

PMI3102 - INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE MINAS

Aula de apresentação do módulo

São Paulo – 13 de abril de 2020

Professor Mauricio Guimarães Bergerman

APRESENTAÇÃO DO CURSO

□ Professores:

- Prof. Wilson Siguemasa Iramina - wilsiram@usp.br – Módulo de Lavra
- Prof. Maurício Bergerman – 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.

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.

APRESENTAÇÃO DO CURSO

□ Módulos:

□ Lavra de minas

□ **Tratamento de minérios:**

- 16/04: Apresentação, O que faz o Engenheiro de Minas / Tratamento de Minérios
- Aulas teóricas e de exercícios: 23/4, 30/4, 7/5 (seria visita), 21/5,
- Aula de dúvidas do trabalho: 28/5.
- 4/6 (seria visita) e 18/06 – Apresentação trabalhos práticos / em grupo
- Prova: 22/06 – 13h10 – Auditório
- Revisão da prova: 2/7 – 13h10 (OK?)

APRESENTAÇÃO DO CURSO

□ Avaliação

$$M = \frac{(M_1 + M_2)}{2} + \sum NV$$

$$M_2 = 0,3 * P_2 + 0,7 * \text{Laboratório}$$

- Provas: semanas especificadas pelo biênio
- Questionários visitas (0,5 ponto na média final): **dia da prova do módulo**
- Relatório prática/atividade em grupo: dia da prova do módulo. Cada dia de atraso implicará em um ponto de desconto na atividade.
- Participação nas palestras da Apemi ou outro evento da área: 0,5 ponto na média do módulo até o limite de 3 participações – enviar um email ao monitor no máximo até o dia 27 de junho informando as atividade de que participou – caso sejam outras que não a palestra da Apemi enviar certificado.

APRESENTAÇÃO DO CURSO

- Trabalho em grupo:
 - Grupos de 5 alunos;
 - Temas:
 - Prática laboratorial: flotação
 - Prática laboratorial: separação densitária
 - Prática laboratorial: separação magnética
 - Resenha do artigo do Joaquim Maia
 - Resenha do artigo sobre Ore Sorting
 - Desafios do Tratamento de Minérios (teor, minérios complexos, etc)
 - Aspectos ambientais no beneficiamento
 - Uso da água no Tratamento de Minérios
 - Barragem de rejeitos – foco em alternativas do Tratamento para minimizar o uso
 - Beneficiamento de minérios produzidos no Brasil
 - Associações do setor (Brasil, EUA, Canadá, Austrália e África do Sul, no mínimo) e benefícios para estudantes
 - Pesquisas dos docentes do PMI na área de Tratamento de Minérios (pode ser focado em um ou dois assuntos)
- Apresentação em power point, vídeo, etc de até 10 min mais 10 min de discussões.

APRESENTAÇÃO DO CURSO



Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis
Ambiental S/A

Embu S.A.

Novas informações no decorrer do semestre

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 – 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
 - Congresso da ABM – 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
 - www.cprm.gov.br
 - www.dnrm.gov.br
 - Sebos:
 - www.estantevirtual.com.br
 - Outros:
 - <http://geologiausp.igc.usp.br/geologiausp/index.htm>
 - www.infomine.com
 - www.noticiasdemineracao.com
 - www.mining.com
 - www.sejaumengenheirodeminas.weebly.com
 - www.academia.edu
 - 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>
- <https://www.youtube.com/watch?v=DpUoWjlxxZs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=DpUoWjlxxZs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=KQ4EByaFHco>

Inovação Poli e USP

- ❑ Laboratório de Gestão da Inovação da Poli-USP (LGI-USP) : <http://nagi-pro.poli.usp.br/>
- ❑ InovaLab: <http://inovalab.poli.usp.br/>
- ❑ Poli-Sharks: <https://www.facebook.com/polisharks/>
- ❑ Programa de start up amigos da poli: <https://www.facebook.com/events/579545502576098/>
- ❑ FDTE e aceleradora PoliStar - <https://www.poli.usp.br/noticias/12300-ex-alunos-da-poli-usp-vao-ajudar-futuros-engenheiros-a-empreender.html>
- ❑ Portal Solus: <https://jornal.usp.br/universidade/usp-cria-site-para-reunir-iniciativas-em-inovacao-e-empendedorismo/>
- ❑ Semana de Inovação Poli: <https://www.facebook.com/events/506533180151049/>

- ❑ Disciplinas de graduação: temos 44 disciplinas de graduação que abordam o tema. Vocês podem cursar como optativas

Linhas de pesquisa PMI

- http://www.pmi.poli.usp.br/?page_id=61

O que faz o engenheiro de minas

Algumas perguntas...

17

- 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 (cristos betuminosos)		

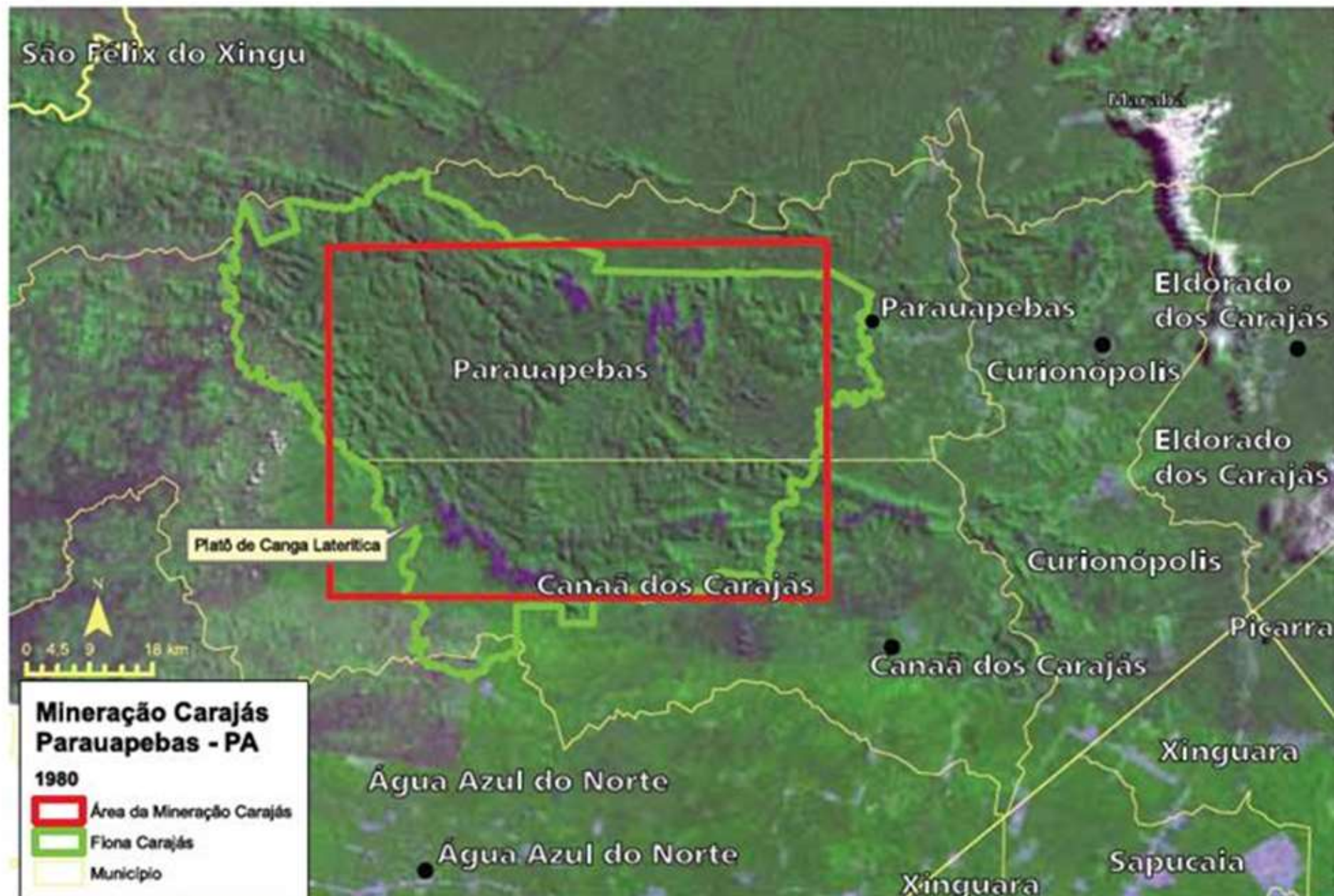


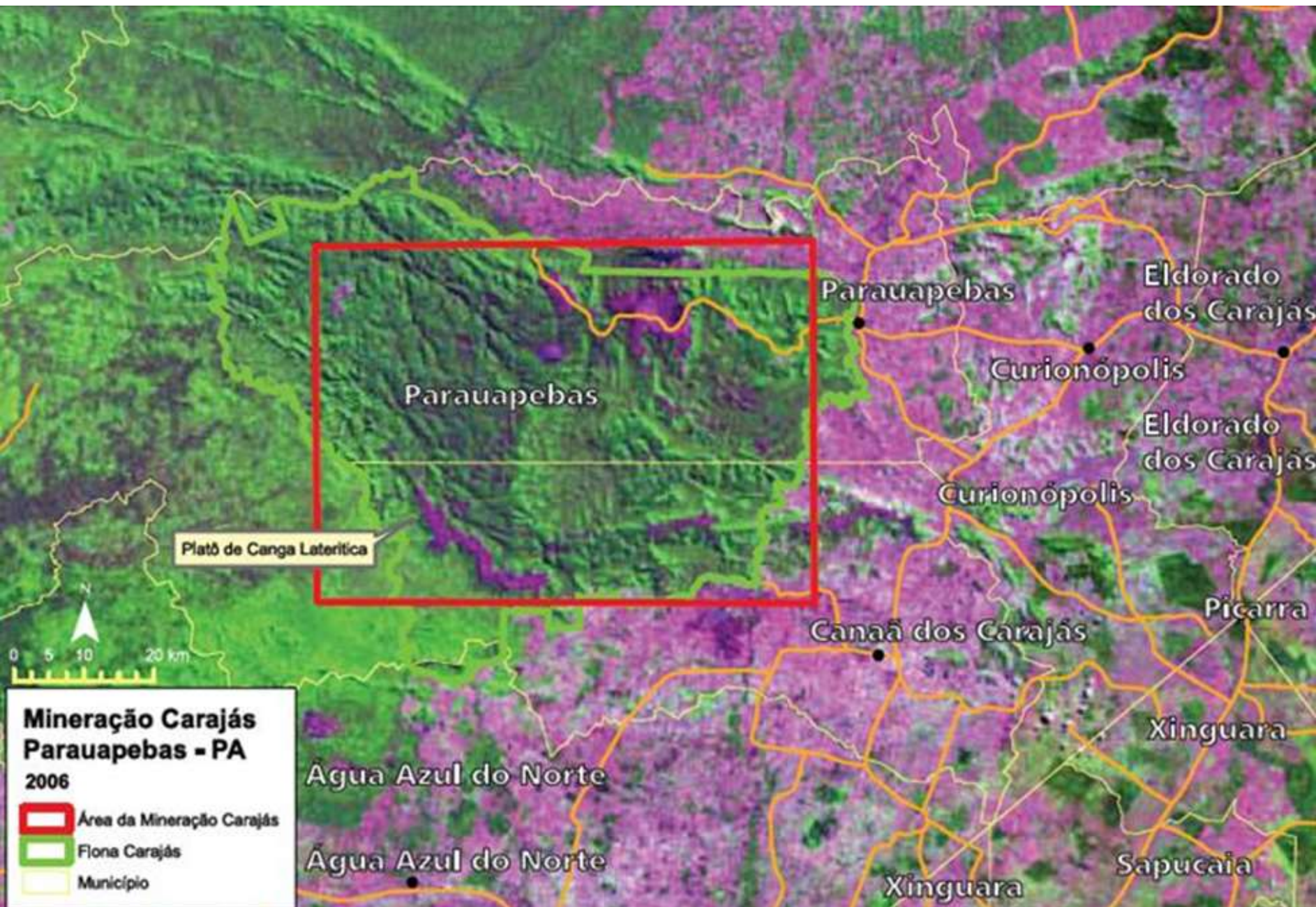


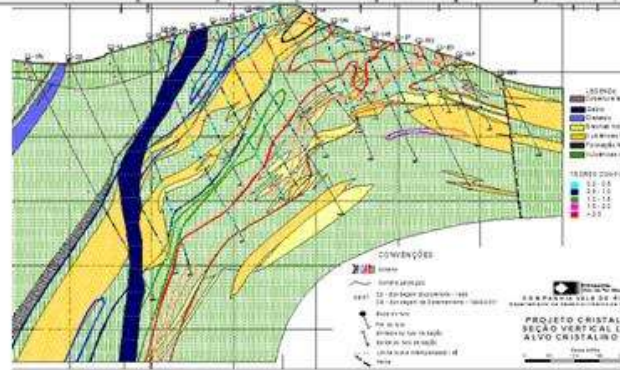
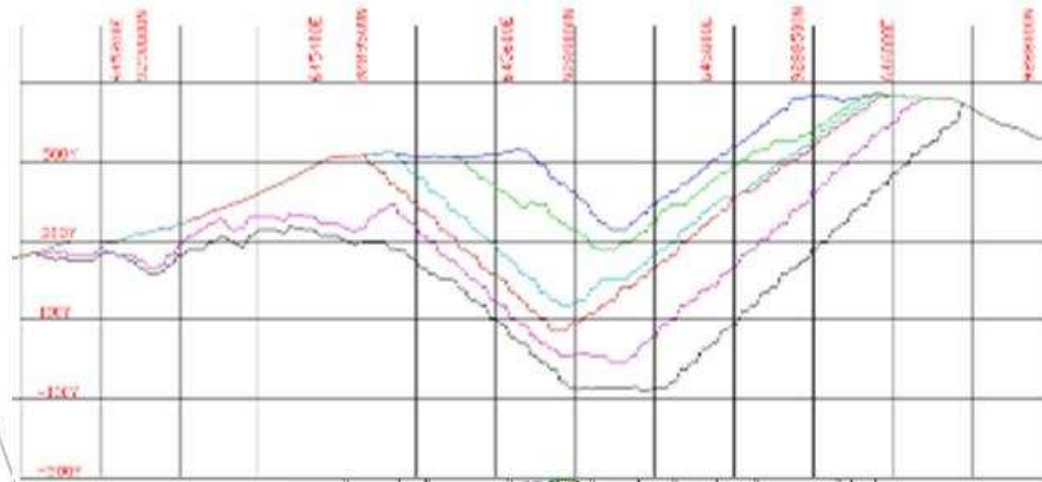
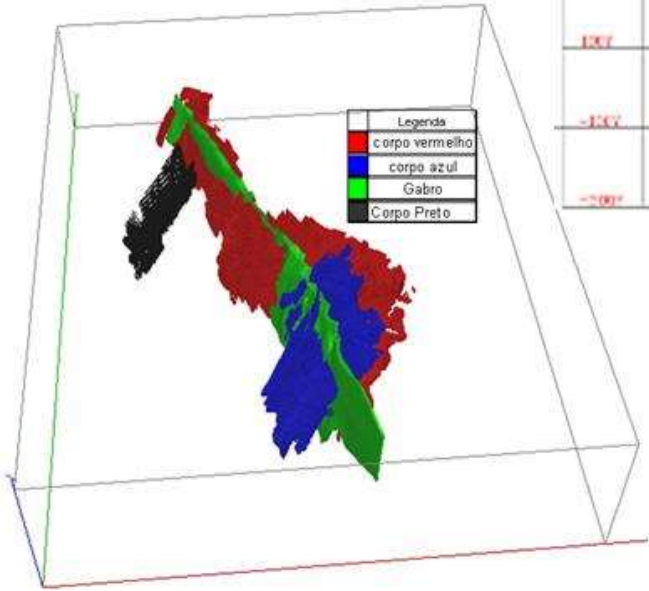
Área recuperada após a exaustão de uma das minas em Campo Alegre – SC.



Flona Carajás – mineração de ferro









Lavra Subterrânea





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

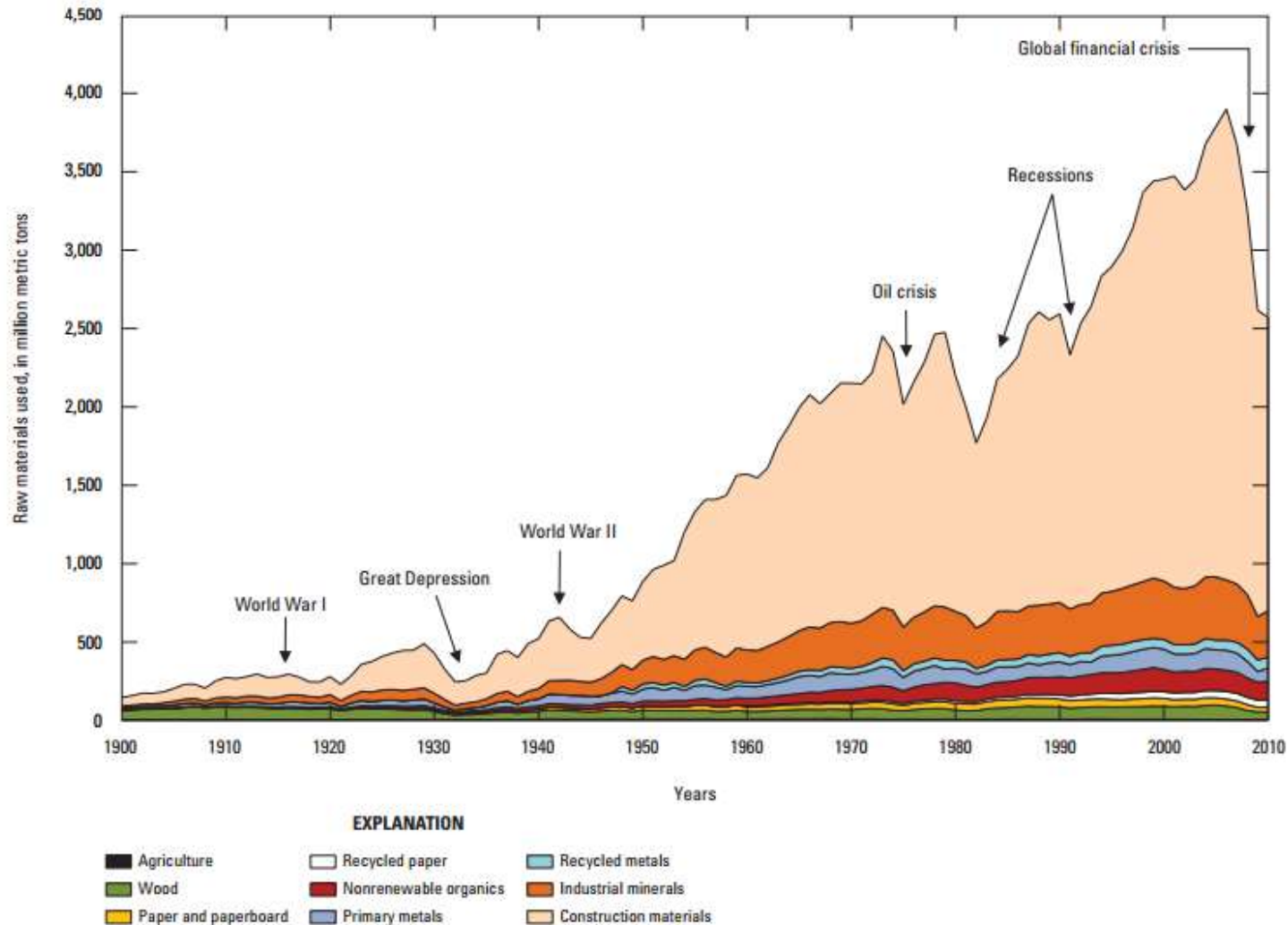
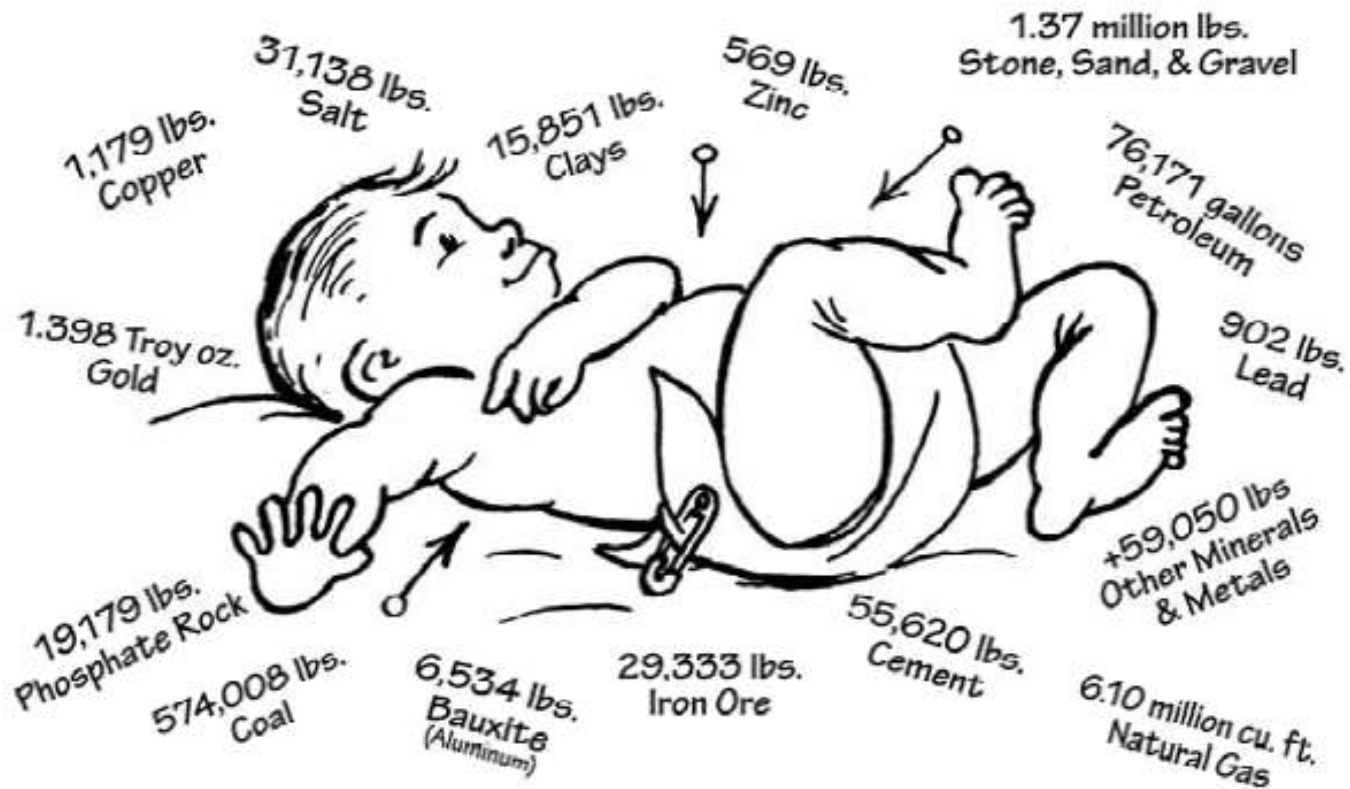


Figure 2. U.S. raw materials put into use annually from 1900 through 2010. Materials embedded in imported goods are not included. [In million metric tons]

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



Transportador Correia



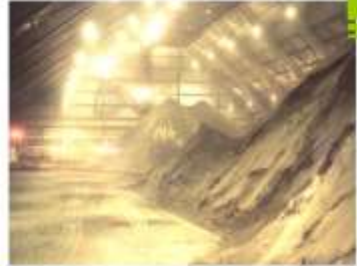
3. Concentrador
467 mil t/a de Concentrado de Cu a 30% e 6 g/t Au



4. Recebimento e Embarque do Concentrado (Parauapebas)



Estrada de Ferro Carajás
890 Km



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;



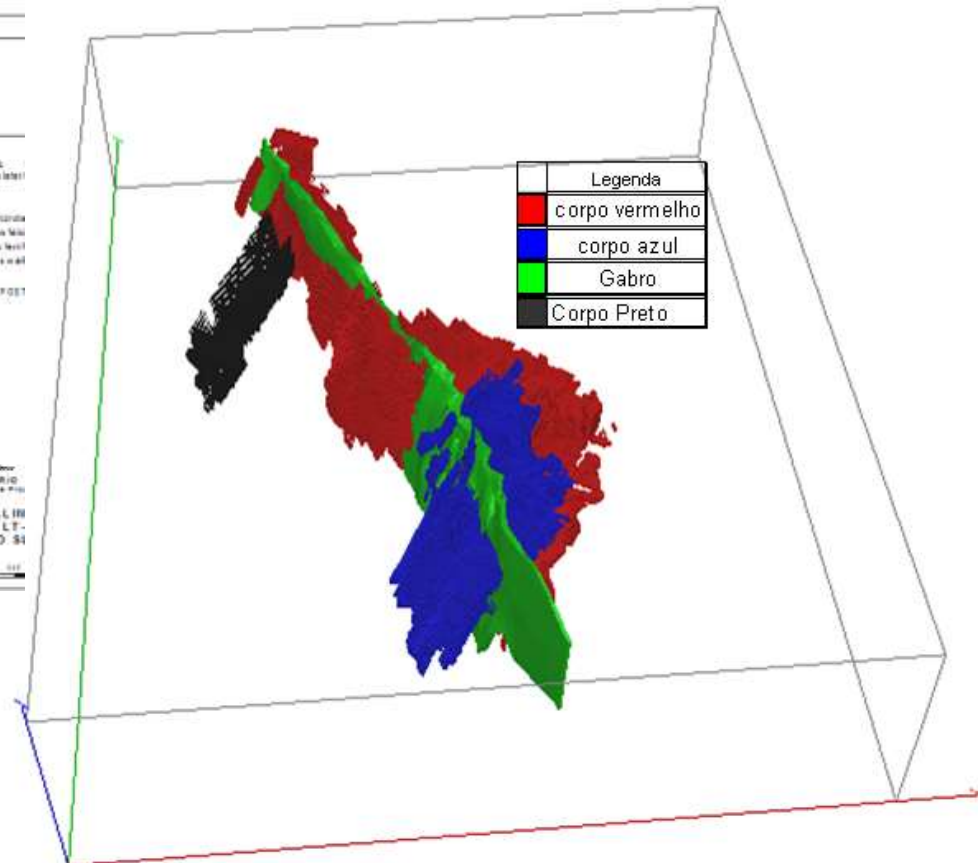
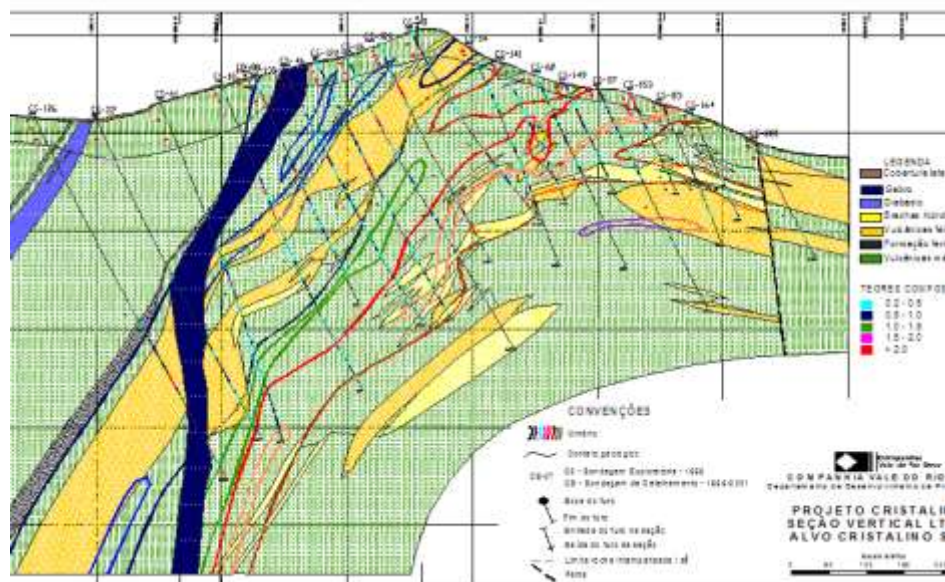
O que o engenheiro de minas faz?

- 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;



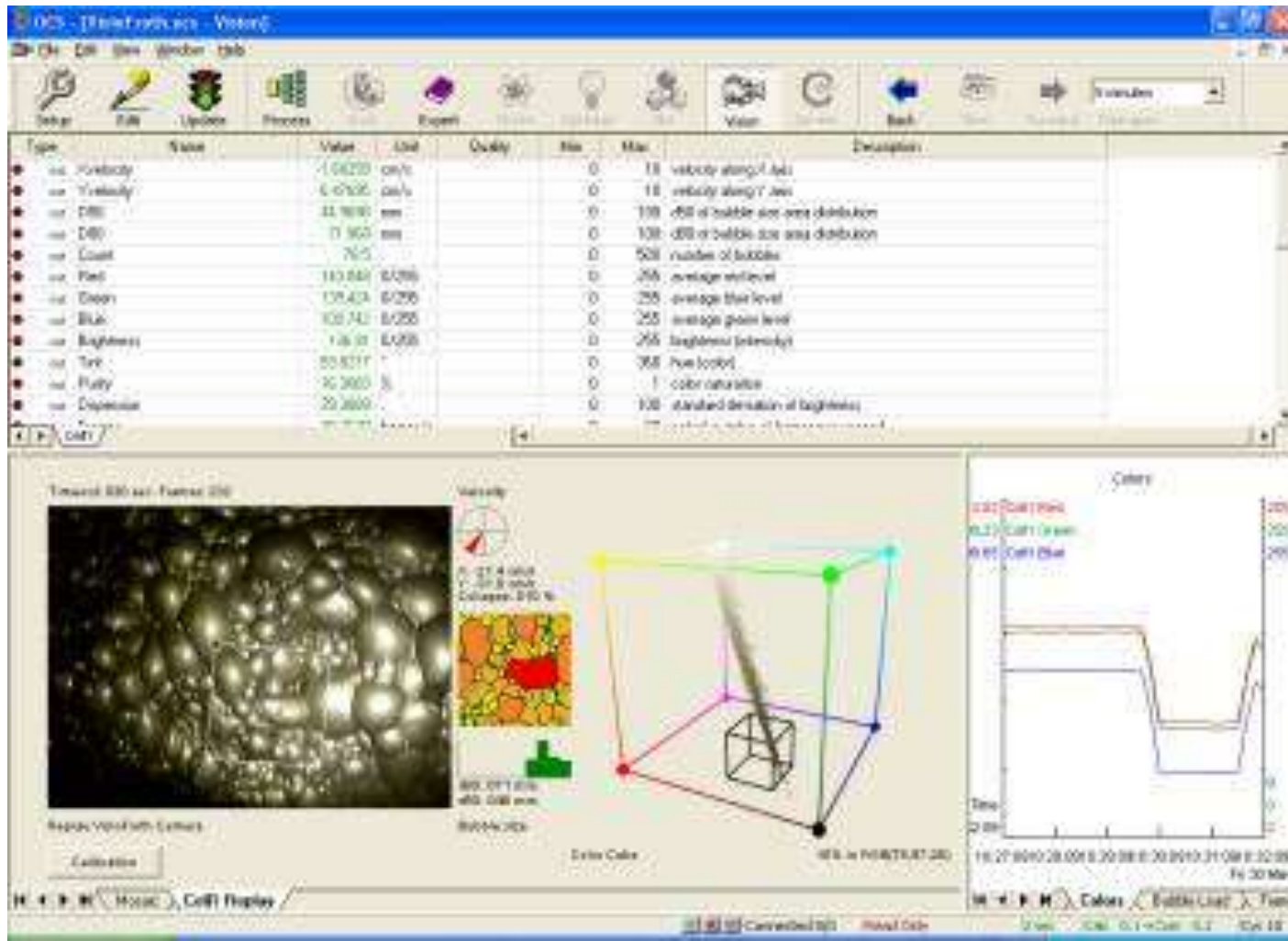
O que o engenheiro de minas faz?

- 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					

Total de Entradas	18.152,63	28.577,69	24.214,00	9.996,38	9.852,09
--------------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

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				

Total de Saídas	-24.795,40	-19.940,00	-16.160,00	-10.300,00	-1.150,00
------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------

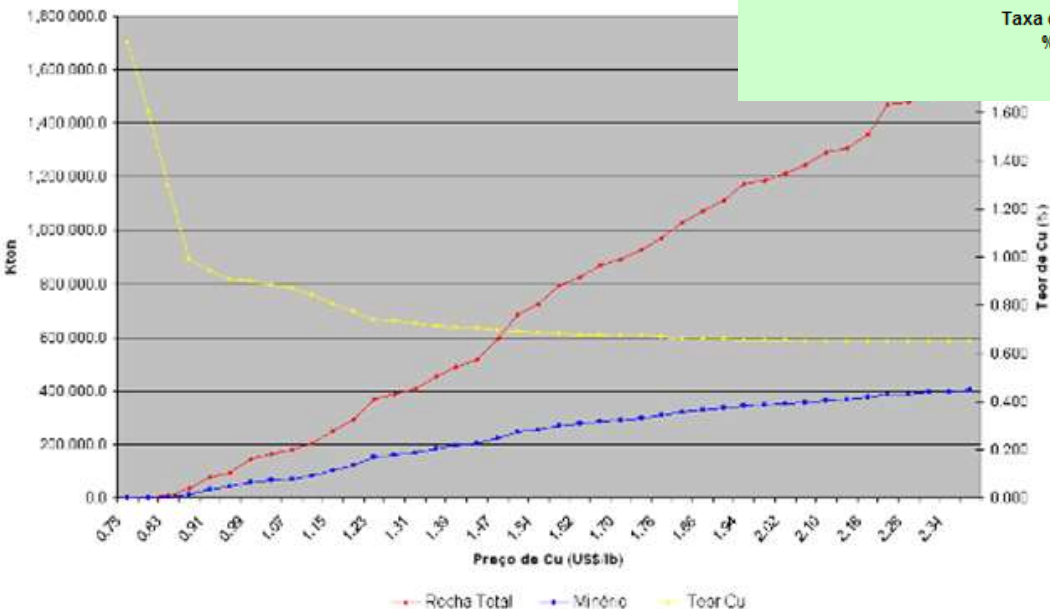
Projeto Cristalino: Sequência Whit
Rocha Total - Minério - Teor de Cu

Fluxo de Caixa	-6.642,77	8.637,69	8.054,00	-303,62	8.702,09
-----------------------	------------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------

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

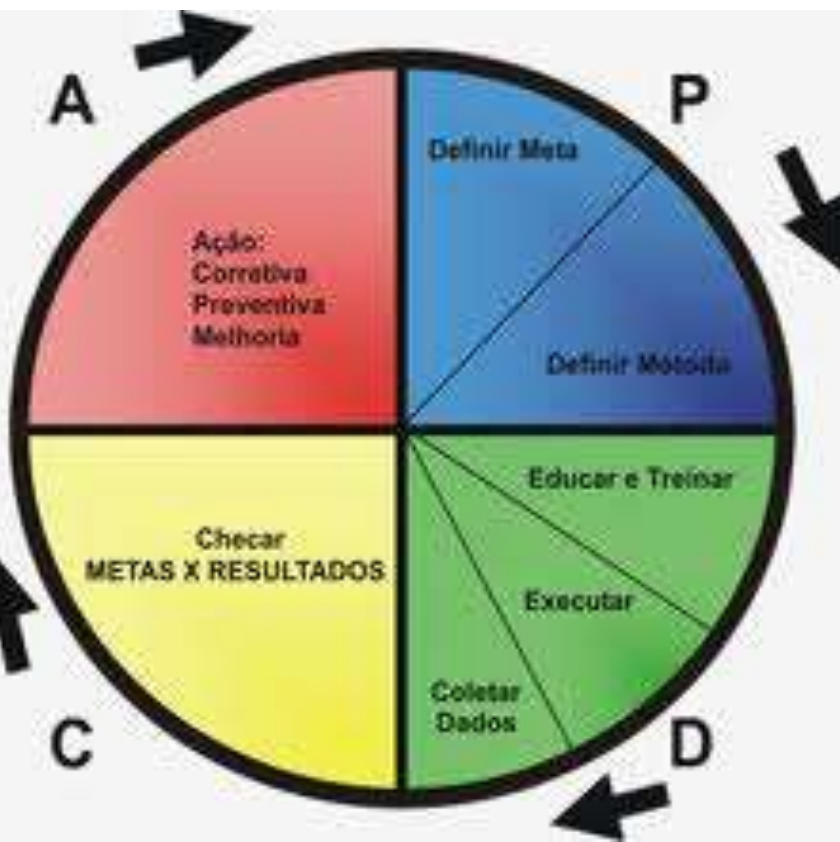
Taxa de Desconto
% ao ano
10,41

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



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?

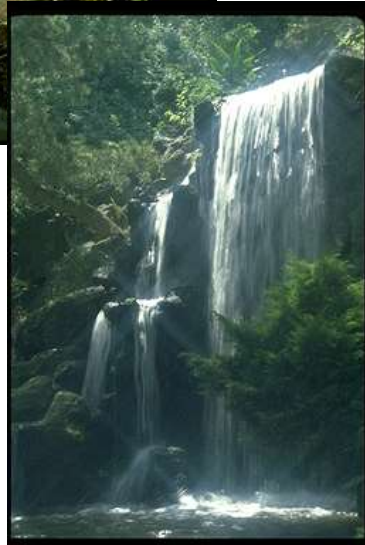
- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).



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...**

○ 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

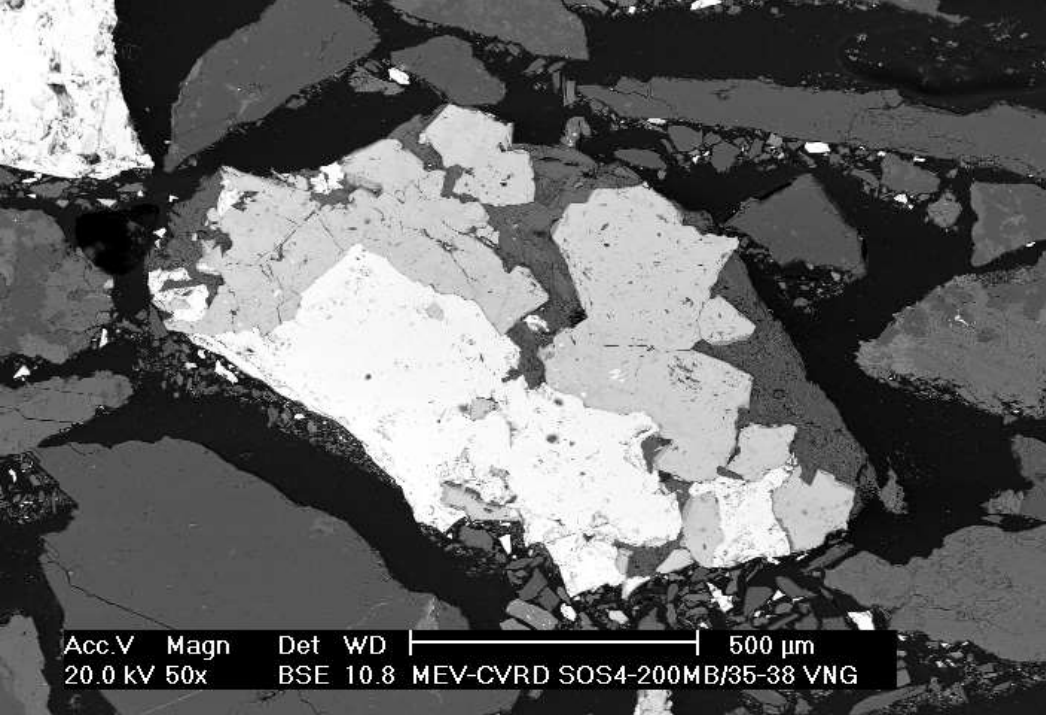
- Preparação:
 - ▣ Cominuição e classificação;
- Concentração:
 - ▣ Métodos densitários;
 - ▣ Flotação;
 - ▣ Separação magnética e eletrostática;
 - ▣ Outros: separação óptica (ore sorting).
- Desaguamento:
 - ▣ Espessamento, filtração e secagem.
- Transporte

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!

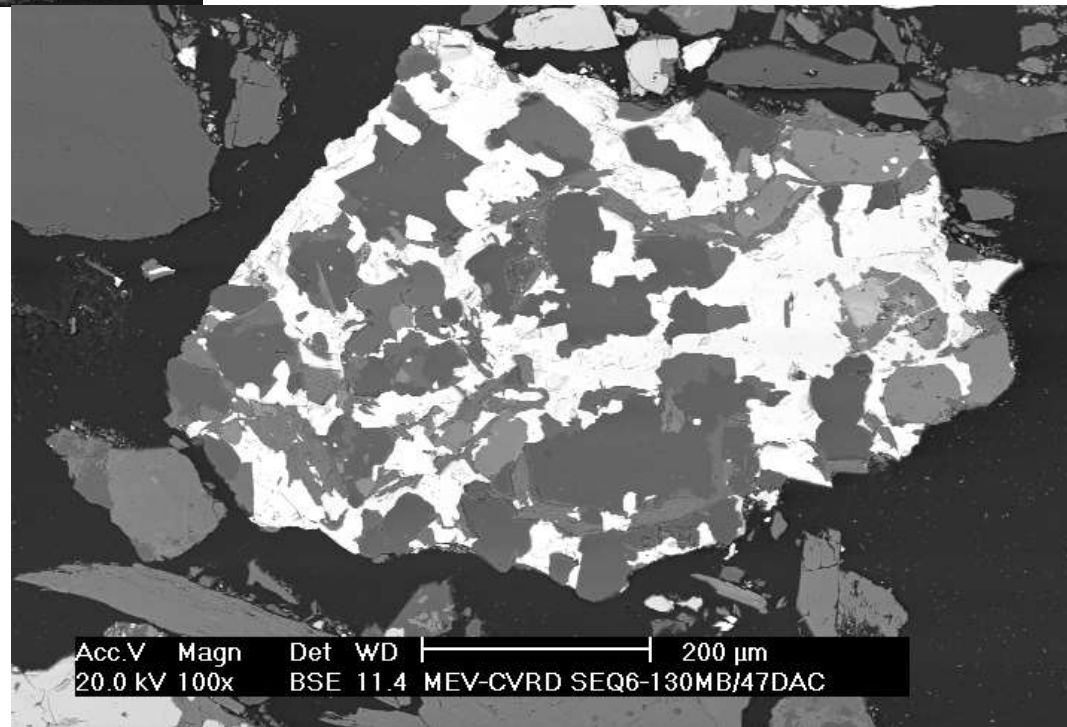
Porque separar partículas sólidas?



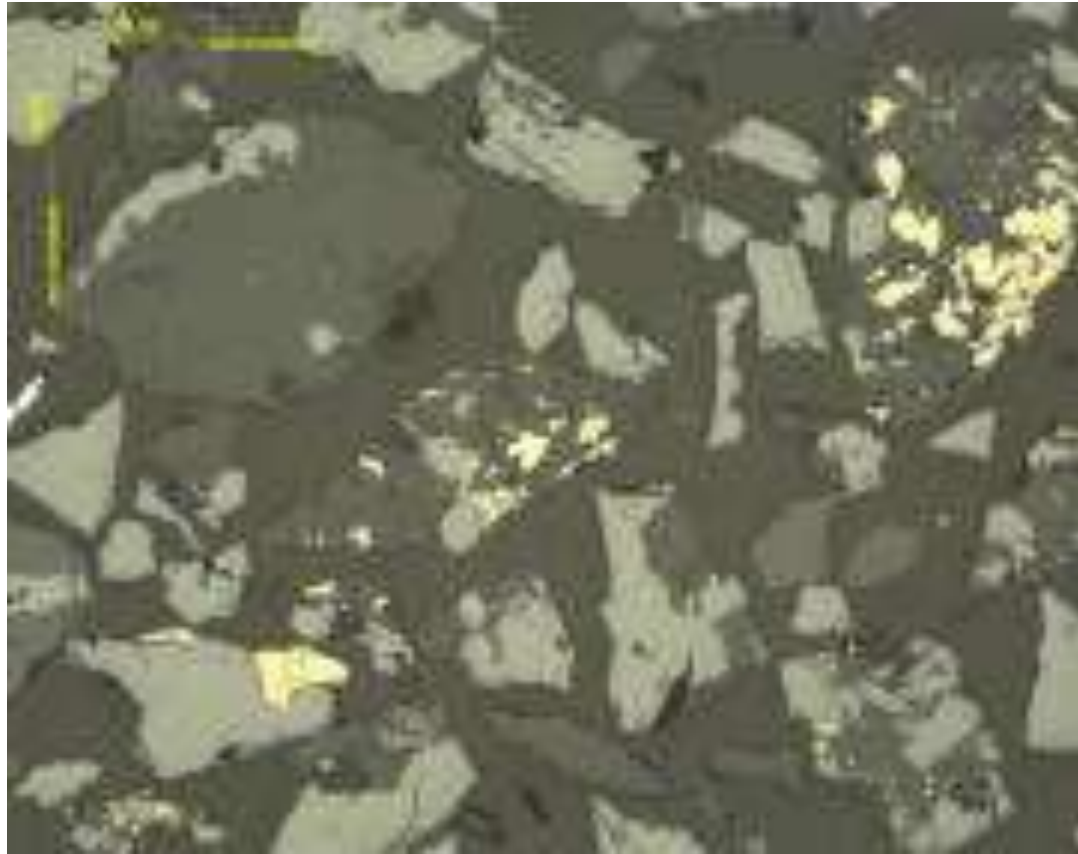


Sossego

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:

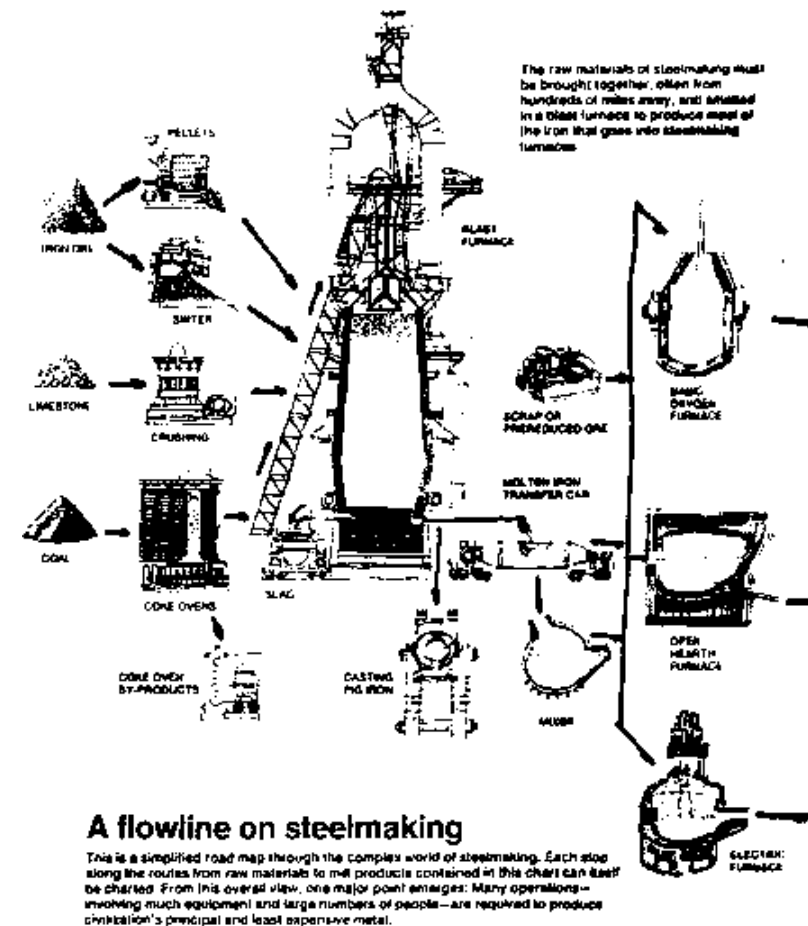
- produção barata
- abundância de oferta
- concentração fácil = concentrados de alto teor

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

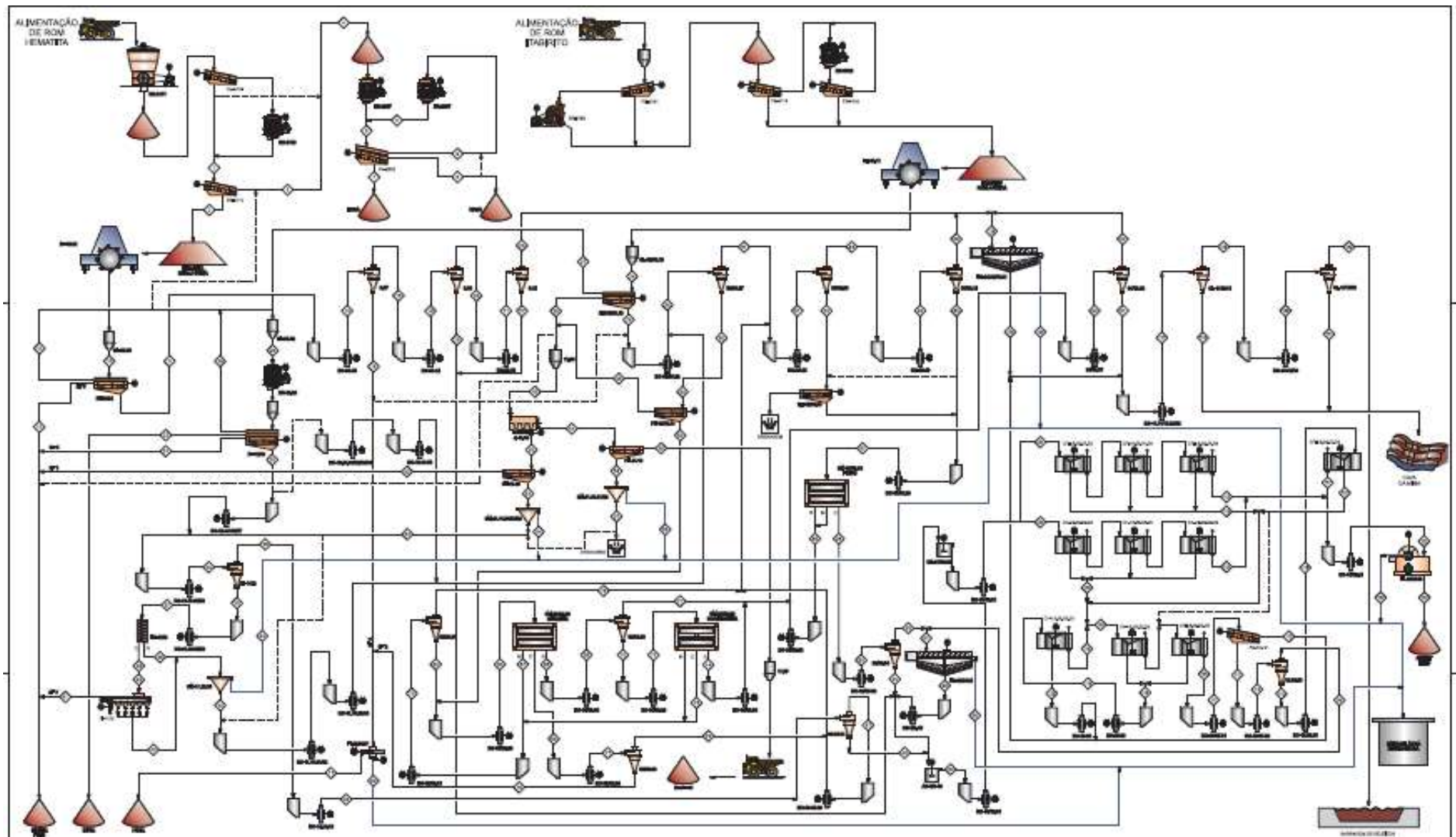
produção de aço = redução do minério em alto forno + refino

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

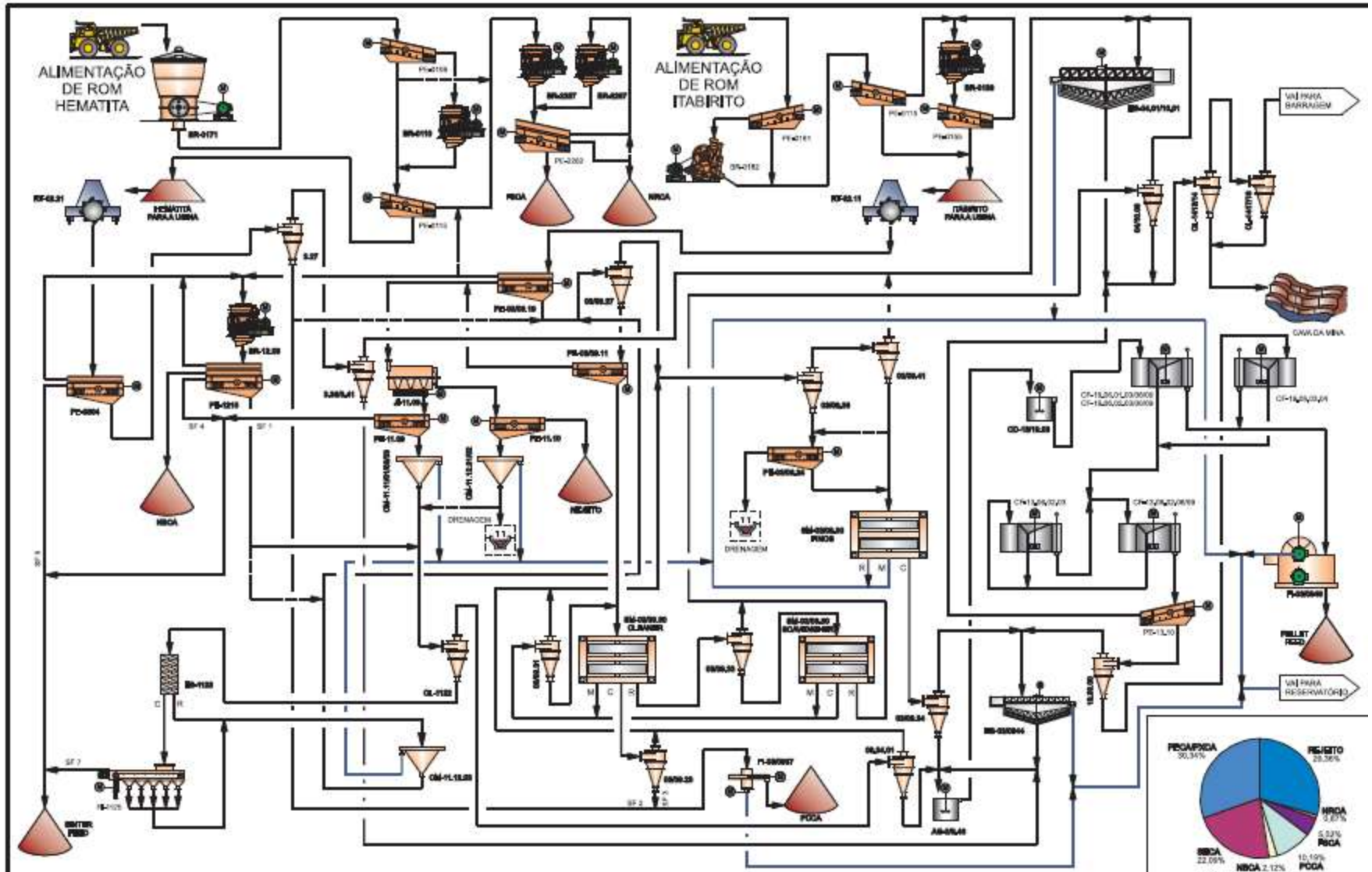
- grosso (ou aglomerado),
- isento de finos,
- ter teor de Fe elevado,
- ter teor de SiO_2 baixo,
- não ter contaminantes (P, S)



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

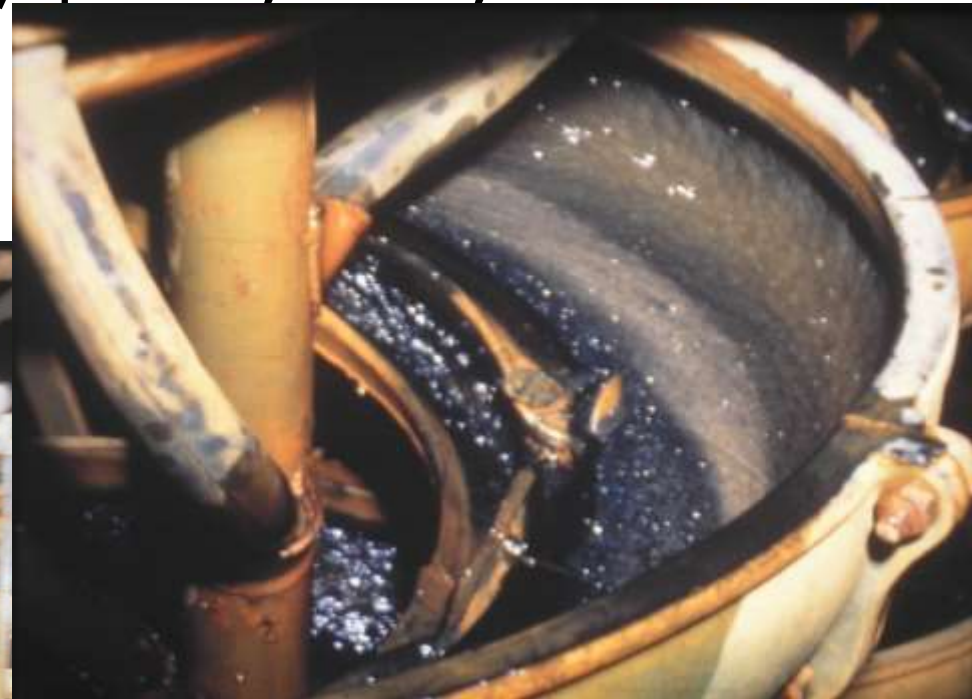


Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

processos de beneficiamento de minérios:

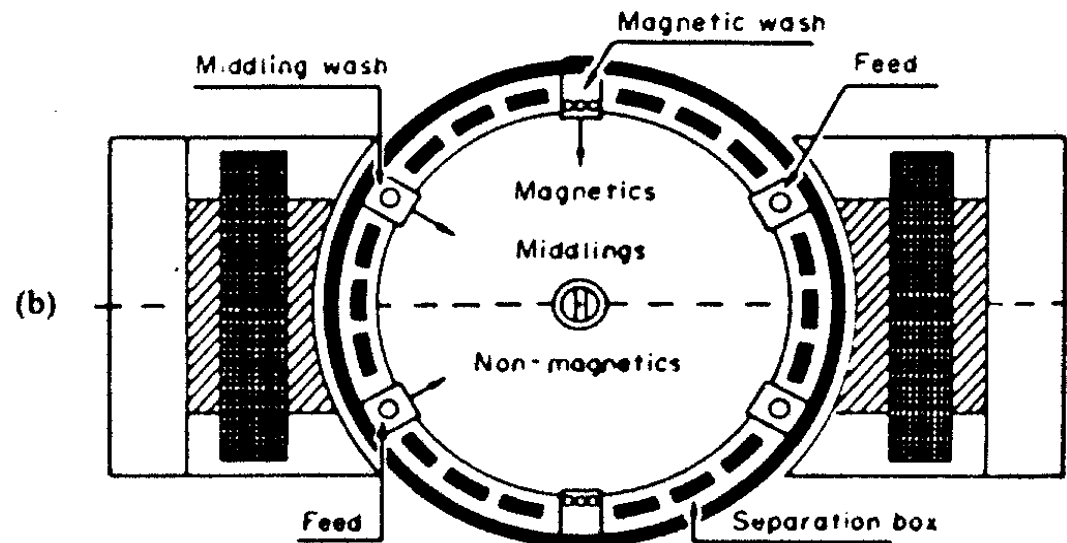
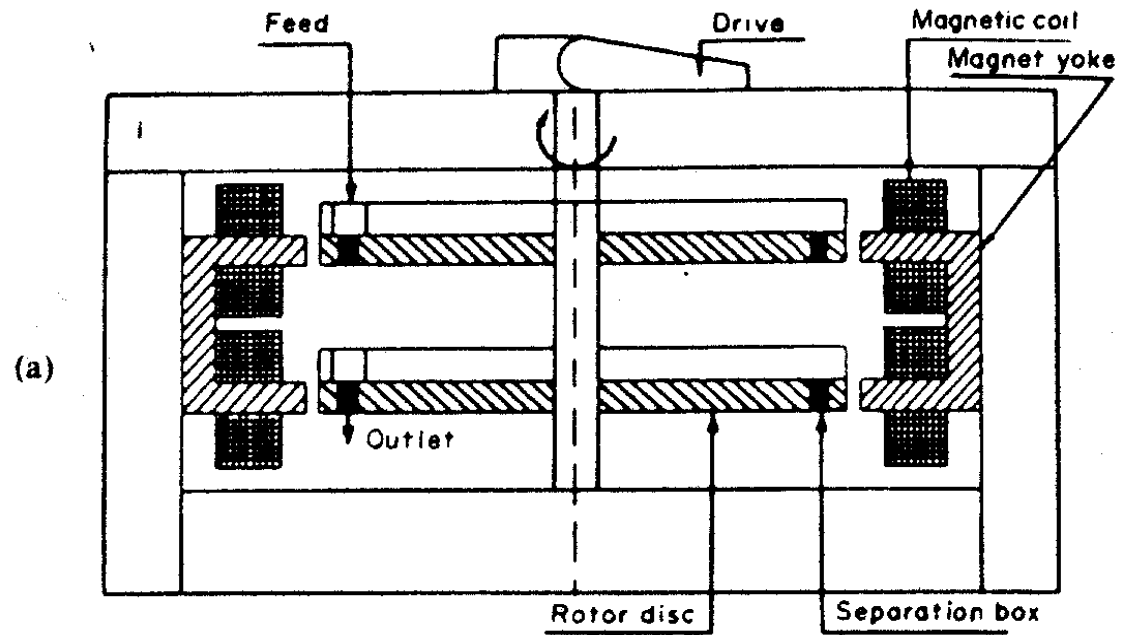
densitários – hematita, $d = 5,2$, quartzo, $d = 2,7$

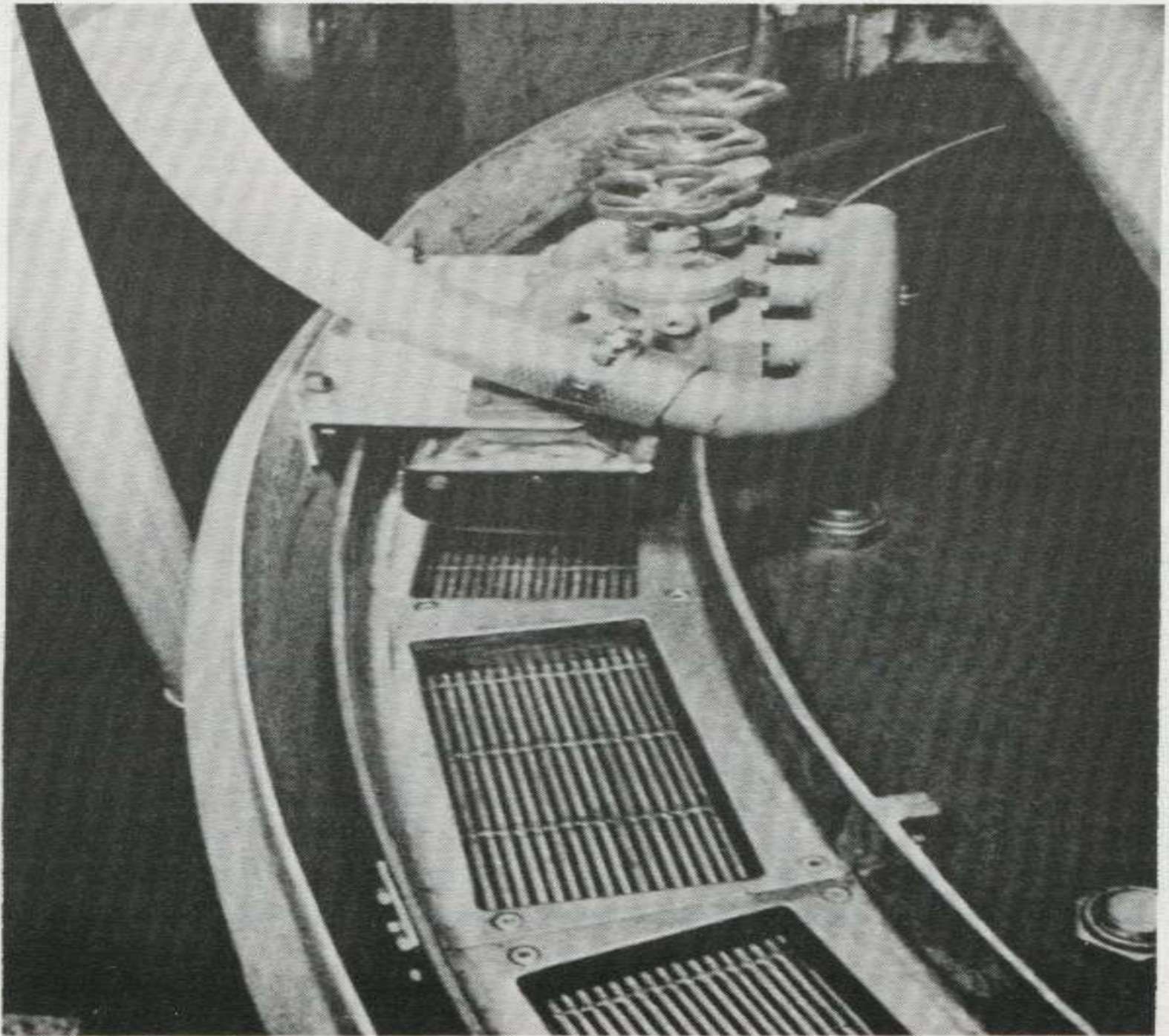
espirais concentradoras



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

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

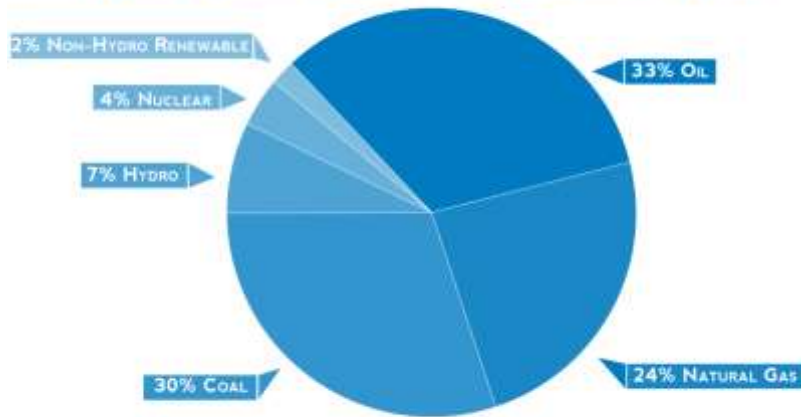
No Brasil não temos a cultura do uso do carvão !

balanço energético brasileiro

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
bagaço de cana	15,5
outras	3,2
total de renováveis	47,3

Exemplos de fluxogramas – carvão

WORLD ENERGY CONSUMPTION BY SOURCE, 2012

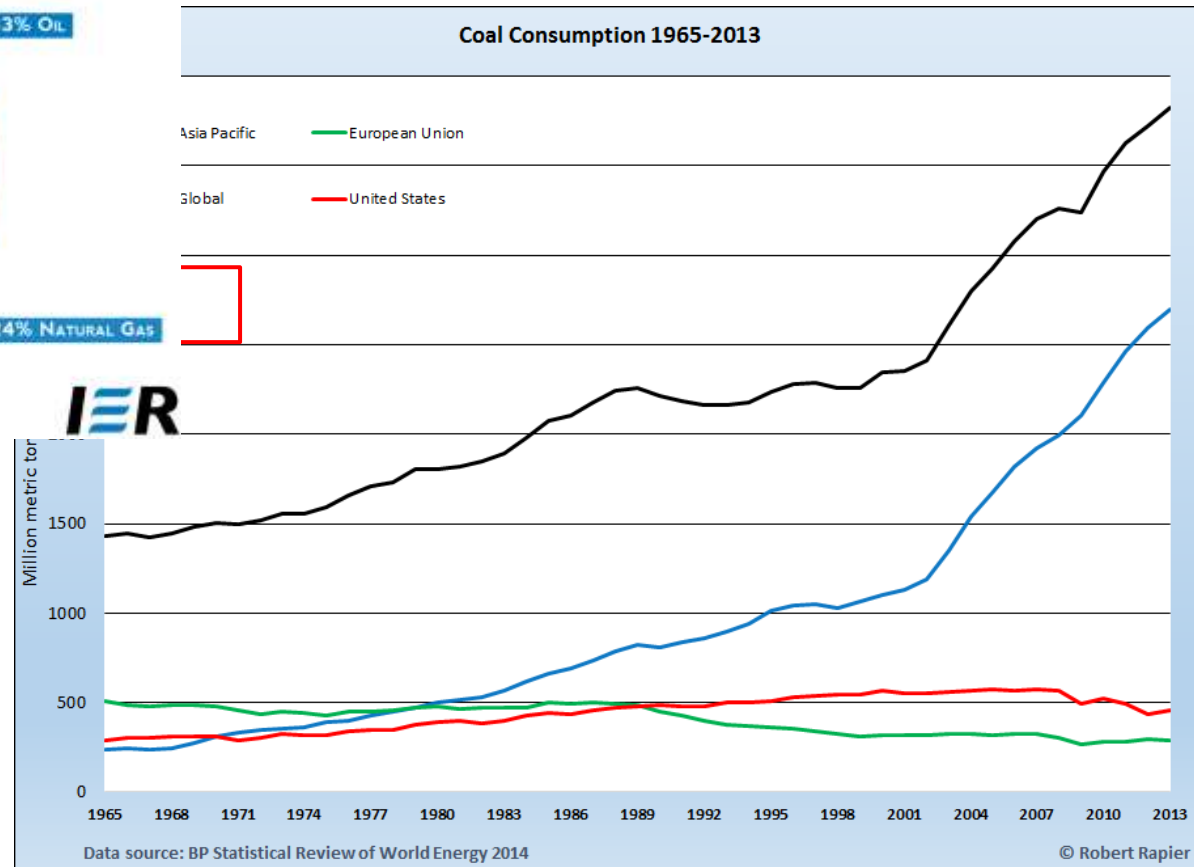


Source: BP Statistical Review of World Energy 2013

Mundo

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

Coal Consumption 1965-2013



IER

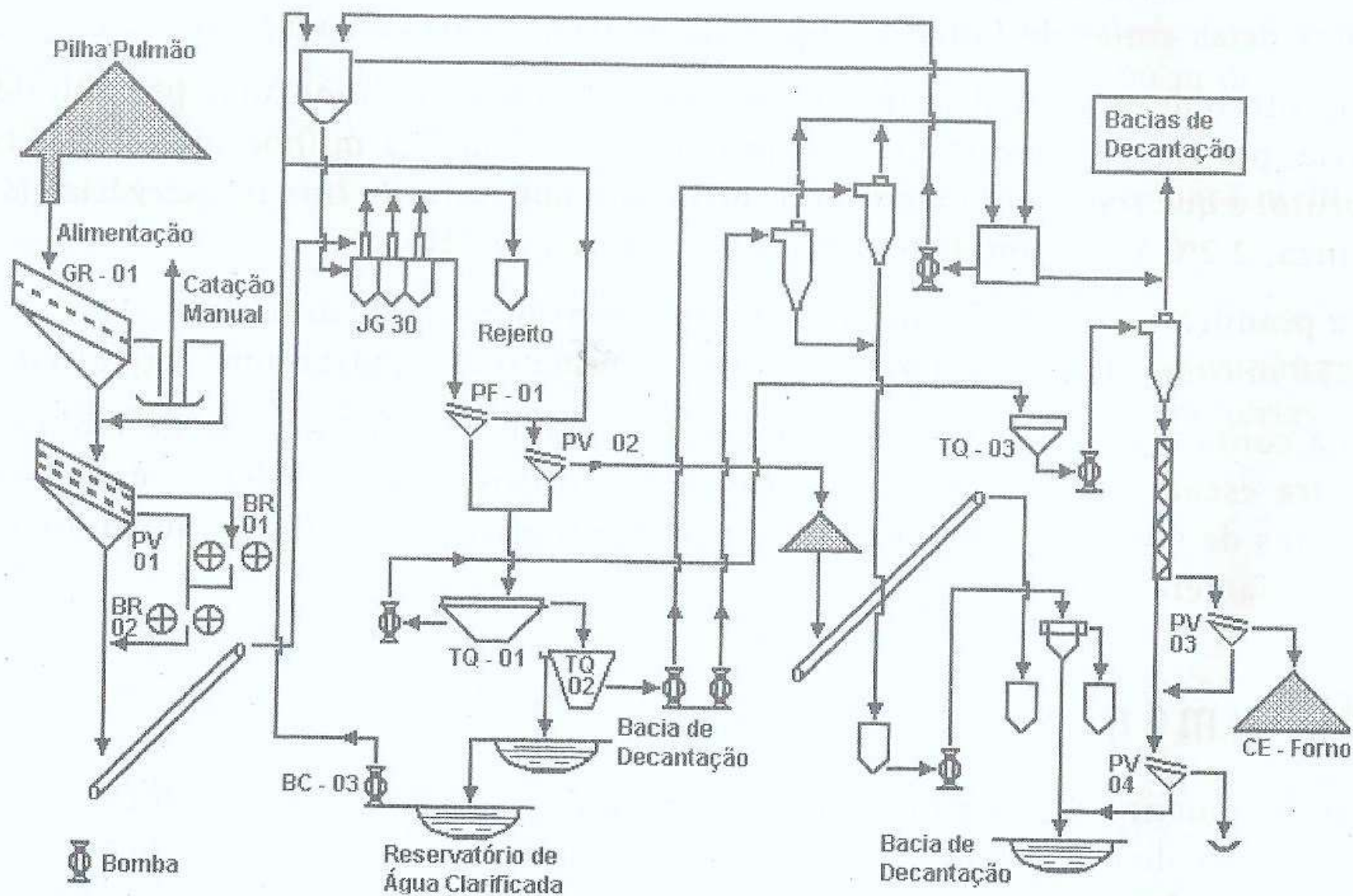
Data source: BP Statistical Review of World Energy 2014

© Robert Rapier

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

Exemplos de fluxogramas – carvão



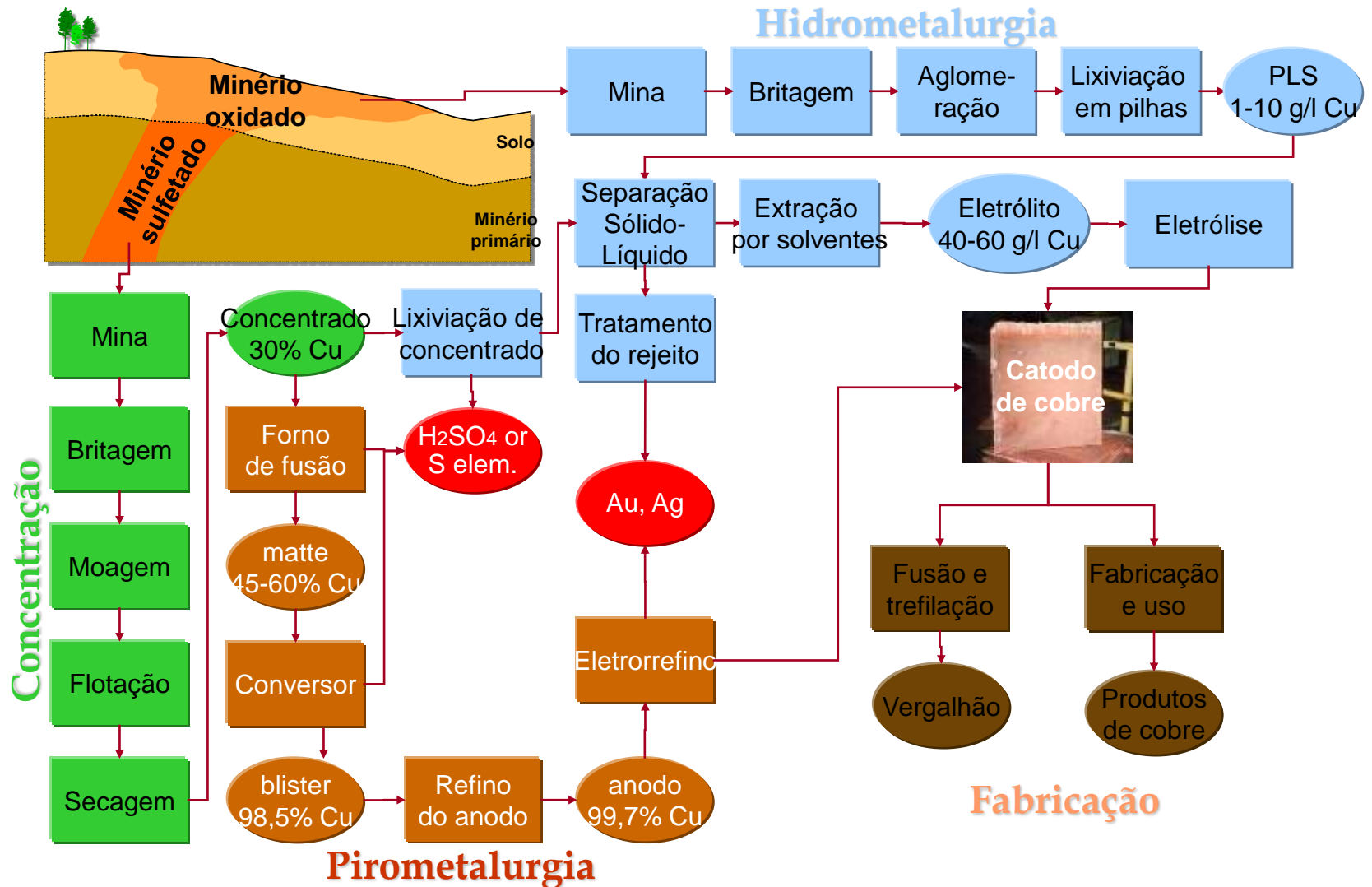


1: Fluxograma de beneficiamento de carvão da CARBONÍFERA METROPOLITANA

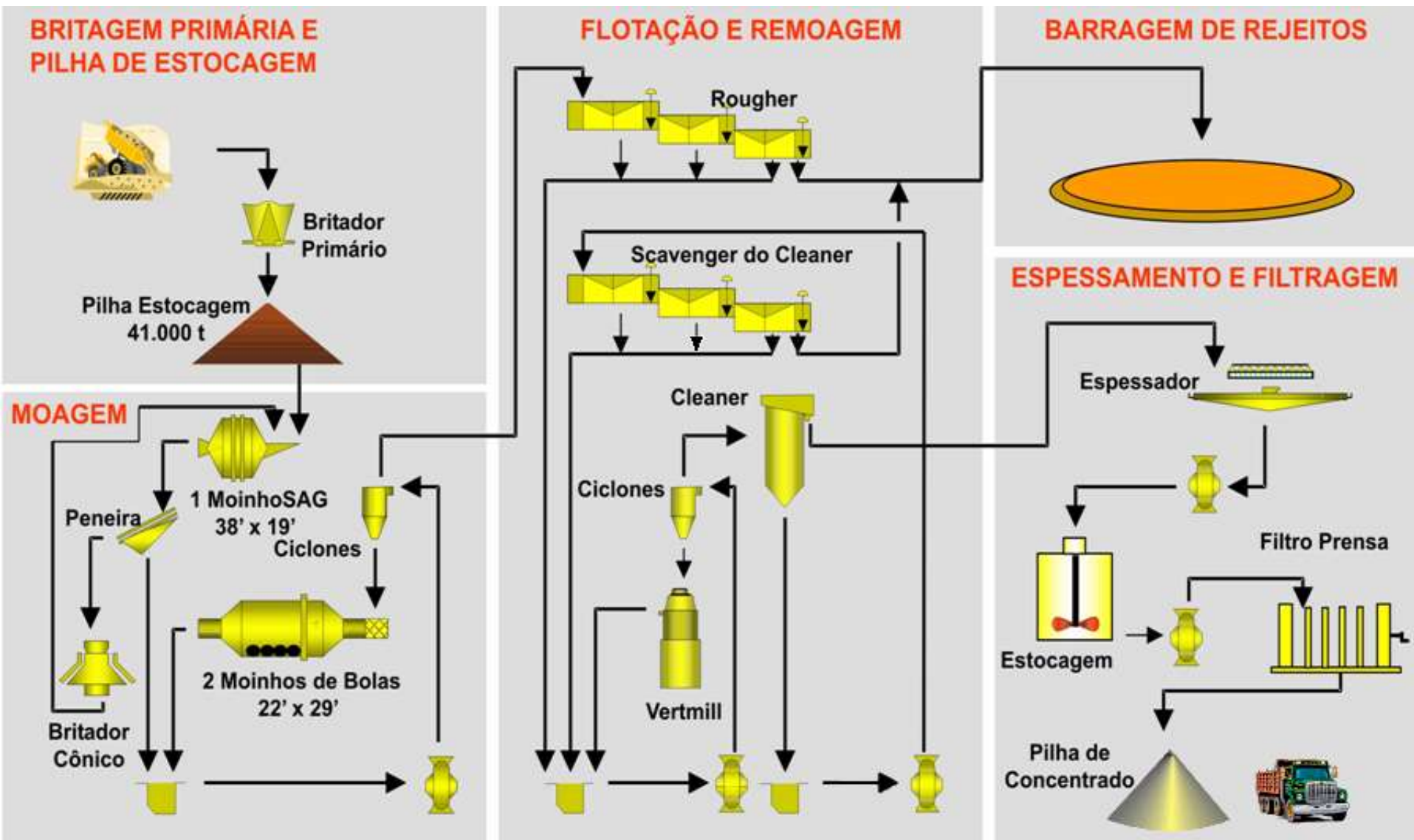


Foto: Jochen Peters

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?



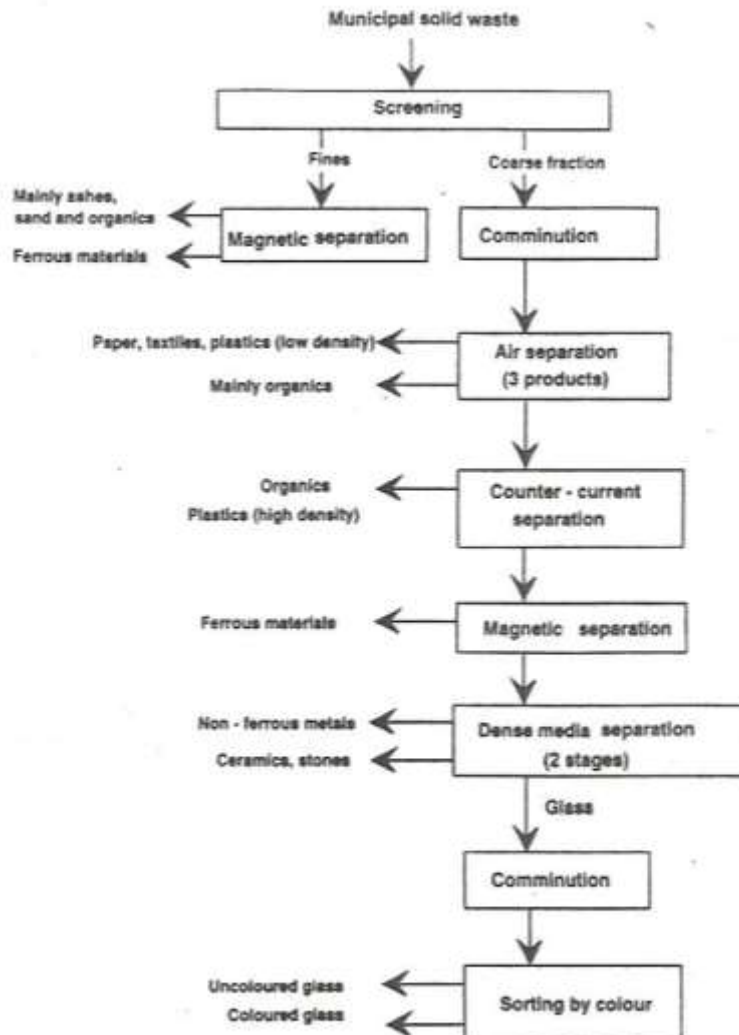
As aplicações são só na mineração?





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

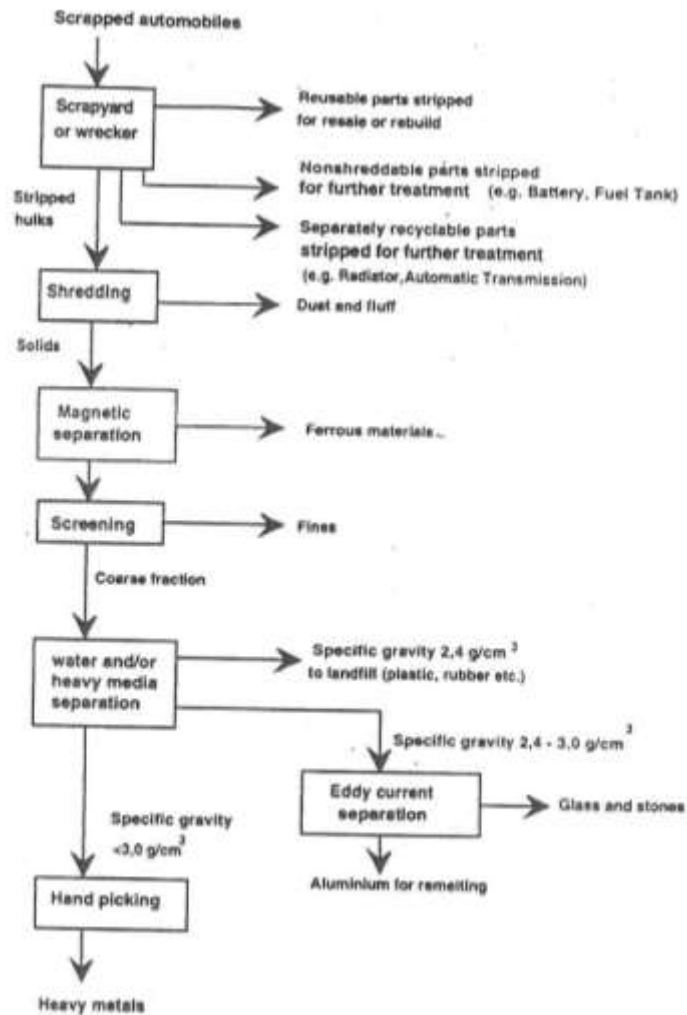


FIG 15 - The process of recycling of scrapped cars.

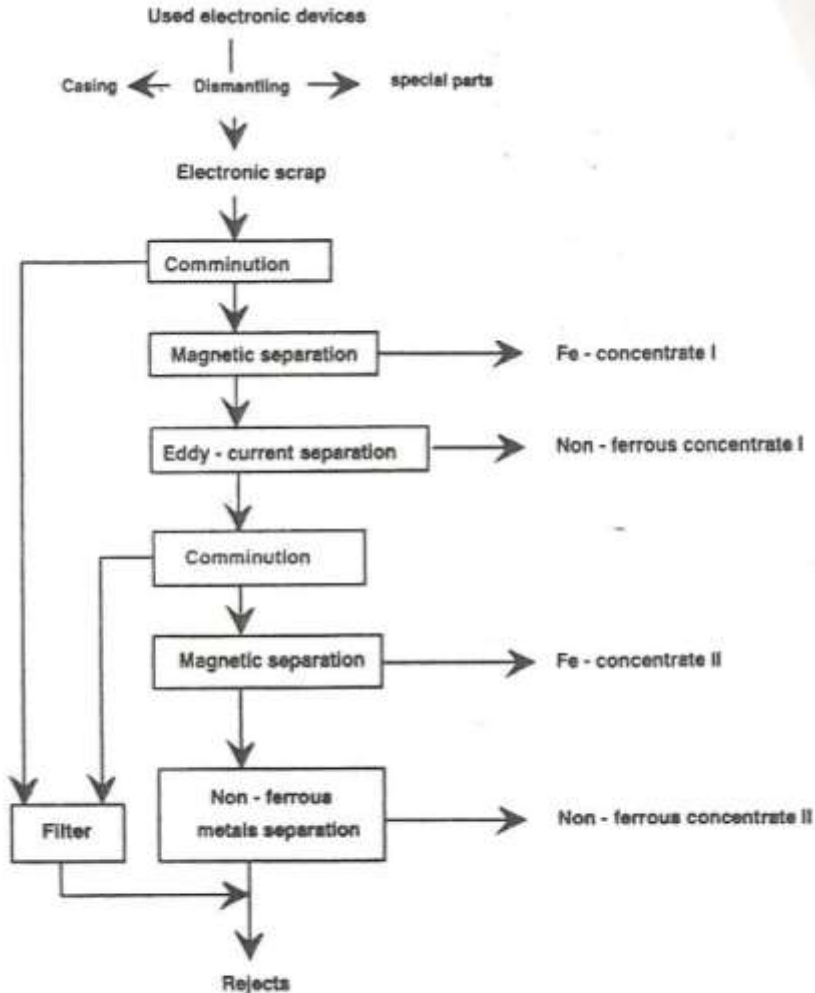
<http://www.youtube.com/watch?v=ipgpwwBB9G0>

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

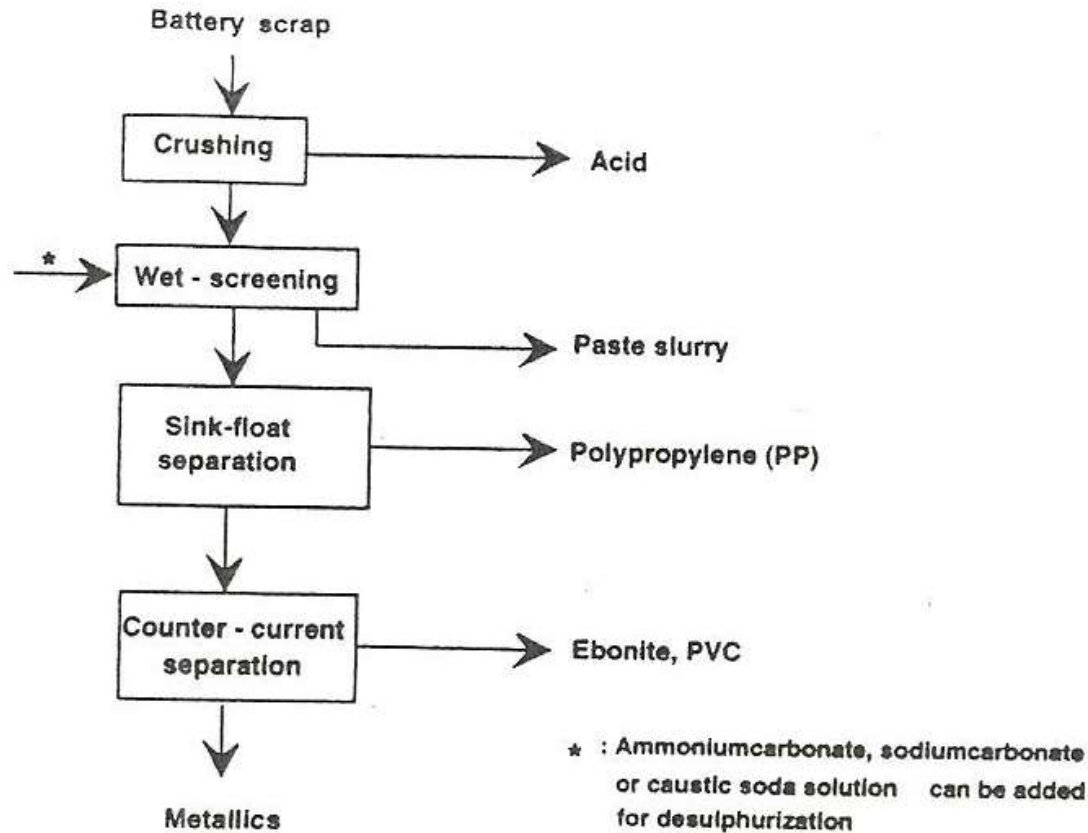
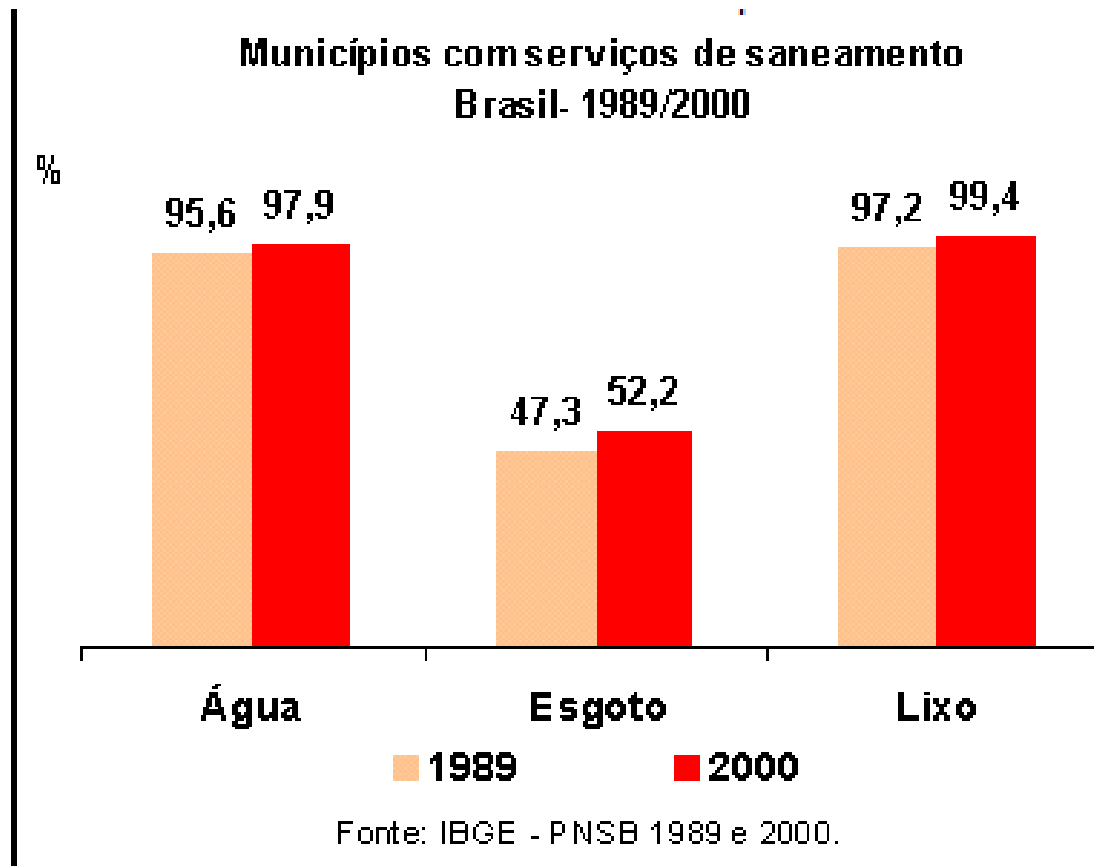


FIG 18 - Simplified flowsheet for recycling of battery scrap.

Tratamento de esgotos



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

Descontaminação de solos

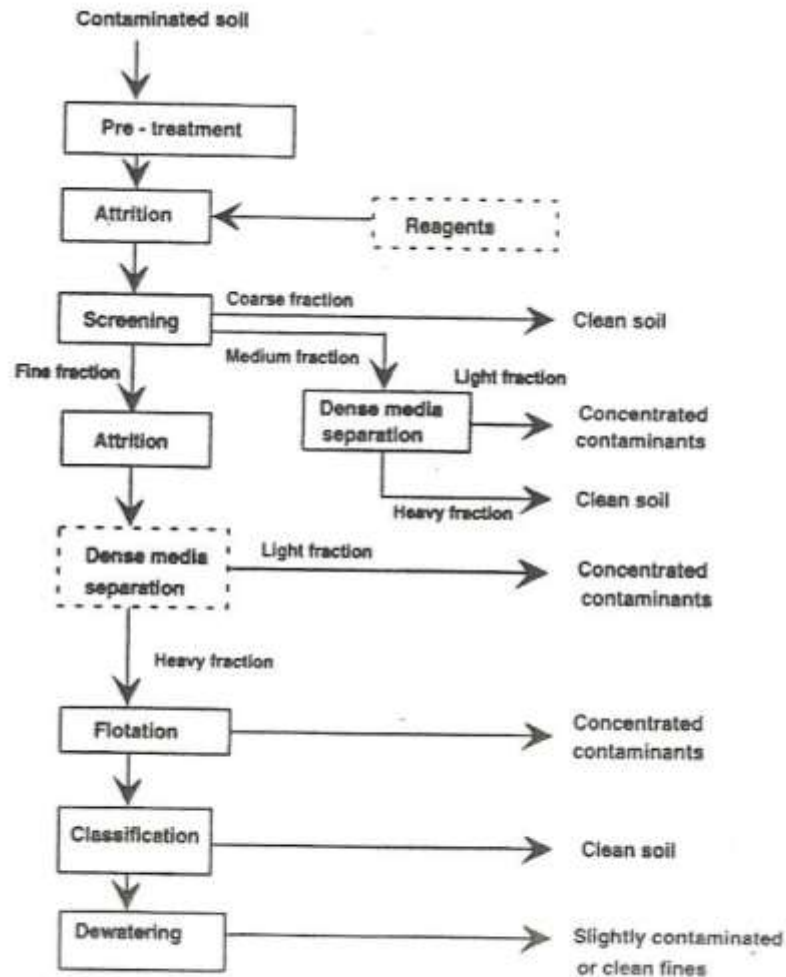


FIG 19 - Simplified flowsheet of soil decontamination.

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, 18th, 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 >. Acesso em: 01 out. 2011.
- Imagens google images e do autor.