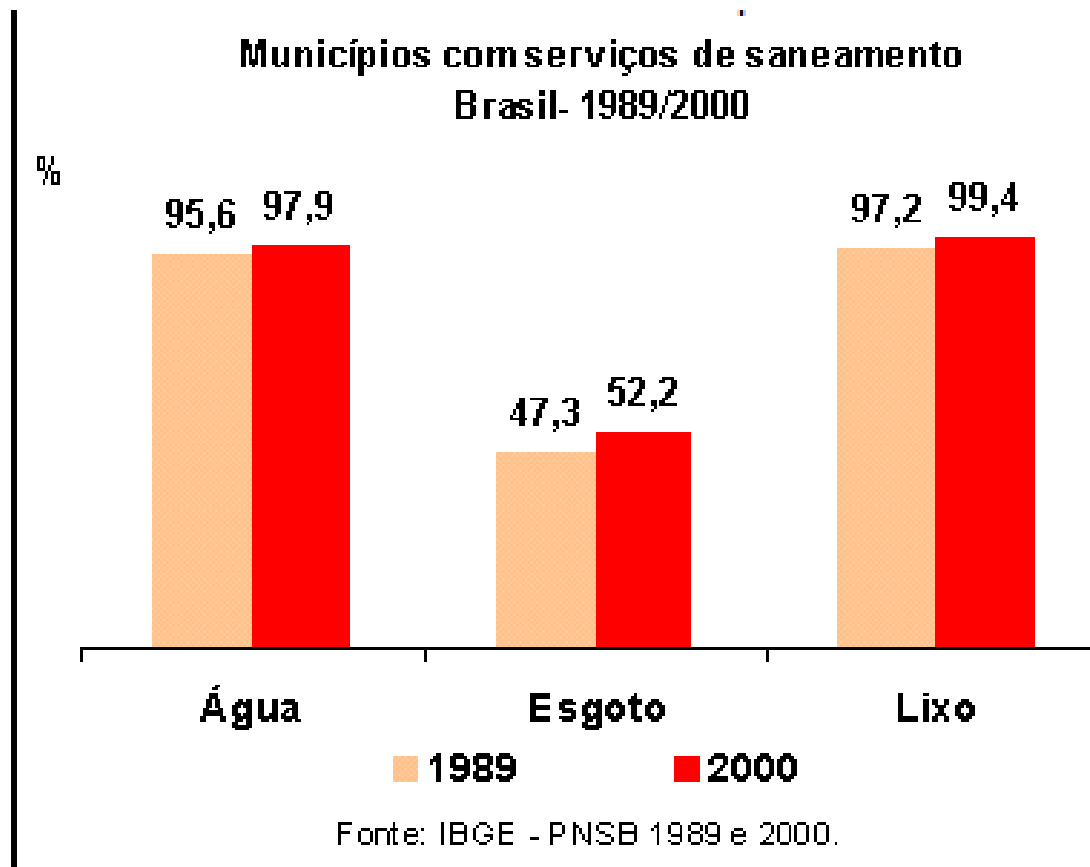


FIG 18 - Simplified flowsheet for recycling of battery scrap.

Tratamento de esgotos



<http://www.youtube.com/watch?v=UteJqfmnxZU>

Reciclagem de resíduos de construção civil

<http://vimeo.com/11091114>



Sugestões de leitura:

- WILS, B.A.; NAPIER-MUNN, T. **Wills's mineral processing technology**: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery, 2006.
- NAPIER-MUNN, T.J. et al. **Mineral comminution circuits**: their operation and optimization. Indoorroopilly: Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre/University of Queensland, 1999, 413 p. (JKMRC Monograph Series in Mining and Mineral Processing)
- Chaves, A. P. Teoria e prática do tratamento de minérios. Vol. 1. 2006.
- CHAVES, A.P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. Volume 3. 4 ed. São Paulo: Signus Editora, 2009.
- LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S.C.A. **Tratamento de minérios**. 5 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2010. p. 141 – 211.
- BERALDO, J. L. **Moagem de minérios em moinhos tubulares**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 1987.

Sugestões de leitura:

- ❑ VALADAO, G. E. S. **Introdução ao tratamento de minérios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- ❑ FUERSTENAU, M. C.; HAN, K. N. **Principles of mineral processing**. Littleton: SME, 2003.
- ❑ Gupta, A.; Yan, D.; **Mineral processing design and operation: an introduction**. Elsevier, 2006. 693 p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444516367>>
- ❑ KELLY, E. G.; SPOTTISWOOD, O.J. **Introduction to mineral processing**. 1982. 491 p.
- ❑ SME Mineral processing handbook
- ❑ Manual de britagem Metso
- ❑ Manuais e sites de fornecedores de equipamentos
- ❑ Belt conveyors for bulk material

Sugestões:

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros:
 - Periódicos:
 - <http://www.periodicos.capes.gov.br>
 - <http://www.engineeringvillage.com>
 - Associações:
 - <http://www.abmbrasil.com.br/>
 - <http://www.cim.org> – sem custos para estudantes!
 - <http://www.smenet.org/> link onemine
 - <http://www.ausimm.com.au/>
 - Sites de programas de pós graduação no Brasil e no mundo:
 - <http://www.teses.usp.br/>
 - <https://circle.ubc.ca/>

Sugestões:

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros:
 - Entidades governamentais:
 - www.cetem.gov.br
 - www.cprm.gov.br
 - www.dnpm.gov.br
 - Sebos:
 - www.estantevirtual.com.br
 - Outros:
 - <http://geologiausp.igc.usp.br/geologiausp/index.htm>
 - www.infomine.com
 - www.mining.com

Sugestões:

□ Congressos:

- Encontro nacional de tratamento de minérios: <http://www.entmme.org/>
- Comminution: <http://www.min-eng.com/comminution14/index.html>
- IMPC: <http://www.impc2014.org/2014/>
- Encontros de fornecedores: Metso, Molicop, ...

FONTES:

- WILS, B.A.; NAPIER-MUNN, T. **Wills's mineral processing technology**: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery, 2006.
- NAPIER-MUNN, T.J. et al. **Mineral comminution circuits**: their operation and optimization. Indoorroopilly: Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre/University of Queensland, 1999, 413 p. (JKMRC Monograph Series in Mining and Mineral Processing)
- Chaves, A. P. Teoria e prática do tratamento de minérios. Vol. 1. 2006.
- Imagens e vídeos obtidas no google
- Imagens do autor
- Hoberg, H. Applications of mineral processing in waste treatment and scrap recycling. XVIII IMPC. Sydney. 1993.