

# PMI3101 - INTRODUÇÃO À ENGENHARIA APLICADA À INDÚSTRIA MINERAL

## Aula de apresentação do módulo

São Paulo – 24 de abril de 2017

Professor Mauricio Guimarães Bergerman

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

## □ Professores:

- Prof. Wilson Siguemasa Iramina - [wilsiram@usp.br](mailto:wilsiram@usp.br) – Módulo de Lavra
- Prof. Eduardo Cesar Sansone - [esansone@usp.br](mailto:esansone@usp.br) – Módulo de Petróleo
- Prof. Maurício Bergerman – [mbergerman@usp.br](mailto:mbergerman@usp.br) – Módulo de Tratamento

## □ Objetivos:

- Apresentar os conceitos fundamentais da Indústria Mineral mostrando sua importância na resolução dos problemas relativos à Engenharia de Minas. Apresentar, também, noções básicas relativas à Engenharia de Petróleo.

# Aula de hoje



- Apresentação do curso;
- O que faz o engenheiro de minas;
- Tratamento de minérios.

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

## □ Programa:

- Conceituação e contextualização das atividades de extração mineral.
- Noções e conceitos básicos de mecânica de rochas.
- Métodos de lavra a céu aberto e subterrâneos
- Fundamentos de tratamento de minérios
- Integração das operações unitárias no processo de tratamento.
- Análise de desempenho de processos e circuitos.
- Operações unitárias dos processos de tratamento de minerais: cominuição, classificação e concentração de minerais por flotação, métodos densitários, magnéticos e eletrostáticos, operações auxiliares de desagramento de polpas e manuseio de sólidos.
- O Petróleo e a Indústria Mineral Brasileira
- Histórico da Indústria do Petróleo
- Economia do Petróleo
- Geologia do Petróleo
- Cadeia Produtiva do Petróleo

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

## □ Módulos:

### □ Tratamento de minérios:

- 24/04: Apresentação, O que faz o Engenheiro de Minas / Tratamento de Minérios
- 08/05: Conceitos básicos / exercícios: ler capítulo 1 do livro Teoria e Prática do Tratamento de Minérios vol. 1
- 15/05 e 22/05: operações unitárias e exercícios
- Prova: 29/05 – 13h10

### □ Lavra de minas

### □ Petróleo

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

## □ Avaliação

$$\square M = \frac{(M_1 + M_2 + M_3)}{3} + \sum NV$$

$$\square M_1 = \frac{(P_1 + E_1)}{2}$$

- Provas: semanas especificadas pelo biênio
- Questionários visitas (0,5 ponto na média final): **dia da prova do módulo**
- Listas de exercícios (50% da nota do módulo): **dia da prova do módulo**
- Participação nas palestras da Apemi ou outro evento da área: 0,5 ponto na média do módulo até o limite de 3 participações

Obs.: Os questionários e a lista de exercícios devem ser feitos a mão.

Monitoria – Rafael Alves [rafael.jowfelipe@gmail.com](mailto:rafael.jowfelipe@gmail.com) (PAE) e Flavia Rosa [flavia.rosa@usp.br](mailto:flavia.rosa@usp.br)

Site: <http://disciplinas.stoa.usp.br/>

# APRESENTAÇÃO DO CURSO

DATA	TEMA	PALESTRANTE
02/maio/2017	Licenciamento Ambiental na Mineração – Problemas e Soluções	Dr. Geraldo do Amaral Filho - CETESB
06/junho/2017	Agregados Reciclados	Dr. Hewerton Bartoli - ABRECON
03/julho/2017	Inovação Tecnológica na Mineração	Prof.Dr. Arthur Pinto Chaves - EPUSP

**RESERVE ESTAS DATAS**

**Horário:** 19:00 horas.

**Local:** Auditório do Departamento de Engenharia de Minas da E.P.U.S.P.

# Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros (além da biblioteca da USP):
  - Periódicos:
    - <http://www.periodicos.capes.gov.br>
    - <http://www.engineeringvillage.com>
  - Associações:
    - <http://www.abmbrasil.com.br/>
    - [www.apemi.eng.br](http://www.apemi.eng.br) – reuniões no prédio do PMI!
    - <http://www.cim.org>
    - <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/>



# Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros (além da biblioteca da USP):
  - Revistas:
    - Brasil Mineral
    - In the Mine
    - Minerios & Minerales
    - Mineração & Sustentabilidade
    - Areia e Brita
  - Eventos:
    - Congresso brasileiro de mineração - <http://www.exposibram.org.br/>
    - Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa – [www.entmme.org](http://www.entmme.org)
    - Congresso da ABM – [www.abmbrasil.com.br](http://www.abmbrasil.com.br)
    - Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos

# Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros:
  - Entidades governamentais:
    - [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)
    - [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)
    - [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)
  - Sebos:
    - [www.estantevirtual.com.br](http://www.estantevirtual.com.br)
  - Outros:
    - <http://geologiausp.igc.usp.br/geologiausp/index.htm>
    - [www.infomine.com](http://www.infomine.com)
    - [www.noticiasdemineracao.com](http://www.noticiasdemineracao.com)
    - [www.mining.com](http://www.mining.com)
    - [www.sejaumengenheirodeminas.weebly.com](http://www.sejaumengenheirodeminas.weebly.com)
    - [www.academia.edu](http://www.academia.edu)
    - [www.mendeley.com](http://www.mendeley.com)

# Sugestões de bibliografia:

- HARTMAN, H., Introductory Mining Engineering, 1987, NY, John Wiley.
- CHAVES, A. P. (Org.). **Teoria e prática do tratamento de minérios**: v. 1 a 6
- KELLY, E. G.; SPOTTISWOOD, O.J. **Introduction to mineral processing**. 1982. 491 p.
- LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, C.A. Tratamento de Minérios. CETEM/MCT, 2010. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/biblioteca/publicacoes/livros>>.
- SAMPAIO, C.H; TAVARES, L.M.M. Beneficiamento Gravimétrico. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- GUPTA, A.; YAN, D.; **Mineral processing design and operation: an introduction**. Elsevier, 2006. 693 p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444516367>>
- **Mineral Processing Technology** – Barry Wills e Tim Nappier-Munn
- **SME Mineral processing handbook**
- **Manual de britagem Metso**

# Sites interessantes – vídeos de processos industriais

- <http://www.tizir.co.uk/projects-operations/grande-cote-mineral-sands/>
- <http://www.ilukavirtualminesitetour.com/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=7foK-wVNSMw&feature=youtu.be>
- <https://www.youtube.com/watch?v=2ERb87Zphhc&feature=youtu.be>
- <https://www.youtube.com/watch?v=VAiCiFD-Rjg&feature=youtu.be>

O que faz o engenheiro de minas

# Algumas perguntas...

15

- O que é mineração?
- Qual a importância do setor mineral para a sociedade?
- Quais os principais impactos ambientais e sociais?
- Existem alternativas?

# SUA CASA VEM DA MINERAÇÃO



Fonte: BODOLINI, 1993

Elemento	Substância Mineral	Elemento	Substância Mineral
1 - Tijolo	Areia - calcário (cimento) - argila vermelha	14 - Contra - piso	Areia - brita - calcário (cimento)
2 - Fiação	Cobre - petróleo (plástico)	15 - Pia	Mármore ou níquel - cromo - ferro (aço inox)
3 - Lâmpara	Quartzo (vidro) - tungstênio (filamento)	16 - Botijão de gás/ fogão	Gás natural - petróleo - ferro
4 - Fundações	Areia - brita - cimento	17 - Encanamento	Ferro - chumbo - petróleo (PVC)
5 - Tanque	Petróleo (plástico) - calcário (cimento) - areia - brita	18 - Laje	Ferro - brita - areia - calcário - (cimento)
6 - Vidro	Quartzo - feldspato	19 - Ferro	Gipsita (gesso)
7 - Louça sanitária	Argila - caulim -	20 - Armação - fundação	Ferro (hematita)
8 - Azulejo	Argila - caulim - feldspato - diatomita	21 - Esquadrim (janelas)	Alumínio (bauxita)
9 - Piso (banh.)	Granito, mármore ou argila (lajota ou ladrilho)	22 - Piso	Argila - ardósia
10 - Isolante parede	Areia - feldspato (lã de vidro)	23 - Calha	Cobre - zinco - petróleo (PVC)
11 - Pintura (tinta)	Pigmentos do titânio (iluminação)	24 - Telhado	Argila (telha) - betume e calcário - cimento
12 - Caixa d' água	Amianto (crisólita) cimento	25 - Estrutura (pilastra)	Areia - calcário (cimento)
13 - Impermeabilizante	Betume (xistos betuminosos)		









Serra Pelada garimpo. The largest South American gold rush. Bernadelli (1983)



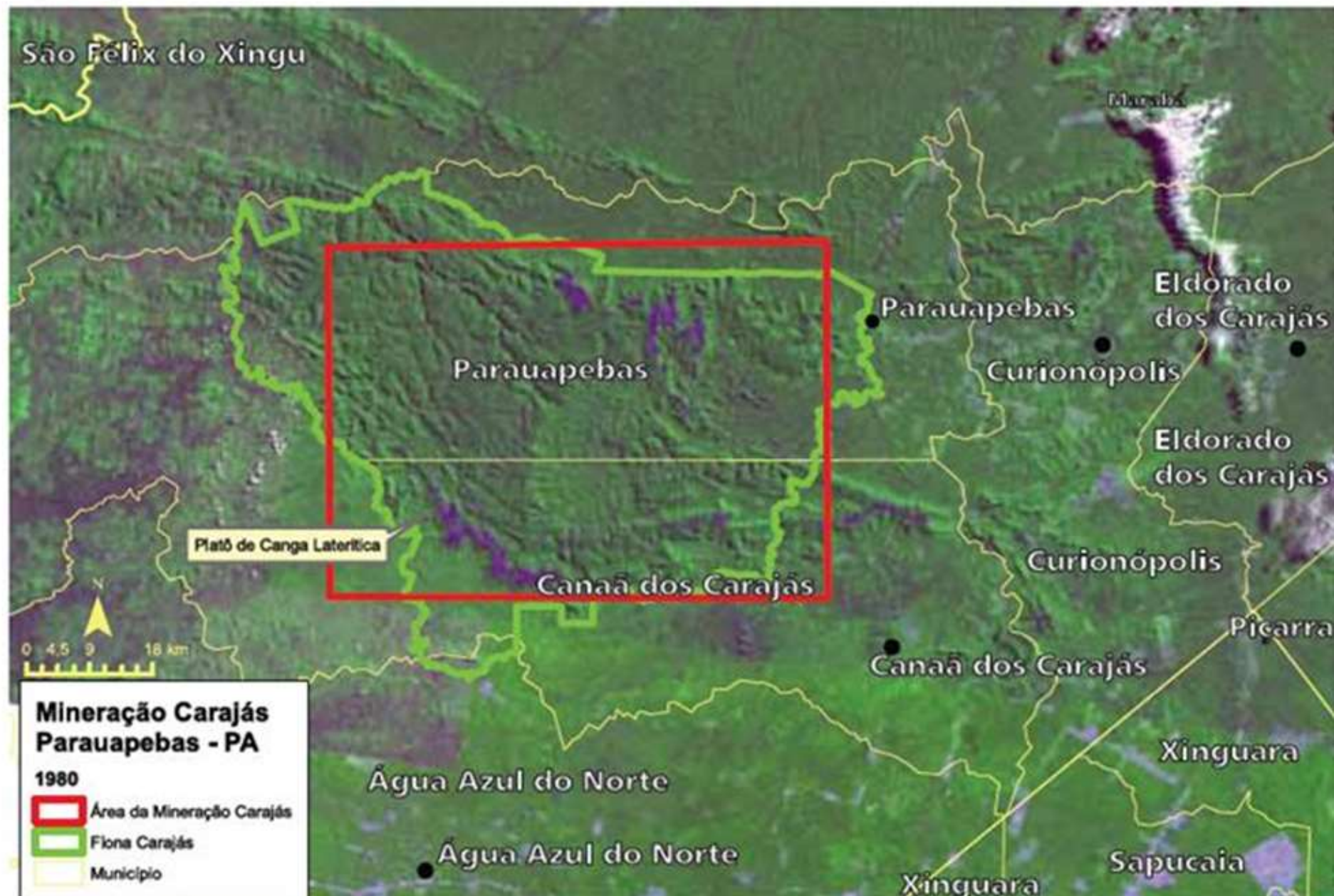


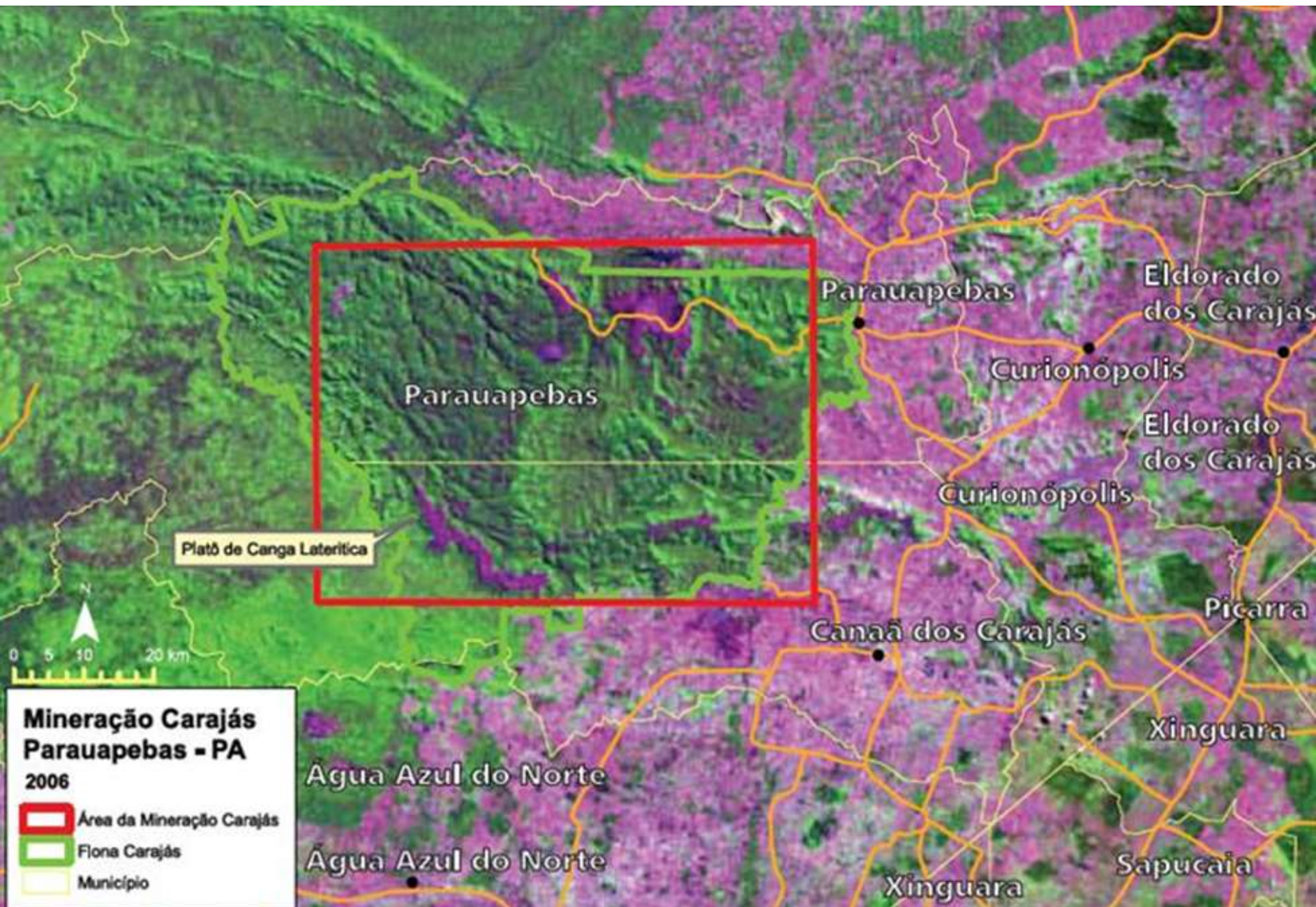


Área recuperada após a exaustão de uma das minas em Campo Alegre – SC.



# Flona Carajás – mineração de ferro







# Curiosidades



A maior mina de cobre a céu aberto do mundo. A escavação foi iniciada em 1882 e hoje atingi dimensões de 6 quilômetros de comprimento, 4 de largura e uma profundidade de 850 metros.

# Curiosidades



O “fora de estrada” Caterpillar série 797F é considerado o maior caminhão do mundo, com a maior capacidade de carga, podendo carregar até 400 toneladas.



# Curiosidades



A maior escavadeira do mundo, foi contruída pela companhia alemã Krupp para operar em minas de carvão.





- Mede 95 metros de altura
- Tem 215 metros de comprimento (2,5 campos de futebol).
- Pesa 45.500 toneladas
- Custou 100 milhões de dólares, levou cinco anos para ser planejada e manufaturada, e mais cinco anos para ser montada.
- Requer somente cinco pessoas para operá-la.
- Sua velocidade máxima é de 10 metros por minuto.
- Tem capacidade para remover 76.455 metros cúbicos de material por dia.





Caterpillar dozer  
taken up  
by bucket wheel



# Curiosidades

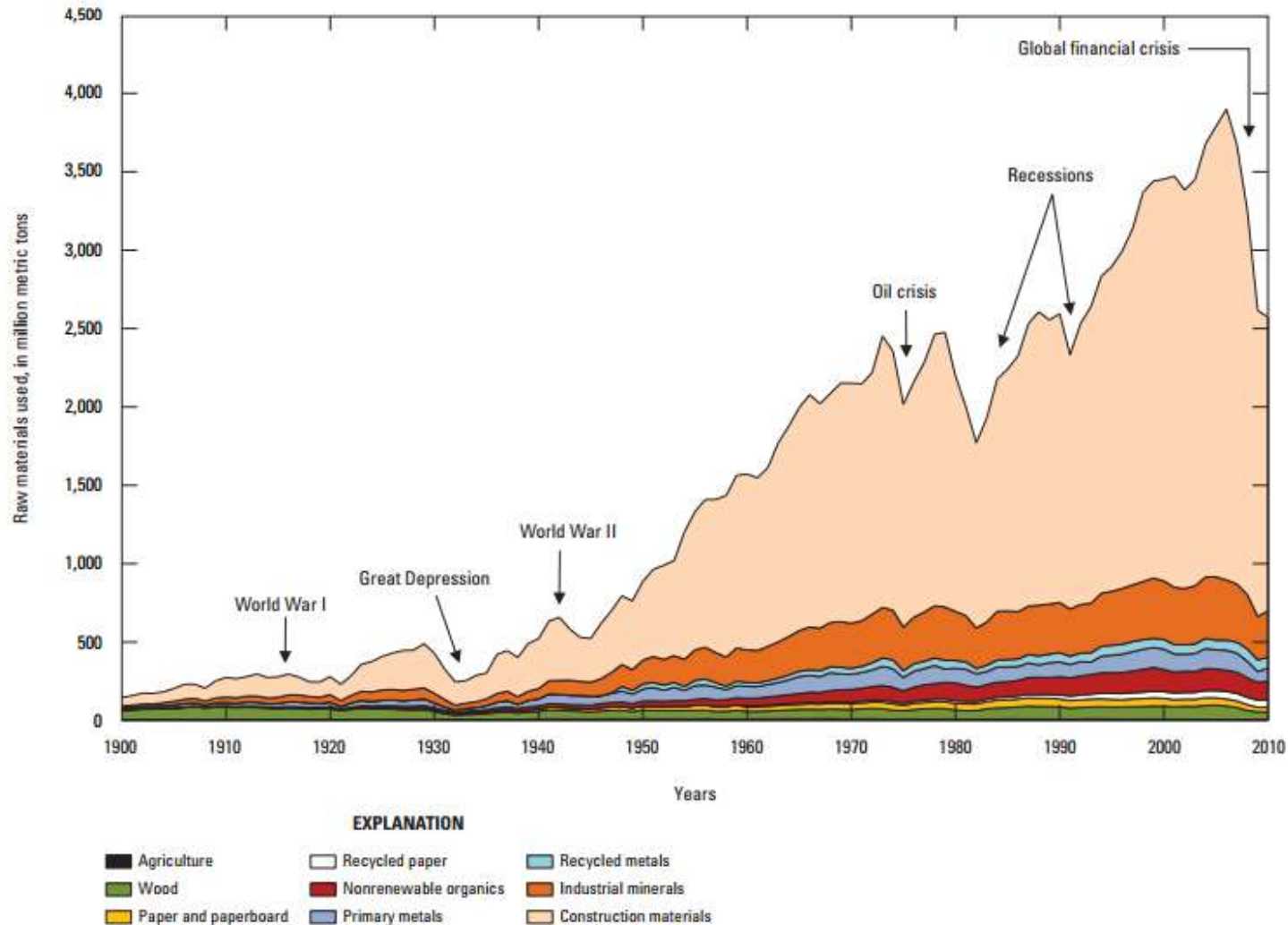
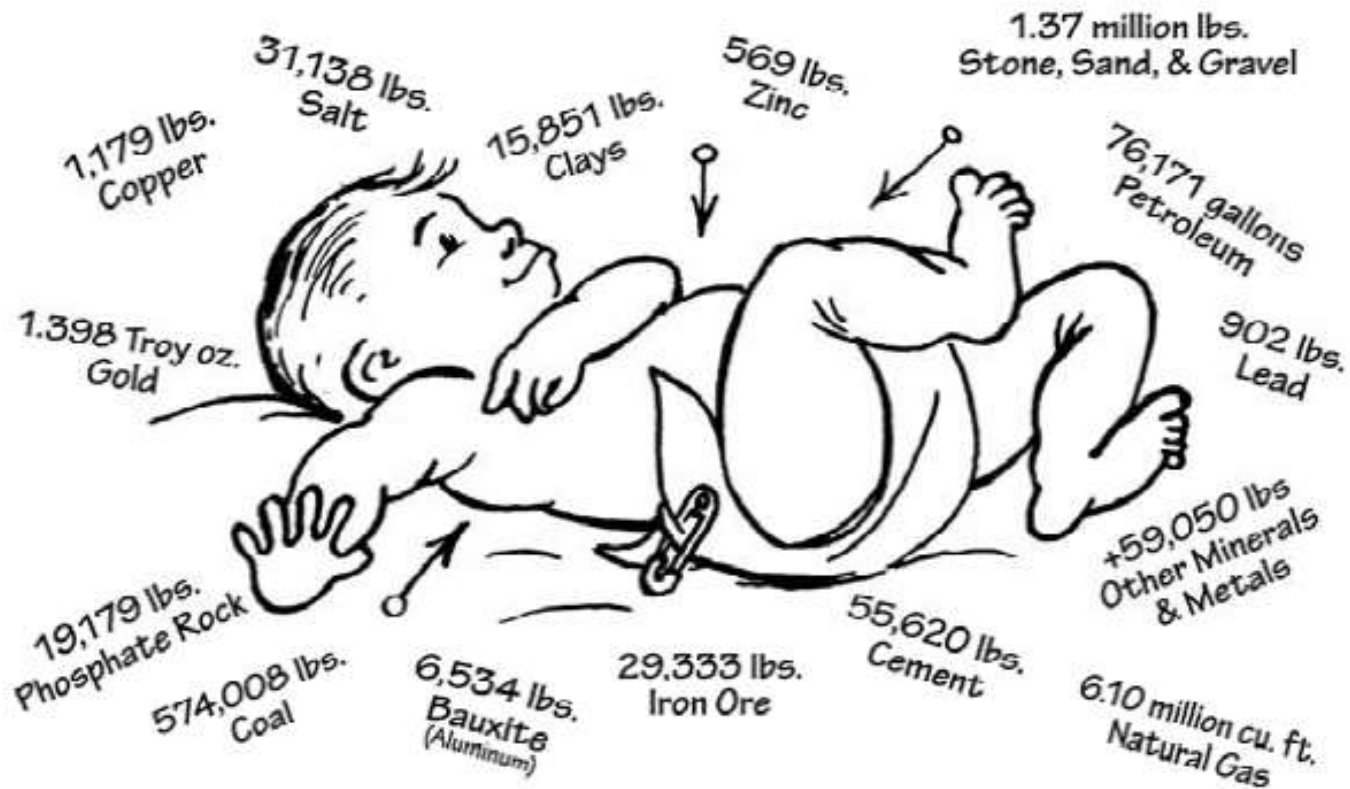


Figure 2. U.S. raw materials put into use annually from 1900 through 2010. Materials embedded in imported goods are not included. [In million metric tons]

# Curiosidades

## Every American Born Will Need...



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

# O que faz o engenheiro de minas?

- A sociedade precisa de recursos minerais para manter seu padrão de vida.
- O **engenheiro de minas** é o profissional responsável por suprir a sociedade com os bens minerais necessários para a manutenção de nossa qualidade de vida.

# Etapas da mineração



1. Mina (Lavra)  
Reservas lavráveis  
245,1 milhões t ROM  
0,98 % Cu e 0,28 g/t Au  
Vida útil 17 anos



5. Exportação do Concentrado, via Porto de São Luís



2. Britagem

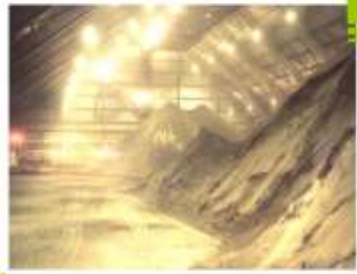


Estrada de Ferro Carajás  
890 Km



Transportador Correia

4. Recebimento e Embarque do Concentrado (Parauapebas)



3. Concentrador  
467 mil t/a de Concentrado de Cu a 30% e 6 g/t Au



Rodovia Sossego  
Parauapebas - 85 km

# O que o engenheiro de minas faz?

- Pesquisa mineral;
- Estudo de projetos de novas minas e projetos;
- Modelamento geológico e planejamento da lavra;
- Desmonte de rochas;
- Execução da lavra;
- Obras de engenharia (taludes, barragens);
- Beneficiamento do minério;
- Disposição dos estéreis e rejeitos;
- Controle e recuperação ambiental;
- Controle de saúde ocupacional;
- Economia mineral;
- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).

# O que o engenheiro de minas faz?

- Pesquisa mineral;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Estudo de projetos de novas minas e projetos;

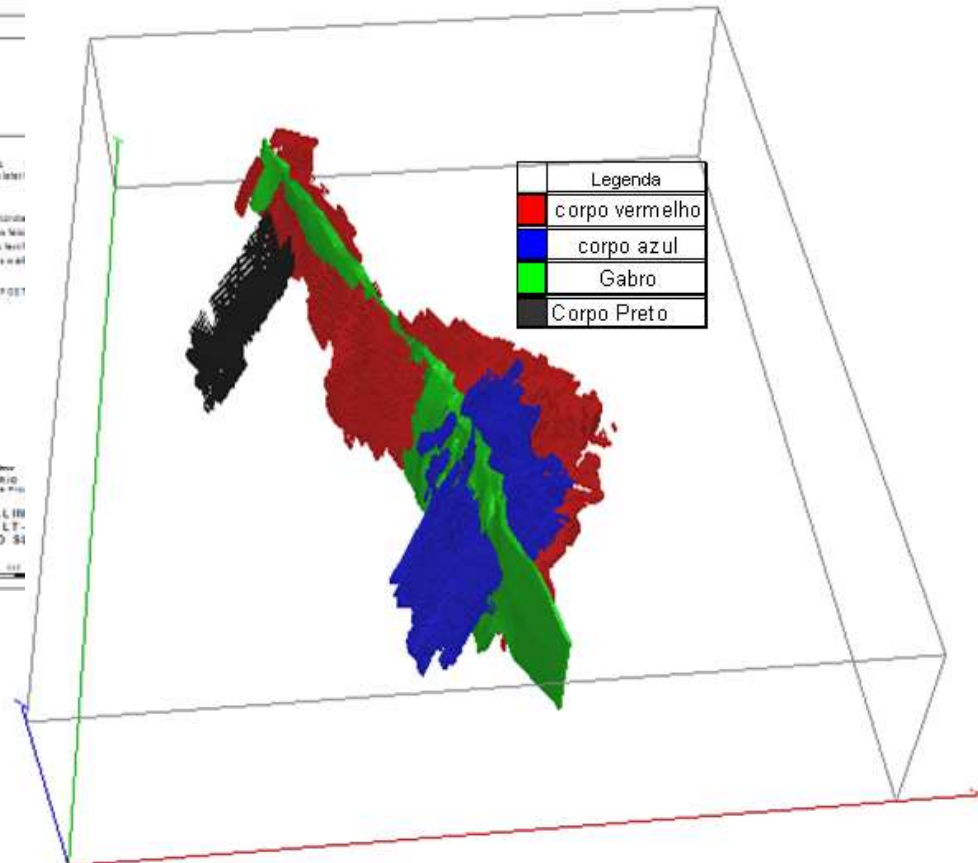
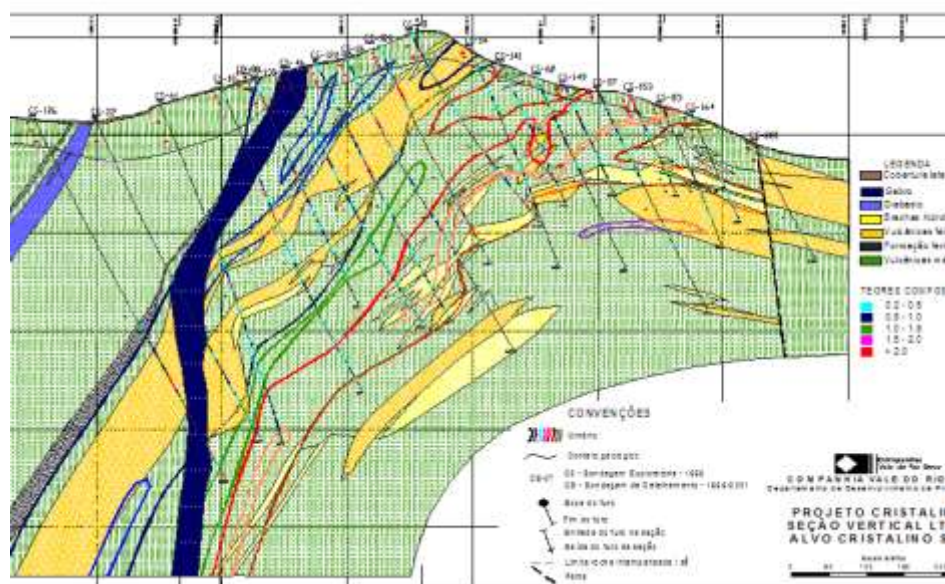






# O que o engenheiro de minas faz?

- Modelamento geológico e planejamento da lavra;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Modelamento geológico e planejamento da lavra;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Desmonte de rochas;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Desmonte de rochas;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Lavra de Rocha Ornamental;





# O que o engenheiro de minas faz?

- Lavra de Rocha Ornamental;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Obras de engenharia (taludes);



# O que o engenheiro de minas faz?

- Obras de engenharia (barragens);



# O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;



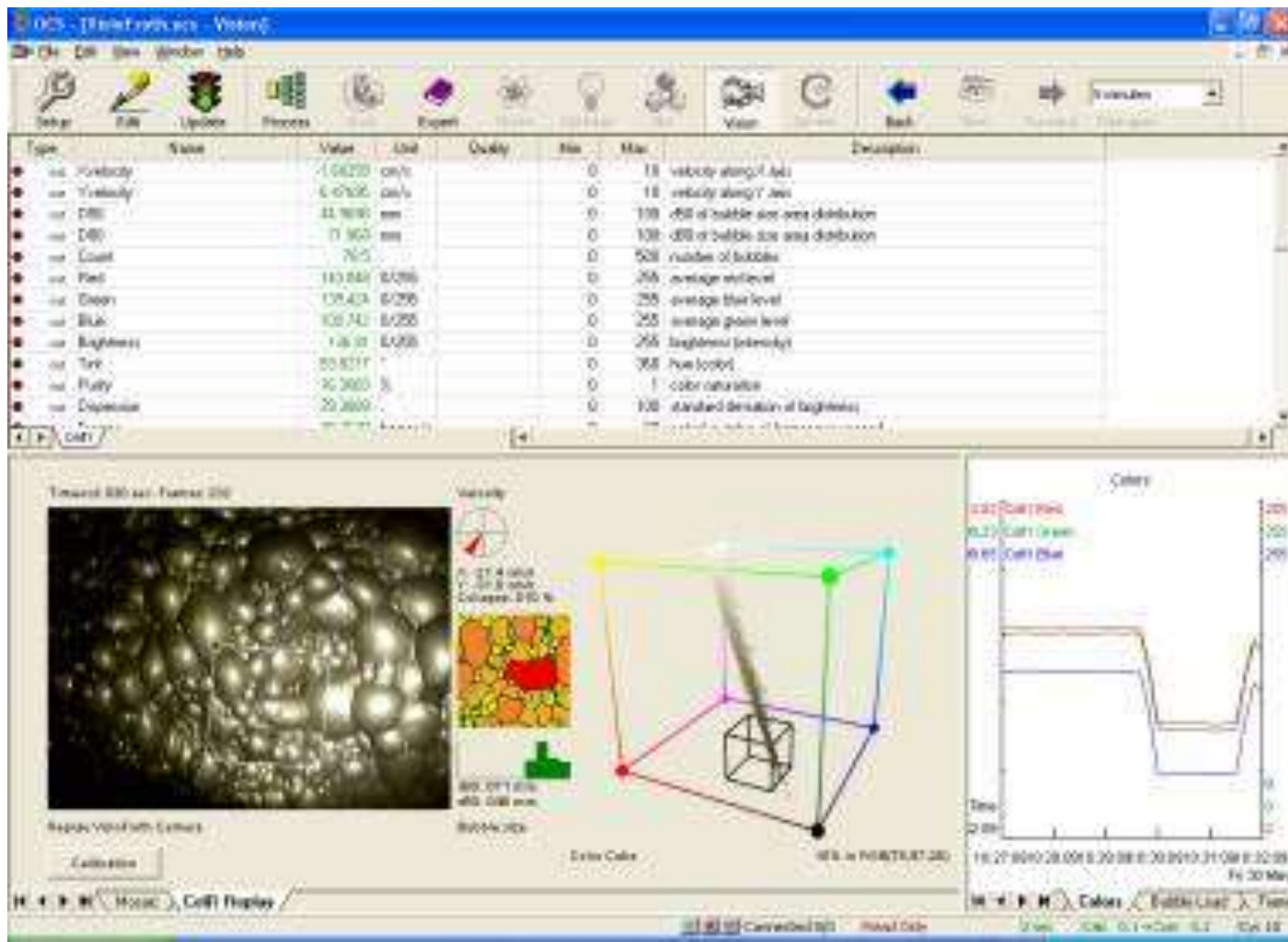
# O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;





# O que o engenheiro de minas faz?

- Disposição dos estéreis e rejeitos;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;





# O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;



# O que o engenheiro de minas faz?

- Controle de saúde ocupacional;



# O que o engenheiro de minas faz?

□ Economia mineral;

## Entradas

- Lucro Líquido	17.273,63	27.583,69	22.990,00	8.542,38	7.255,09
- Depreciações Totais	879,00	994,00	1.224,00	1.454,00	2.597,00
- Exaustão Mineral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Compensação de Prejuízos Anteriores					
- Recuperação Valor Residual					

<b>Total de Entradas</b>	<b>18.152,63</b>	<b>28.577,69</b>	<b>24.214,00</b>	<b>9.996,38</b>	<b>9.852,09</b>
--------------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

## Saídas

- Investimentos	-10.500,00	-17.640,00	-13.860,00		
- Investimentos/Reinvestimentos	-1.150,00	-2.300,00	-2.300,00	-2.300,00	-1.150,00
- Manutenção das Atividades	0,00	0,00	0,00	-8.000,00	0,00
- Desenvolvimento da Mina subt.					
- Capital de Giro	-13.145,40				

<b>Total de Saídas</b>	<b>-24.795,40</b>	<b>-19.940,00</b>	<b>-16.160,00</b>	<b>-10.300,00</b>	<b>-1.150,00</b>
------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------

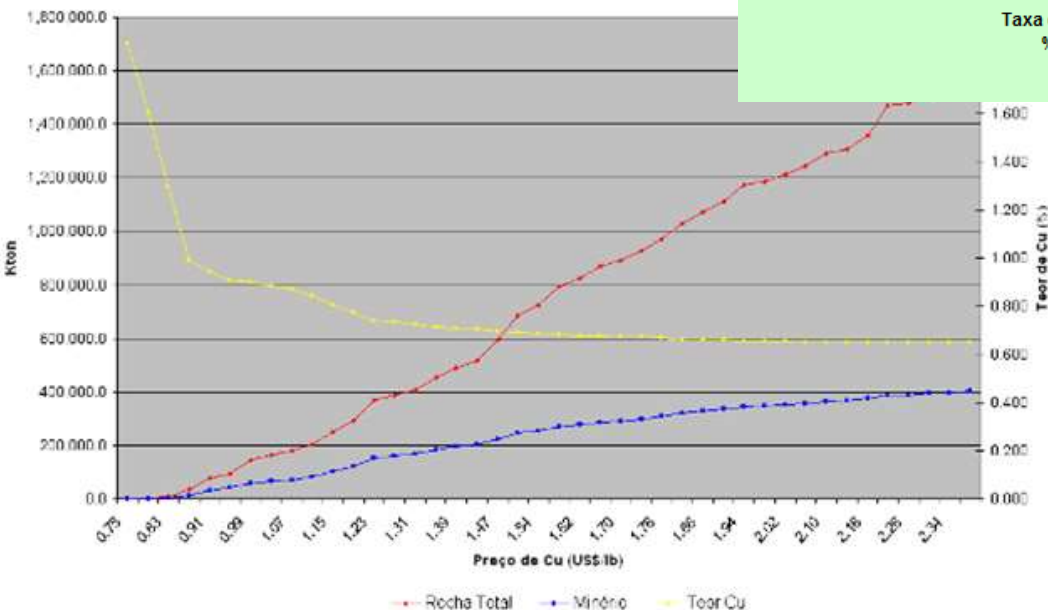
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-6.642,77</b>	<b>8.637,69</b>	<b>8.054,00</b>	<b>-303,62</b>	<b>8.702,09</b>
-----------------------	------------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------

<b>Fluxo de Caixa Acumulado</b>	<b>-6.642,77</b>	<b>1.994,92</b>	<b>10.048,91</b>	<b>9.745,29</b>	<b>18.447,38</b>
---------------------------------	------------------	-----------------	------------------	-----------------	------------------

Taxa de Desconto  
% ao ano  
10,41

Valor Presente do Fluxo de Caixa  
= R\$ 35.539,91  
TIR = 100%

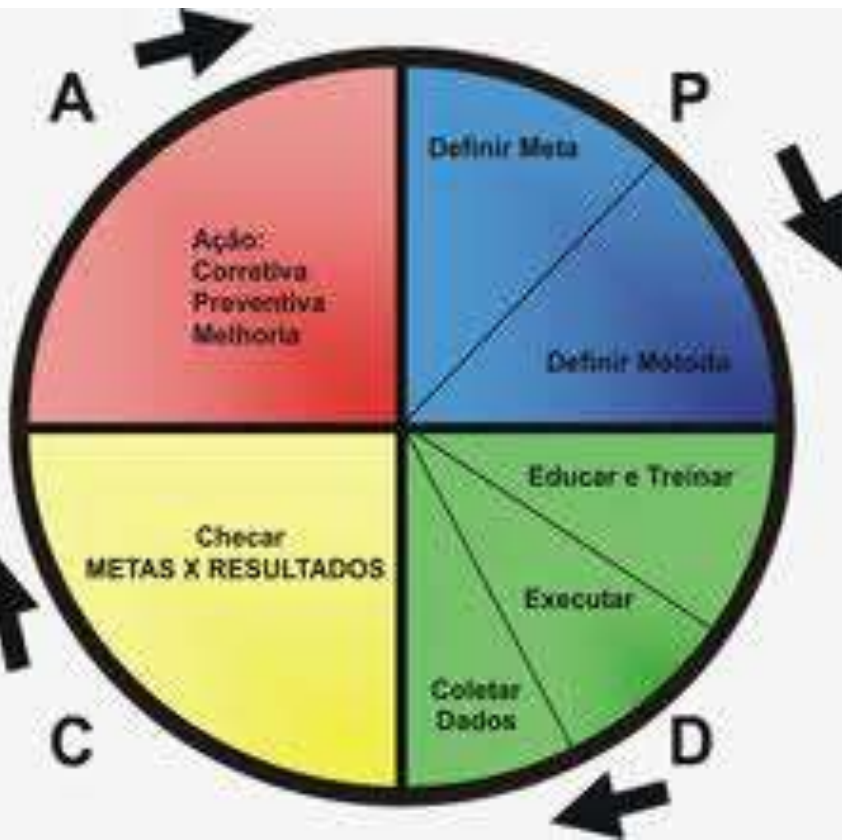
Projeto Cristalino: Sequência Whit  
Rocha Total - Minério - Teor de Cu





# O que o engenheiro de minas faz?

- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).



# O que o engenheiro de minas faz?

- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).



# O que o engenheiro de minas faz?

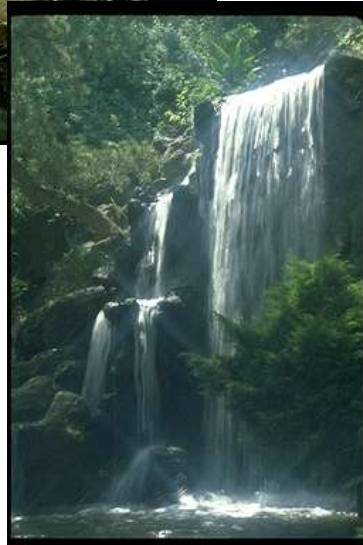
- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).



# Qual é o desafio?



- **mudar padrões de projeto, produção, uso e descarte**
- **compatibilizar uso e proteção do recurso natural**
- **buscar qualidade de vida com qualidade ambiental**



**O Grande Papel de uma nova  
Engenharia:**

**Pensar, projetar e executar com novos  
critérios...**

# O que se busca hoje?

- **Abordagem preventiva**
- **Tecnologia mais limpa**
- **Responsabilidade socioambiental**
  - **Conformidade legal**
  - **Conformidade normativa (voluntária)**
  - **Ecoeficiência**
    - **Redução de consumo de recursos naturais (matéria e energia)**
    - **Redução de lançamento de poluentes**
    - **Reciclagem e Reúso**

# Tratamento de Minérios

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

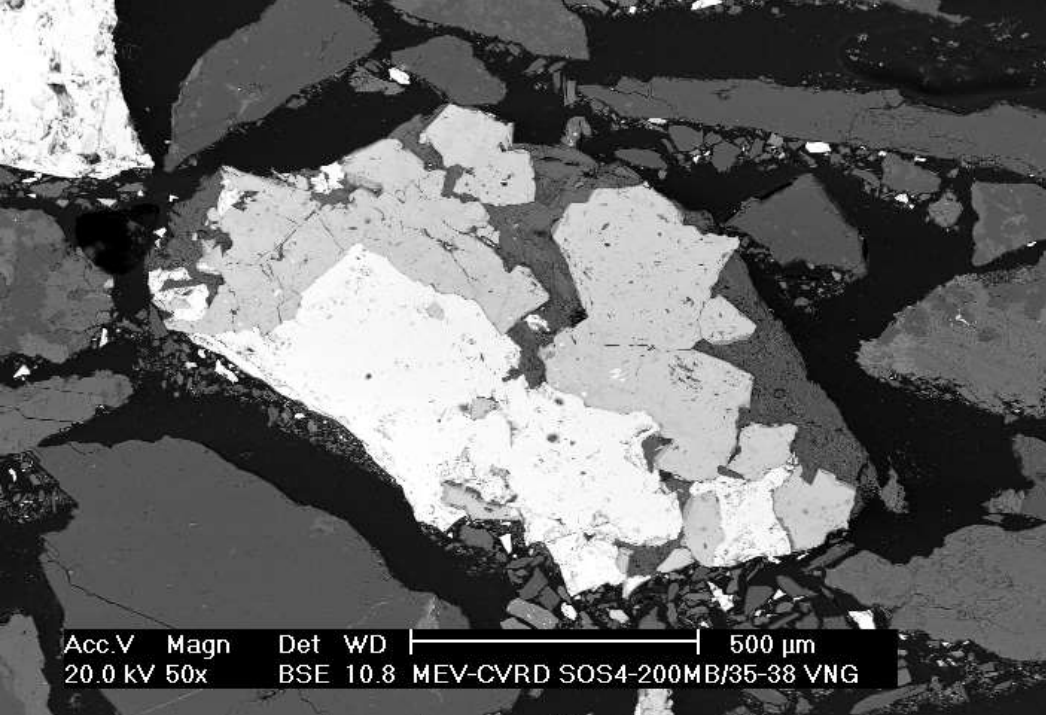
# CONCENTRAÇÃO: Propriedades relevantes

- Concentração densitária:
  - ▣ Densidade relativa.
- Flotação:
  - ▣ Físico-química de superfície.
- Separação magnética:
  - ▣ Susceptibilidade magnética.
- Separação eletrostática:
  - ▣ Condutibilidade elétrica / temperatura.
- Ore sorting:
  - ▣ Diversas propriedades das partículas: brilho, cor, radiação, magnetismo, química, etc.
- Todos: granulometria!



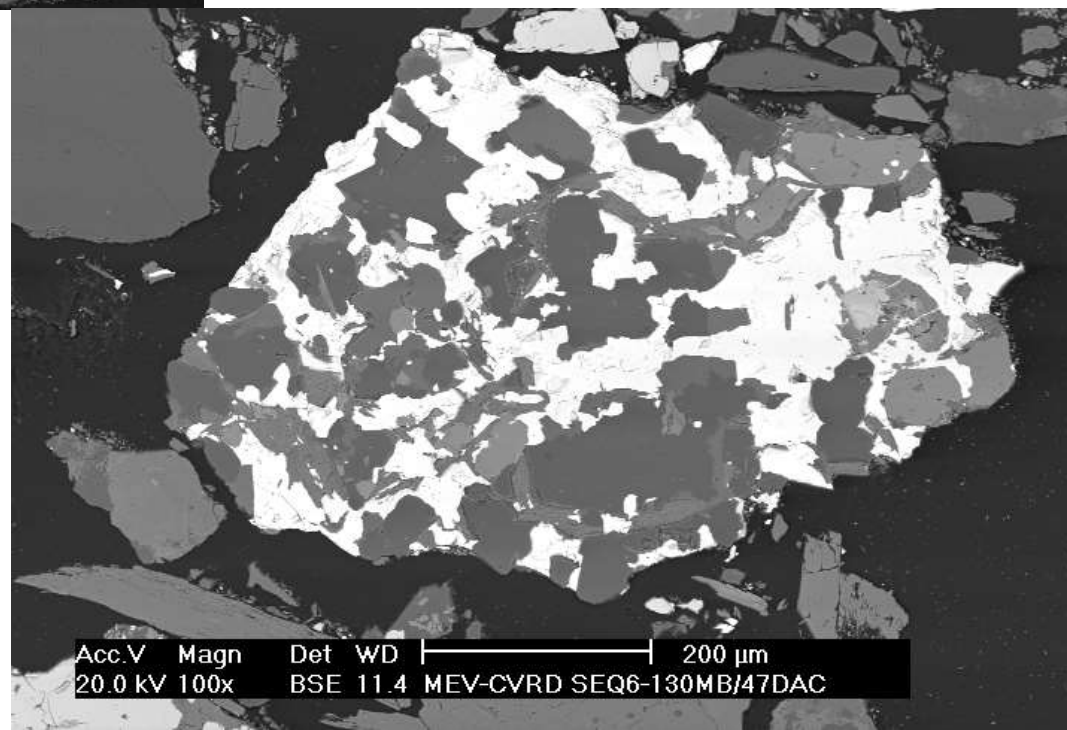
# Porque separar partículas sólidas?



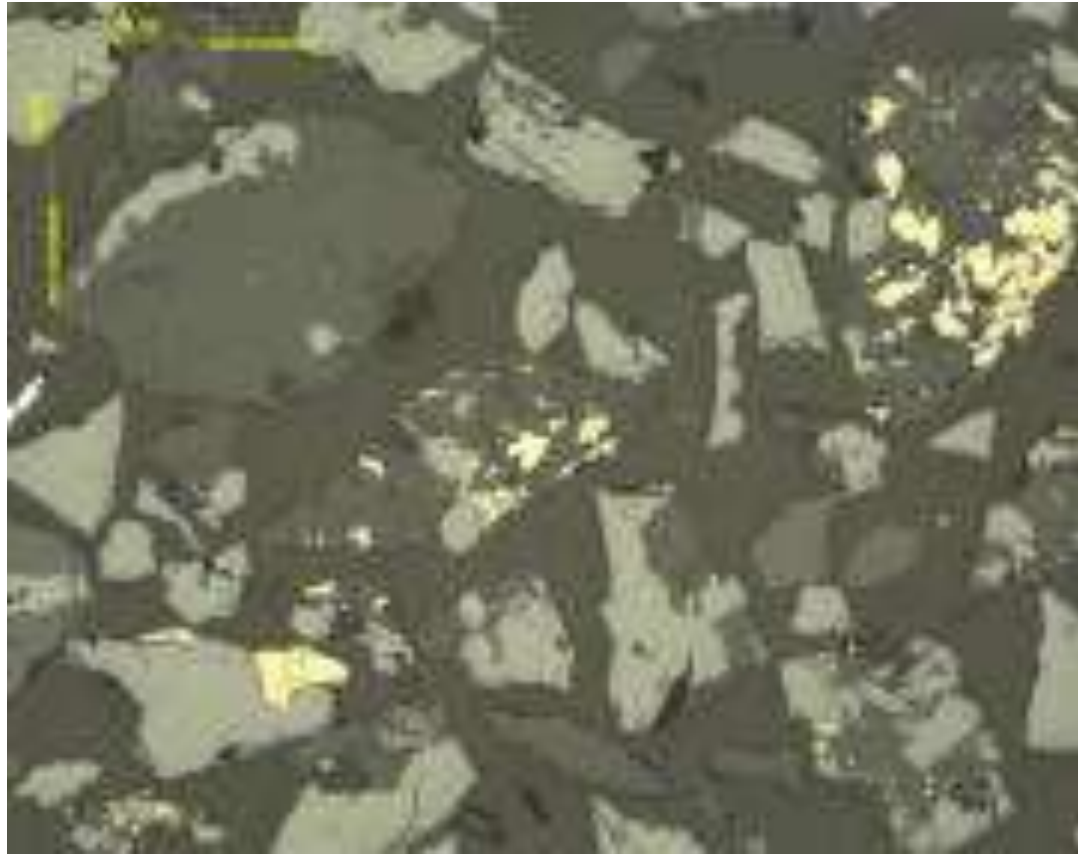


Sossego

Sequeirinho



# Porque separar?



Salobo

# Porque separar?



# Exemplos de fluxogramas – níquel sulfetado



Vídeo *Mirabela*

# Aplicações:

- Concentração de minérios;
- Separação de rejeitos industriais;
- Tratamento de água;
- Separação de resíduos domésticos;
- Separação de resíduos de construção civil;
- Descontaminação de solos;
- Reciclagem de pneus;
- Reciclagem de baterias;
- Etc...

# 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:

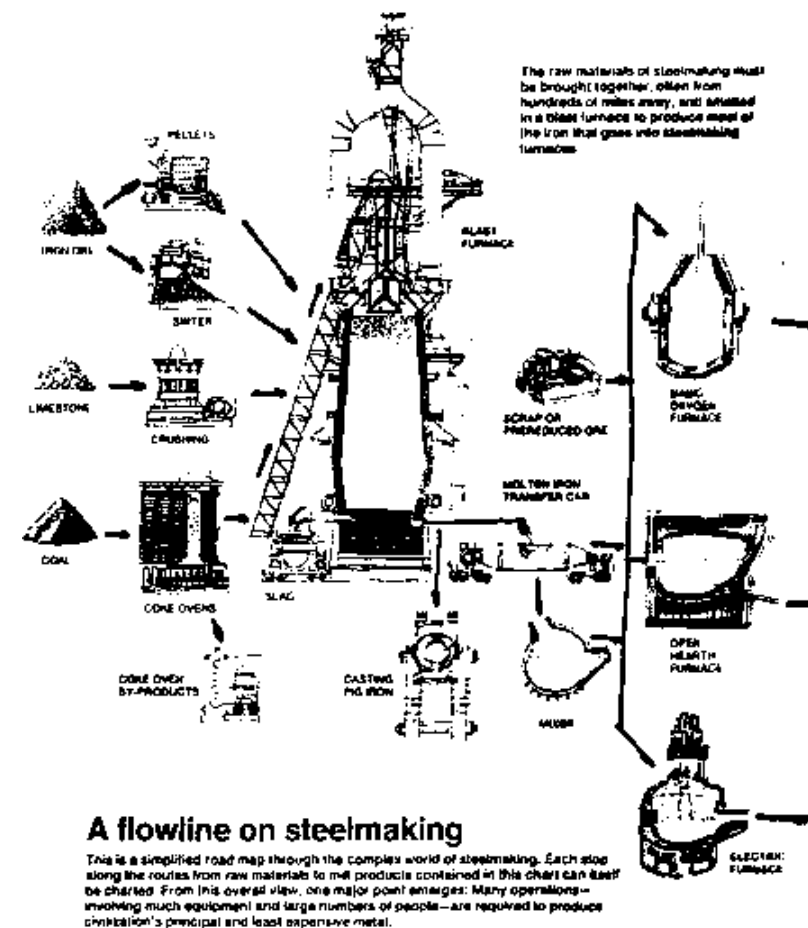
- produção barata
- abundância de oferta
- concentração fácil = concentrados de alto teor

# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

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

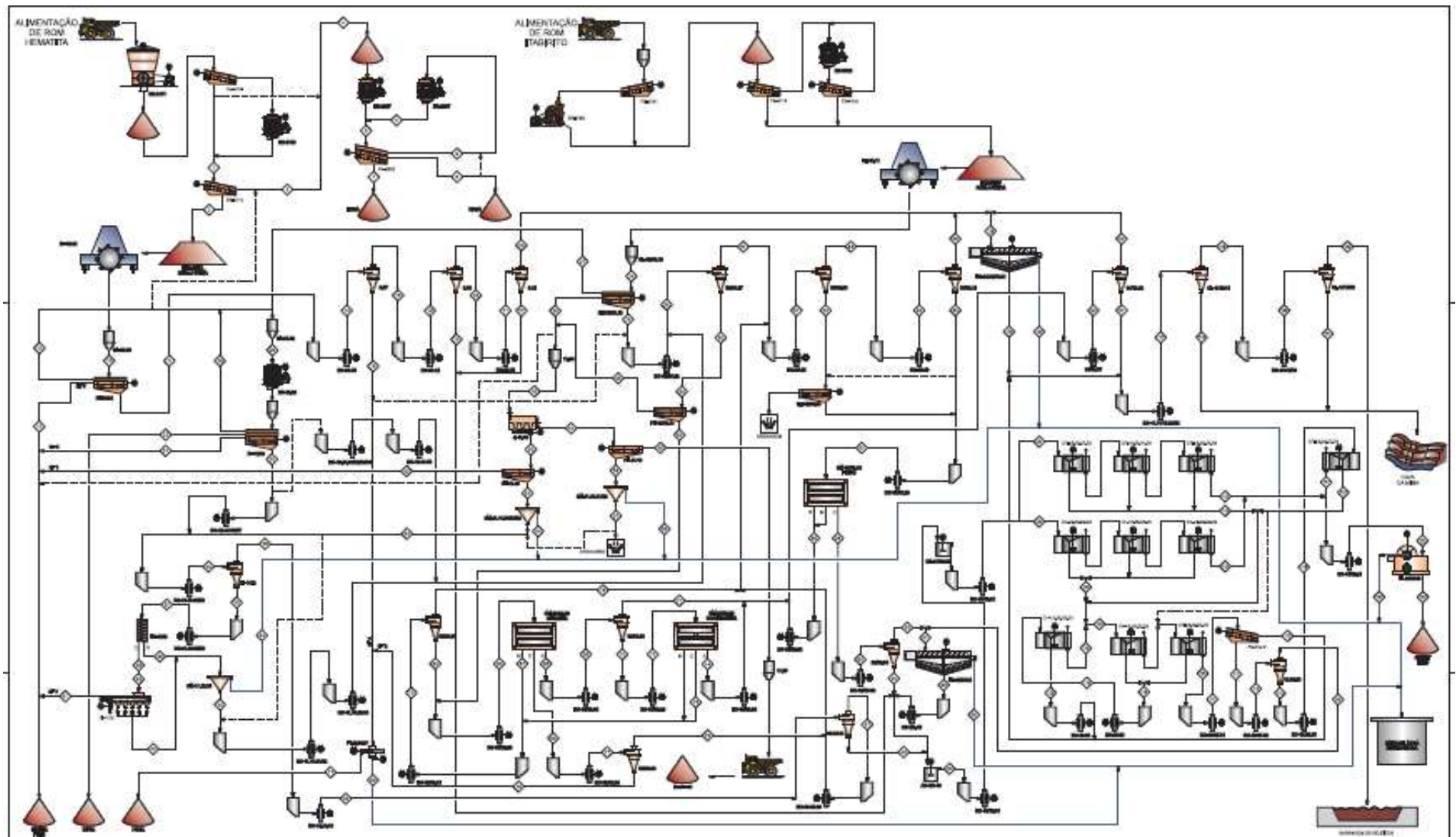
o minério de ferro para redução em alto-forno precisa ser:

- grosso (ou aglomerado),
- isento de finos,
- ter teor de Fe elevado,
- ter teor de  $\text{SiO}_2$  baixo,
- não ter contaminantes (P, S)

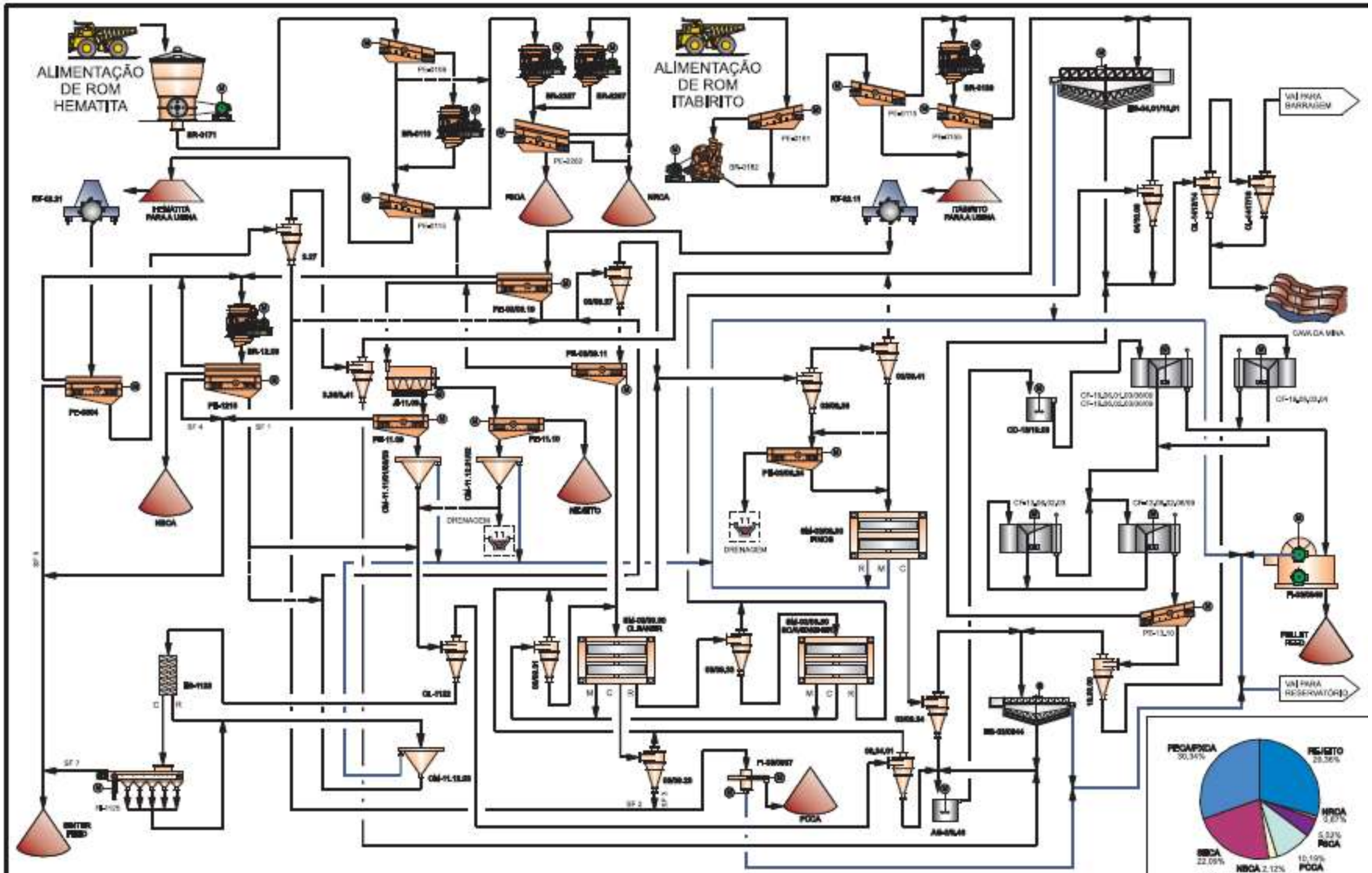




# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

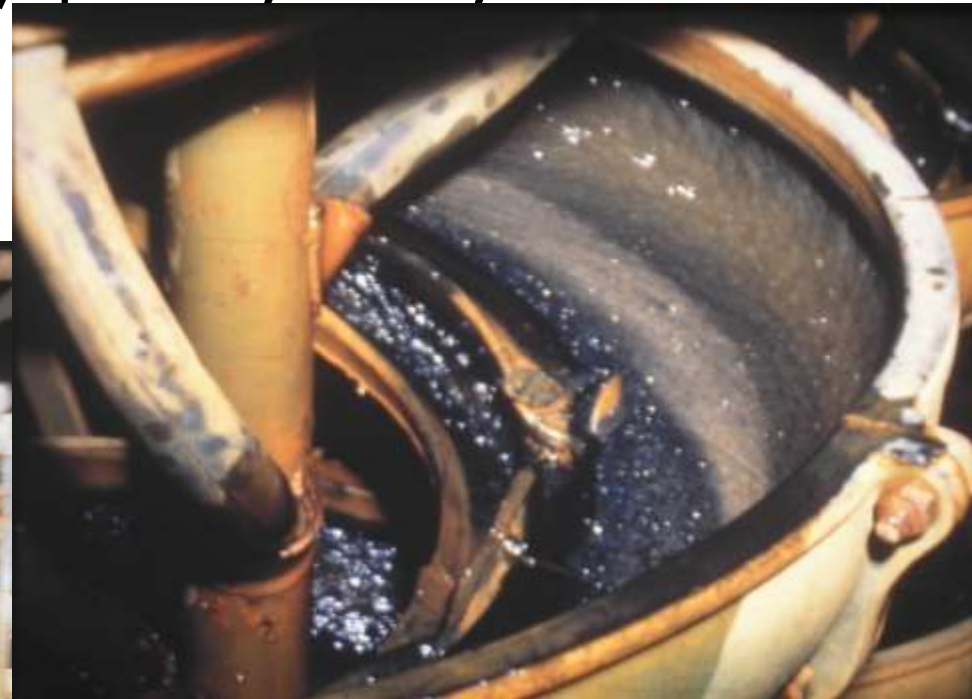


# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

processos de beneficiamento de minérios:

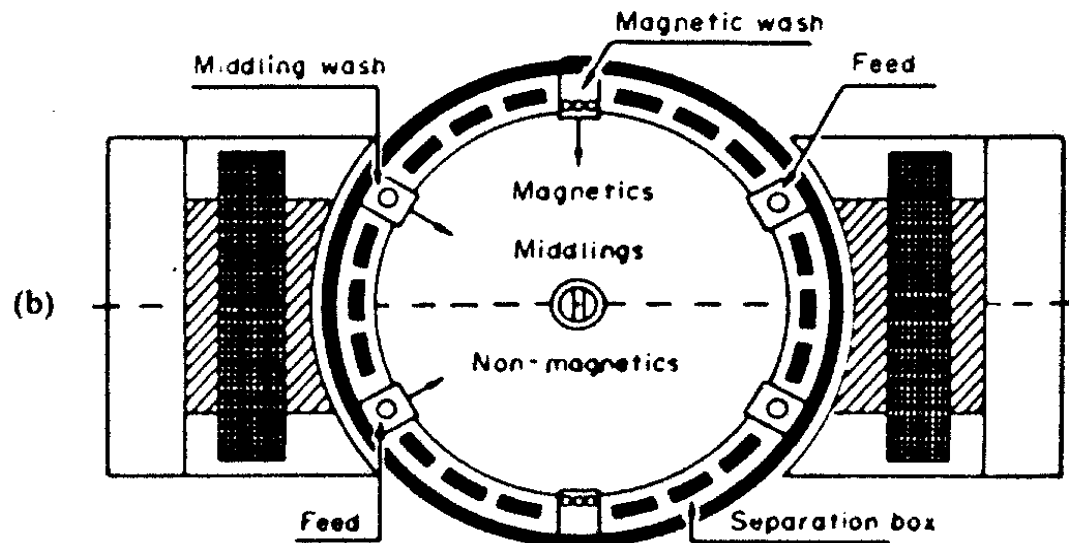
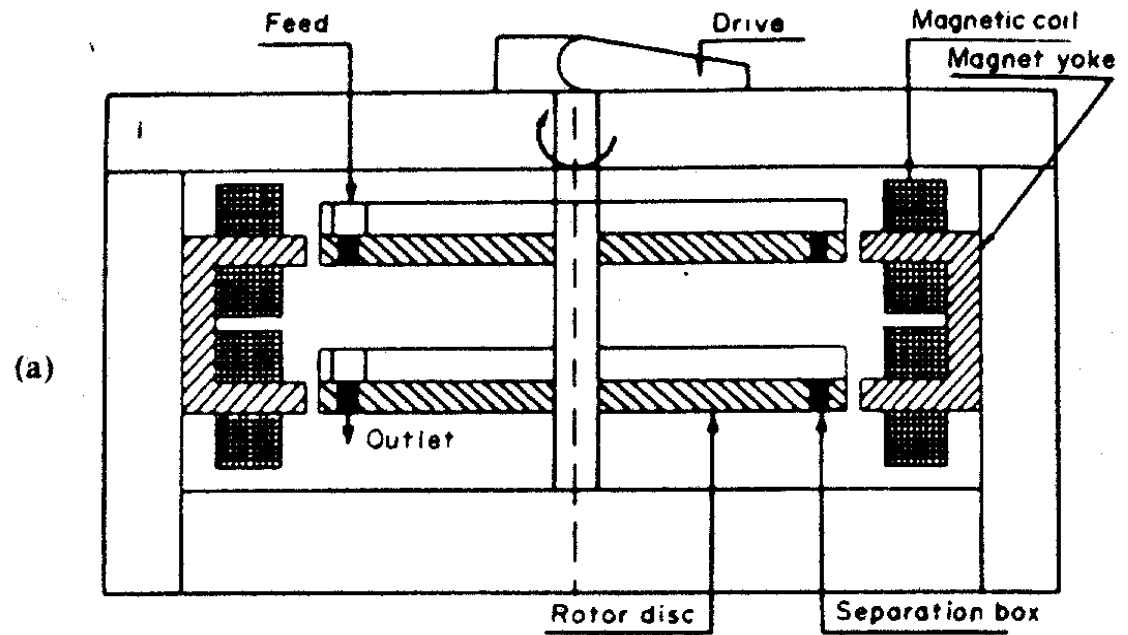
densitários – hematita,  $d = 5,2$ , quartzo,  $d = 2,7$

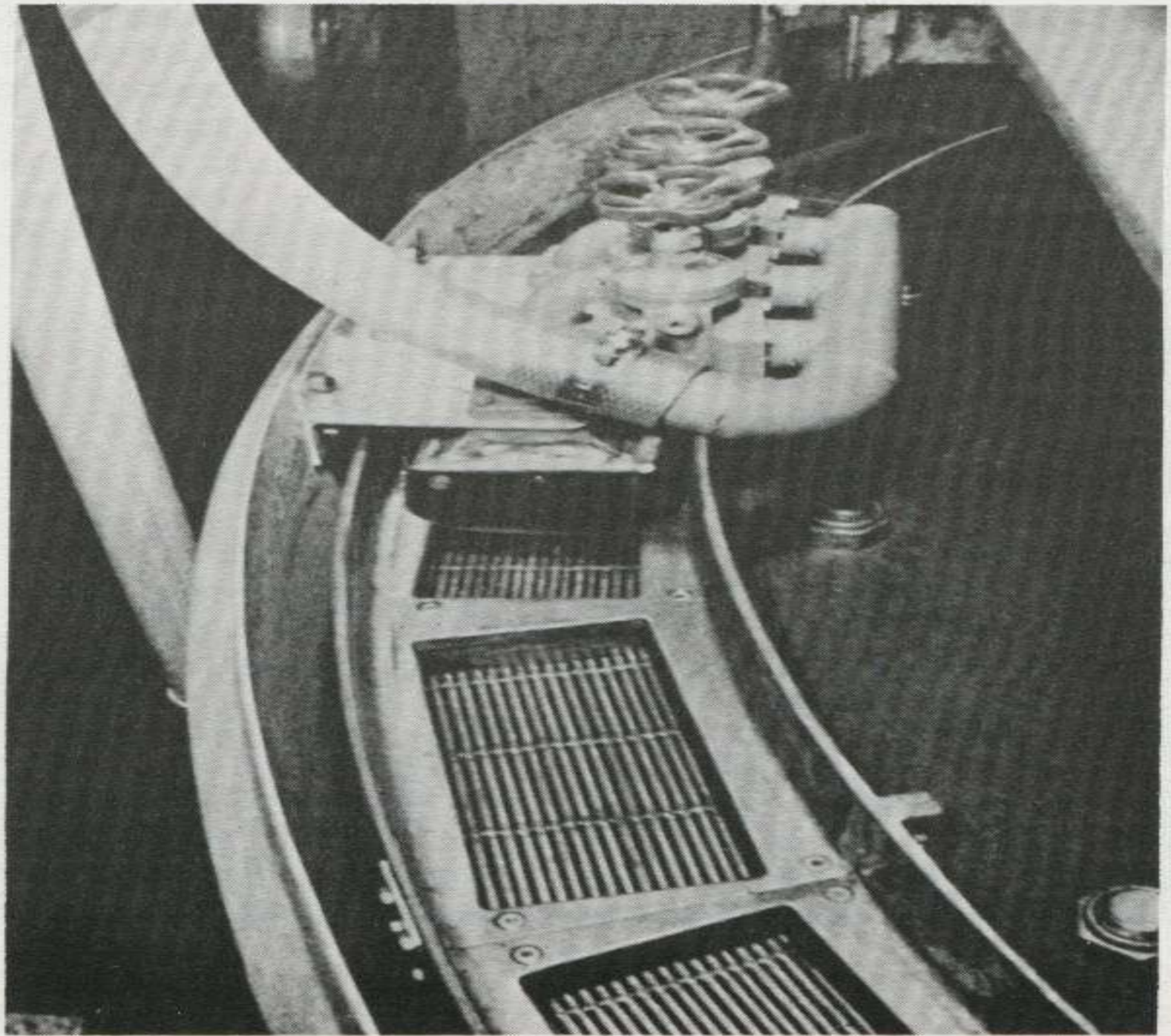
espirais concentradoras



# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

Separador Jones (WHIMS)





# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro





# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

## de ferro

processos de aglomeração de finos:

- sinterização,
- pelletização,
- briquetagem

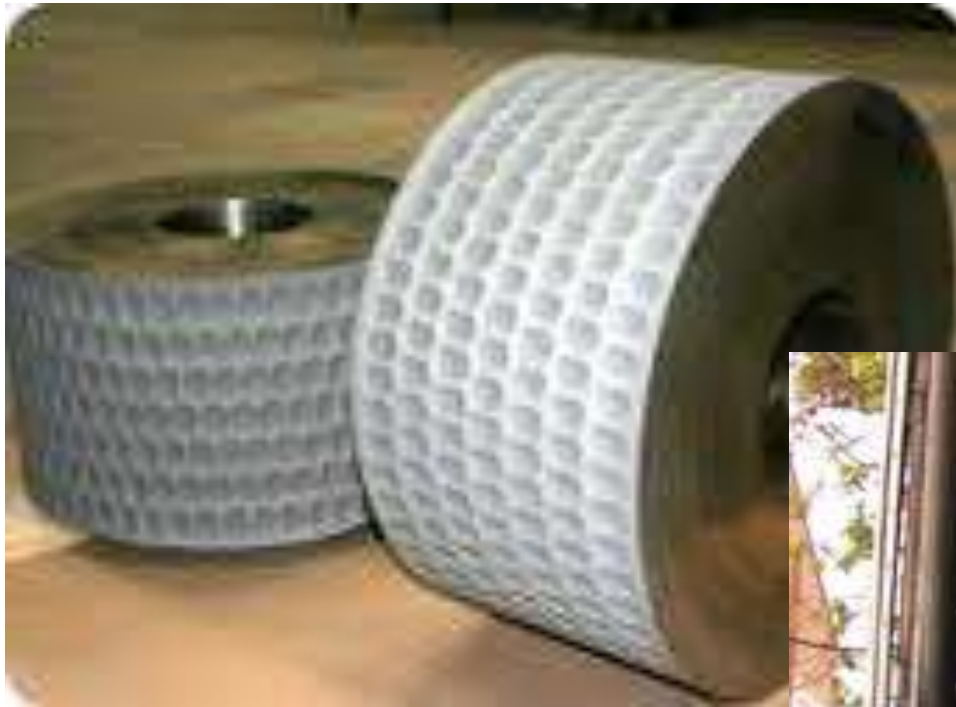


# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Pelotização

# Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Briquetagem









PLANTA C







# Exemplos de fluxogramas – carvão

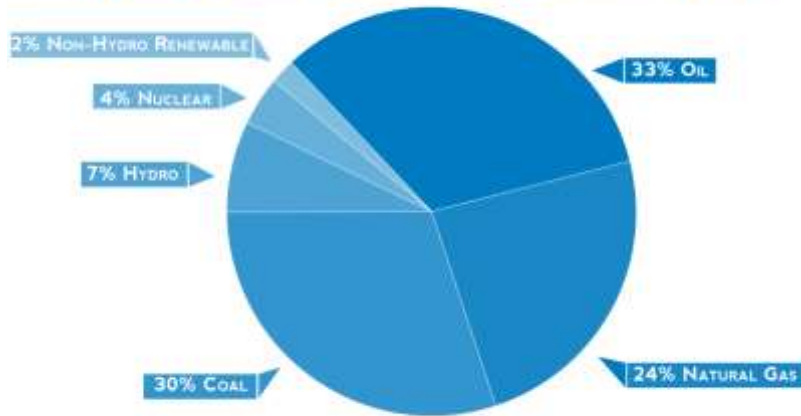
No Brasil não temos a cultura do uso do carvão !

## balanço energético brasileiro

<b>energia</b>	<b>%</b>
<b>petróleo</b>	<b>42,0</b>
<b>gás natural</b>	<b>8,8</b>
<b>carvão vapor</b>	<b>1,2</b>
<b>carvão metalúrgico</b>	<b>0,1</b>
<b>U<sub>3</sub>O<sub>8</sub></b>	<b>0,7</b>
<b>total de não renováveis</b>	<b>52,7</b>
<b>hidráulica</b>	<b>14,5</b>
<b>lenha</b>	<b>14,2</b>
<b>bagaço de cana</b>	<b>15,5</b>
<b>outras</b>	<b>3,2</b>
<b>total de renováveis</b>	<b>47,3</b>

# Exemplos de fluxogramas – carvão

WORLD ENERGY CONSUMPTION BY SOURCE, 2012

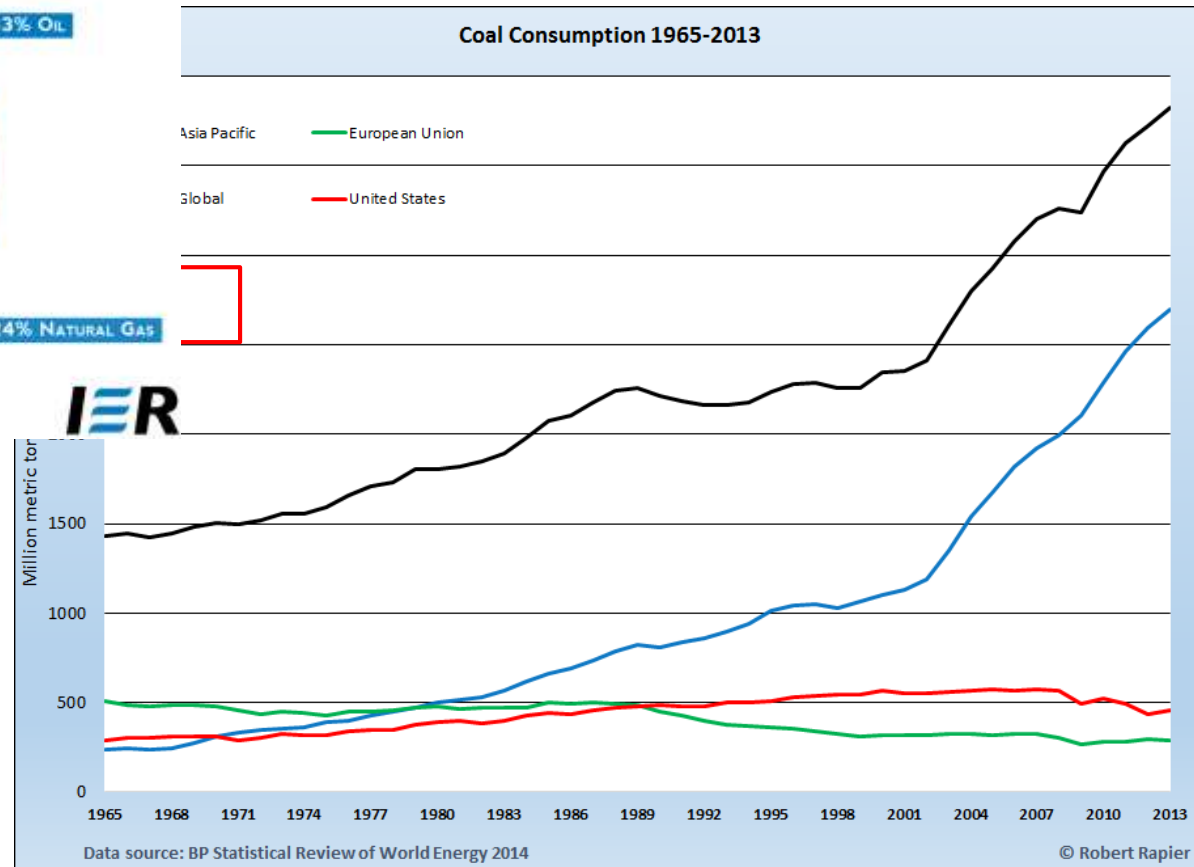


Source: BP Statistical Review of World Energy 2013

Mundo

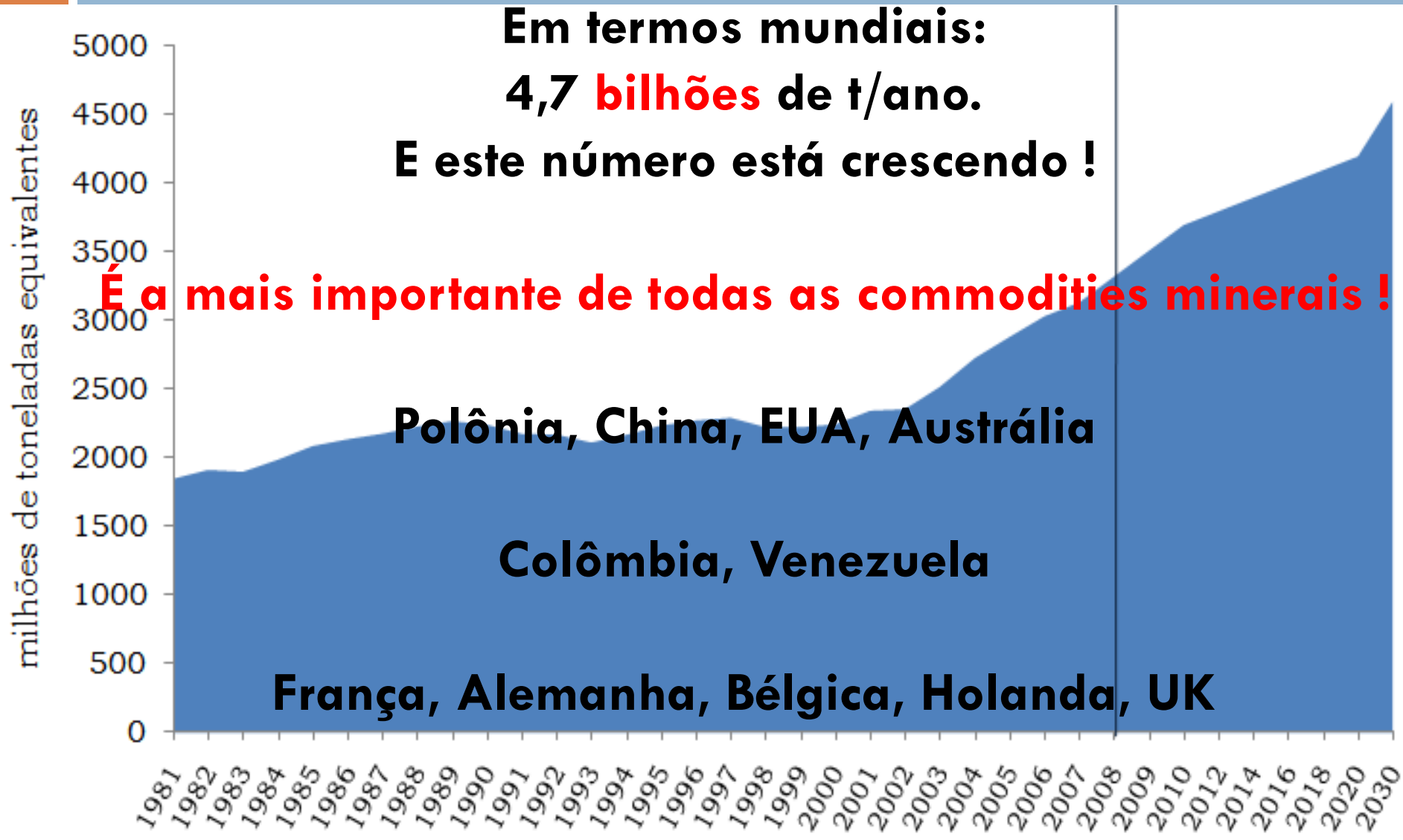
<http://instituteeforenergyresearch.org/analysis/statistical-review-of-world-energy-2013-viva-la-shale-revolucion/>

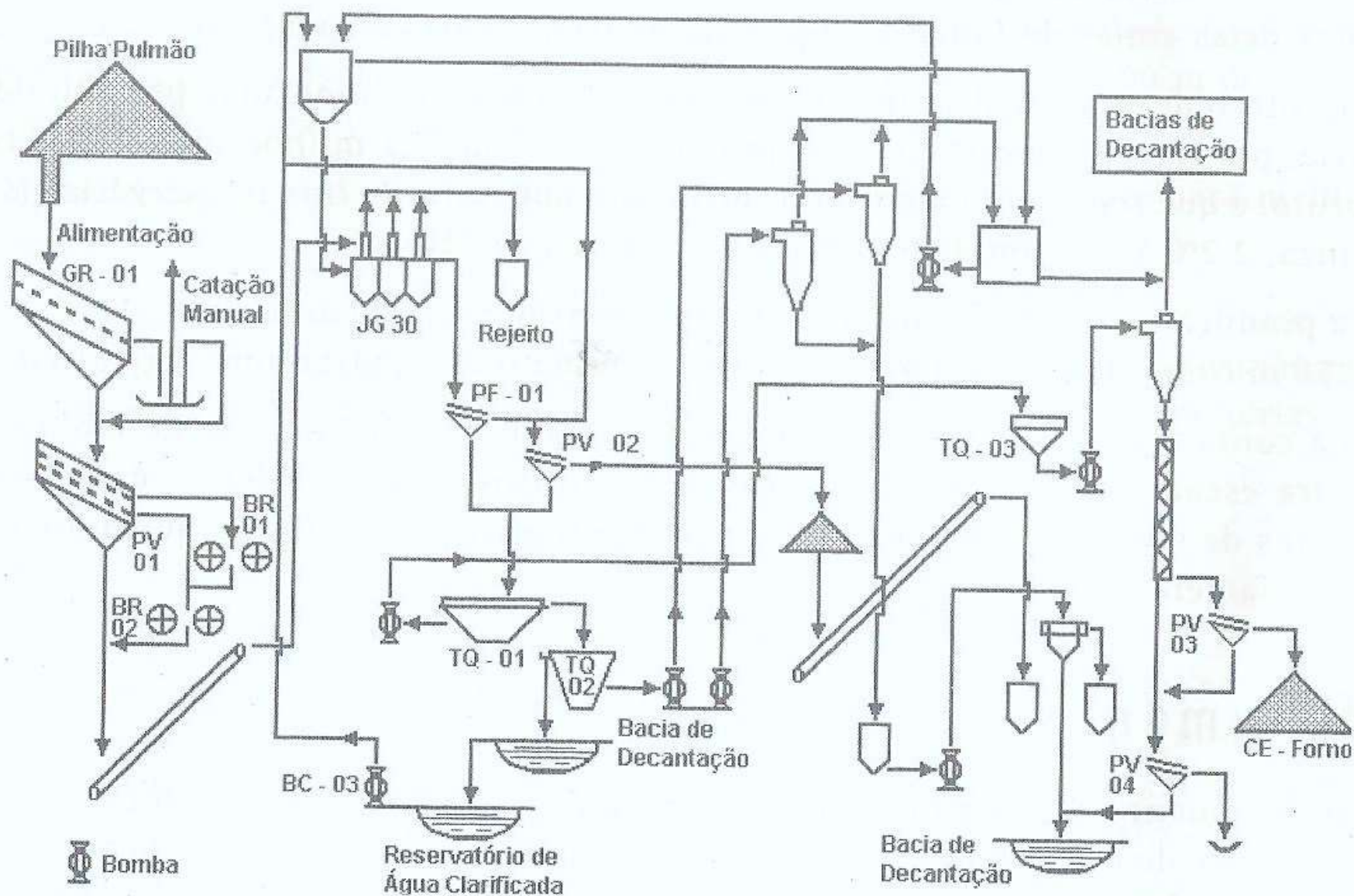
Coal Consumption 1965-2013



<http://www.energytrendsinsider.com/2014/07/30/king-coal-deposed-in-west-but-reigns-in-east/>

# Exemplos de fluxogramas – carvão



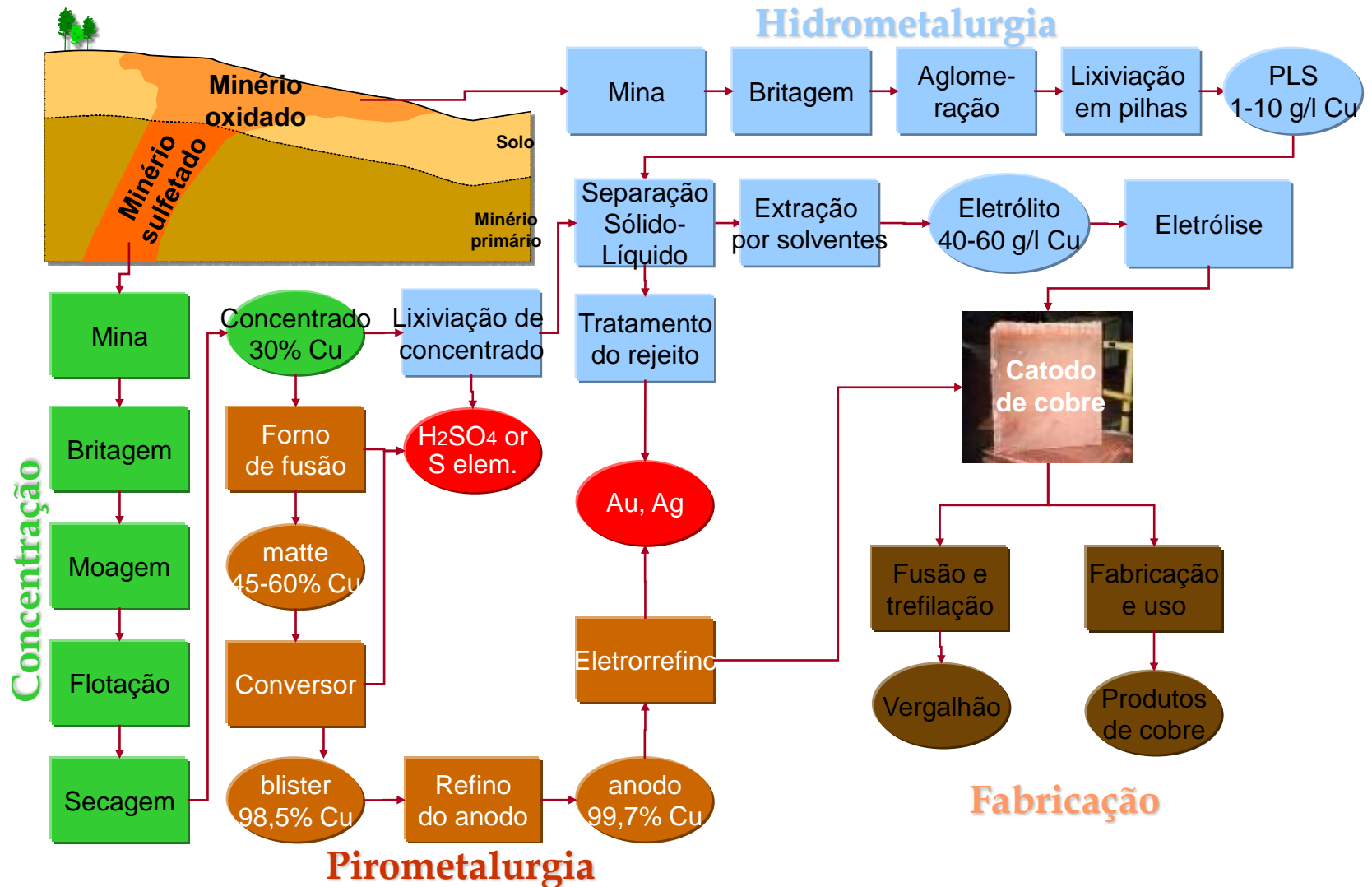


1: Fluxograma de beneficiamento de carvão da CARBONÍFERA METROPOLITANA

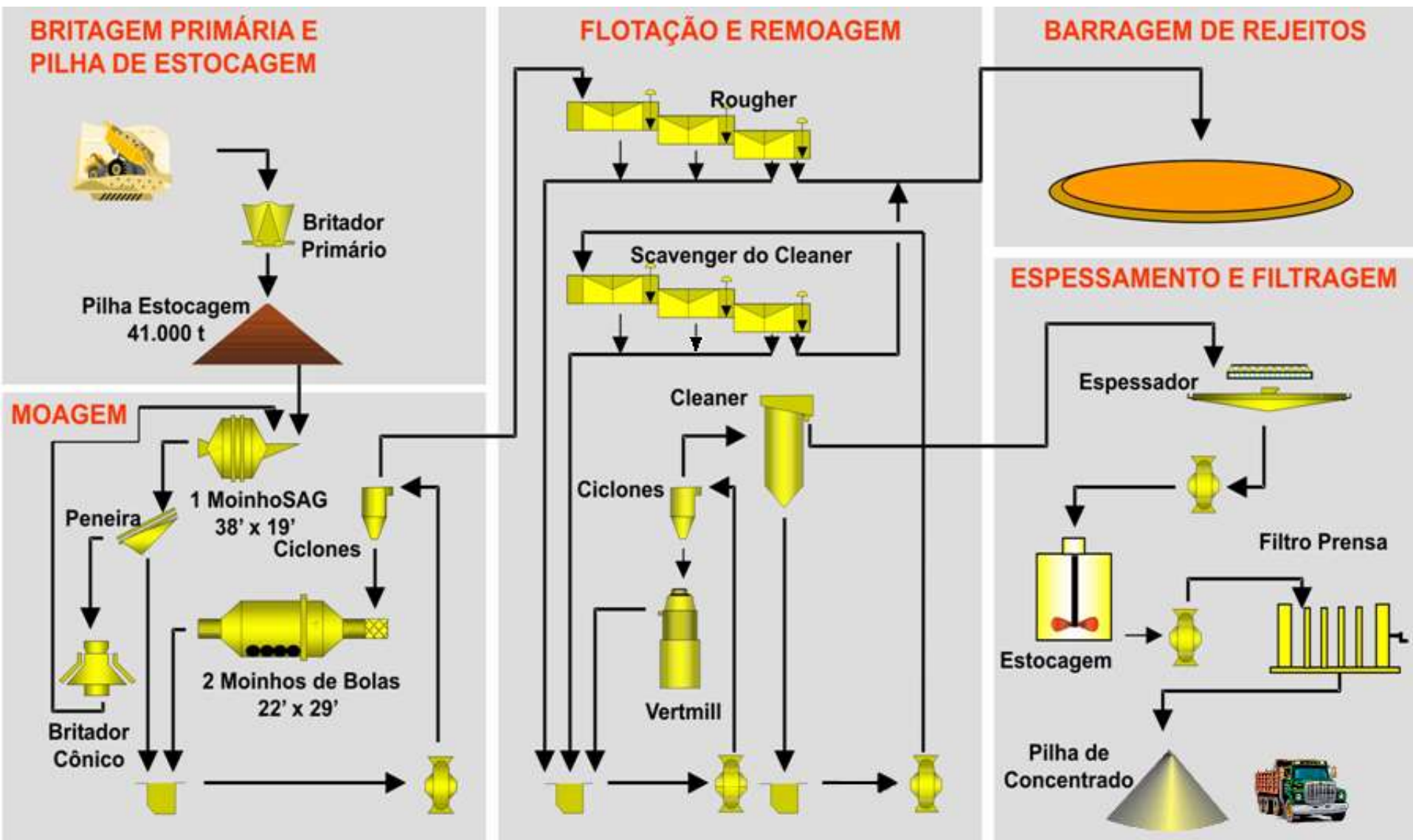


Foto: Jochen Peters

# Exemplos de fluxogramas – cobre



# Exemplos de fluxogramas – cobre



Minério sulfetado

# As aplicações são só na mineração?





# As aplicações são só na mineração?



# As aplicações são só na mineração?




# As aplicações são só na mineração?



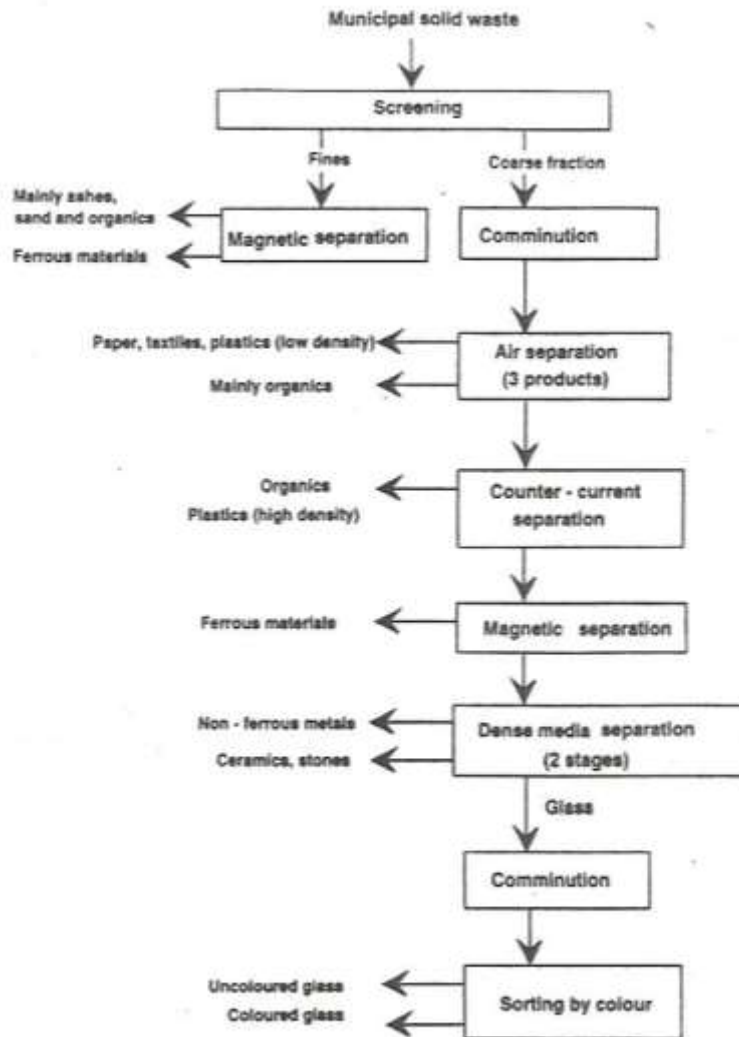
# As aplicações são só na mineração?





Será que é possível usar os  
conceitos de beneficiamento de  
minérios para resolver esses  
problemas???

# Processamento de lixo doméstico



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>

# Reciclagem de carros

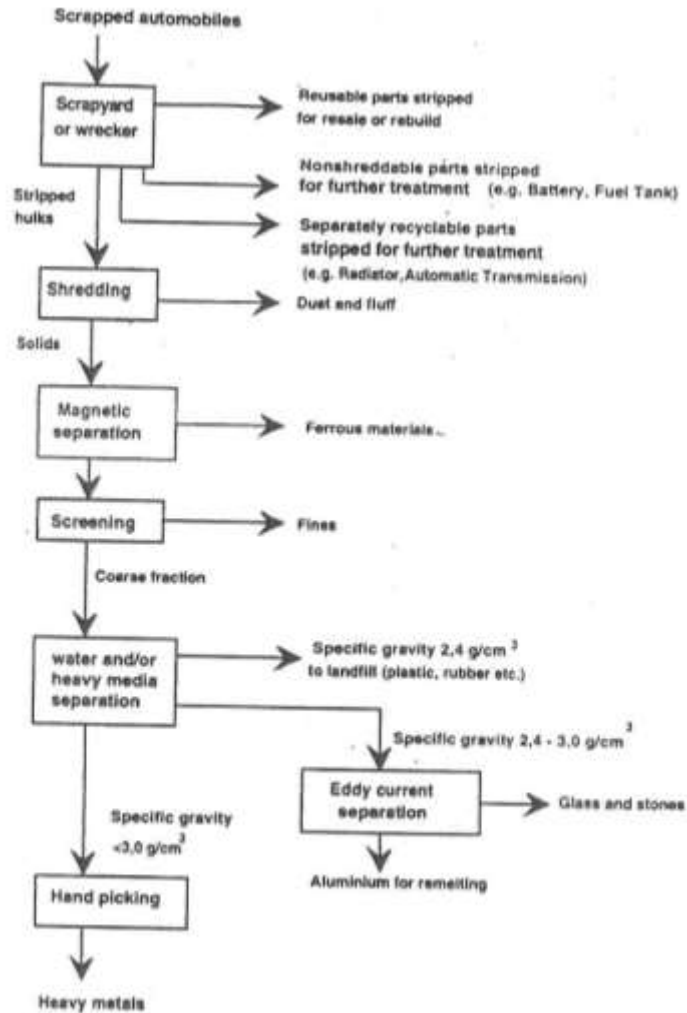


FIG 15 - The process of recycling of scrapped cars.

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

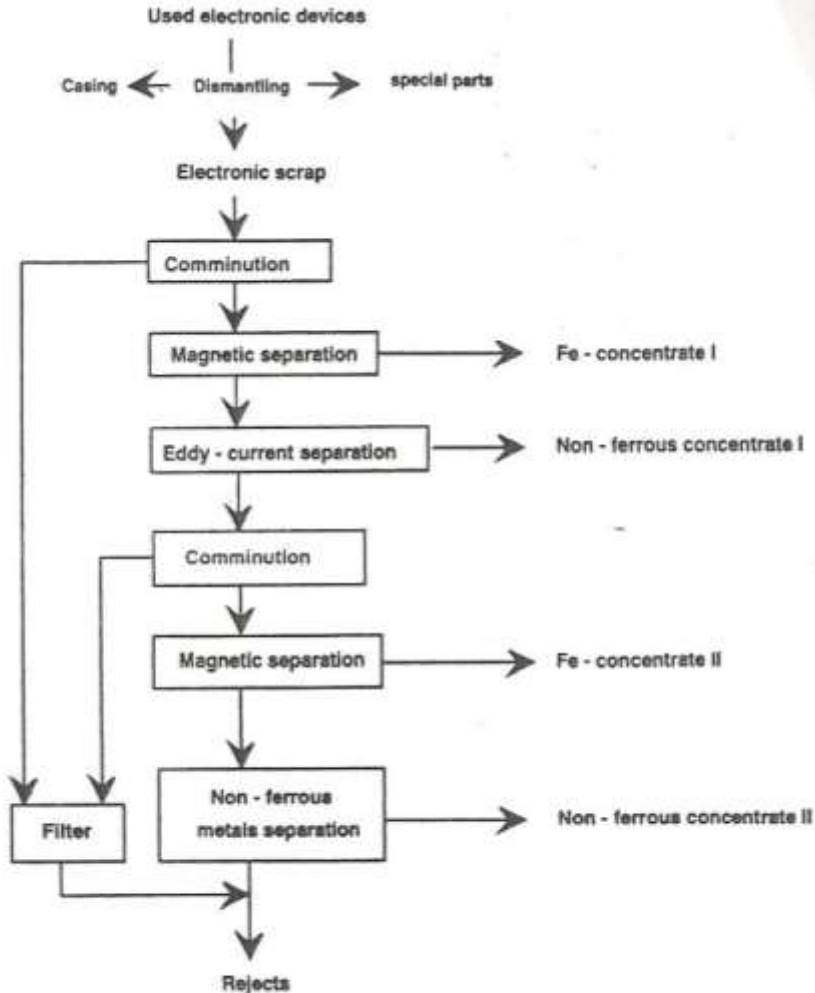
# Reciclagem de pneus



<http://www.youtube.com/watch?v=29TFF07Ubkw>



# Reciclagem de lixo eletrônico



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

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

# Reciclagem de baterias

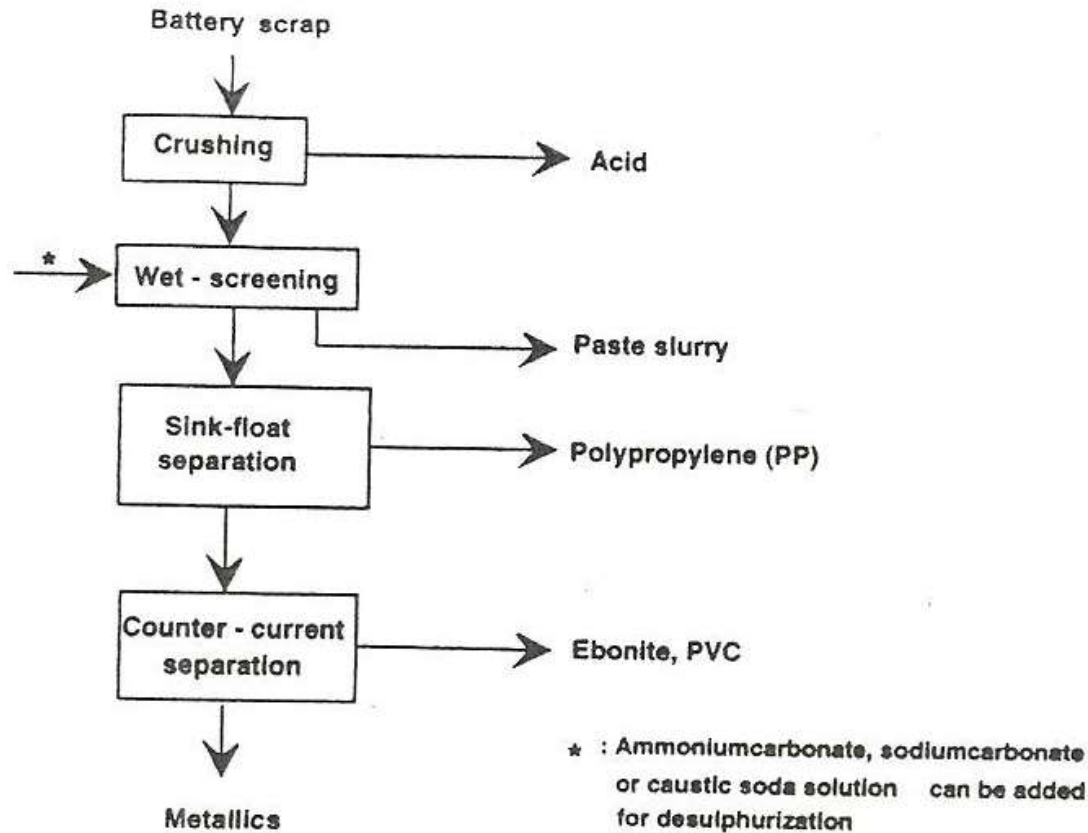
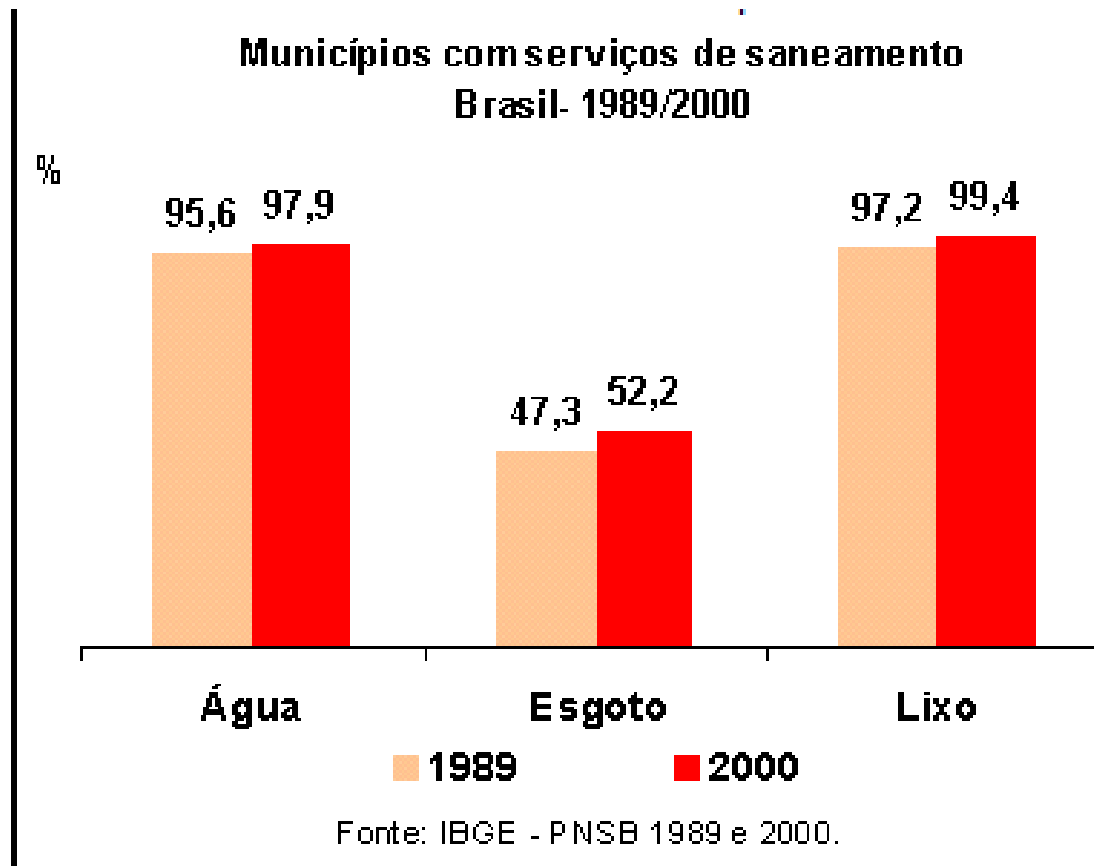


FIG 18 - Simplified flowsheet for recycling of battery scrap.

# Tratamento de esgotos



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

# Descontaminação de solos

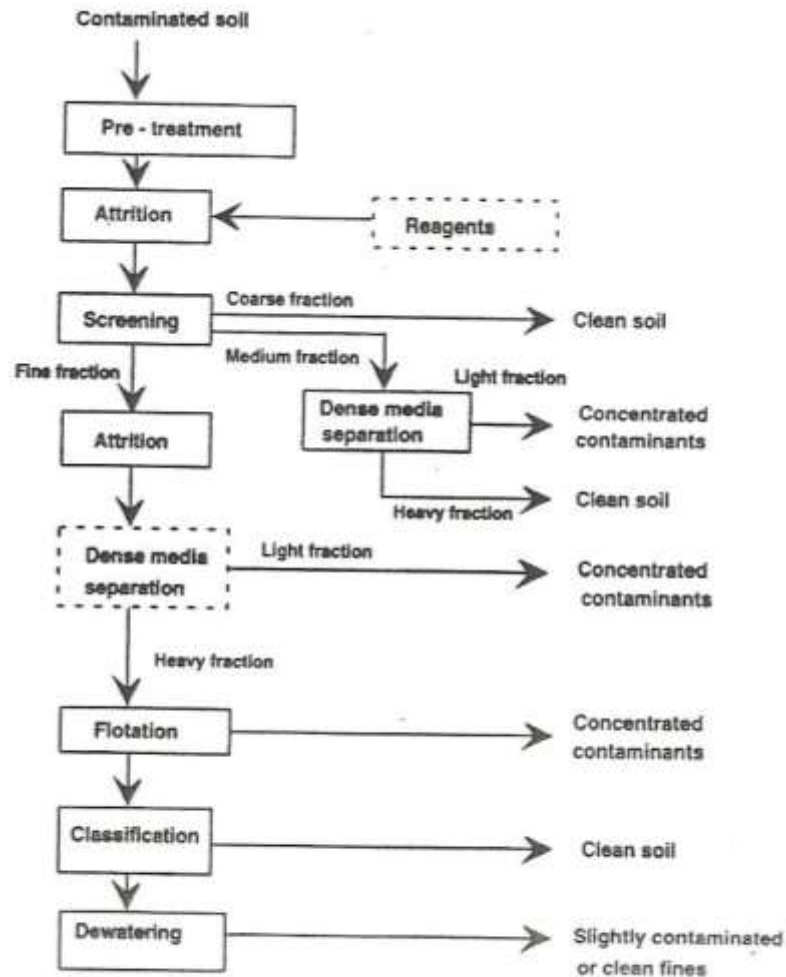


FIG 19 - Simplified flowsheet of soil decontamination.

# Reciclagem de resíduos de construção civil

<http://vimeo.com/11091114>



# REFERÊNCIAS:

- Chaves, A.P. The profile of the brazilian mining professional.
- HOBURG, H. **Applications of mineral processing in waste treatment and scrap recycling**. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 18<sup>th</sup>, 1993, Sydney. Proceedings. Sydney: IMPC, 1993. p..
- NAKAO, O. **Estratégias de educação, preparação e formação docente para o ensino da engenharia**. Palestra sobre ensino de engenharia. Poços de Caldas: Universidade Federal de Alfenas, 2011.
- 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. Disponível em:  
<[http://www1.eere.energy.gov/industry/about/pdfs/impacts2008\\_intro.pdf](http://www1.eere.energy.gov/industry/about/pdfs/impacts2008_intro.pdf) >. Acesso em: 01 out. 2011.
- Imagens google images e do autor.