



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

## PMI-3102 INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE MINAS

### AULA 2 - INTRODUÇÃO À LAVRA

Wilson Siguemasa Iramina

São Paulo, 05 de março de 2020

1

### Visitas técnicas

Aos alunos interessados em participar, peço que preencham, até o dia 08/04, os formulários serão disponibilizados no Moodle:

**Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A:** 04 de junho de 2020 - quinta-feira.  
Horário: 14h às 16h - Saída da Poli às 13h e retorno às 17h.

**Embu S.A.** - 07 de maio de 2020 – quinta-feira  
Horário: 13h30 às 15h30 - Saída da Poli às 12h30 e retorno às 17h.

Traje obrigatório para as duas visitas: bota, calça jeans, camisa ou camiseta de manga comprida. Recomendável na mina filtro solar, repelente e óculos escuro. Levar caderno para anotações (obrigatório).

2

## Áreas de atuação do engenheiro de minas

PAÍS	Pesquisa	Lavra	Tratamento	Metalurgia
Brasil	geólogo			
	engenheiro de minas			hidro
Japão		engenheiro de minas		
USA	geólogo			
		eng. de minas	min. processing	eng. metalurgista

[https://www.youtube.com/watch?v=a\\_IBCgFi6-s](https://www.youtube.com/watch?v=a_IBCgFi6-s)  
<http://www.anglogold.co.za/subwebs/VirtualTour/menu.asp>

3

### PALAVRAS CHAVE E CONCEITOS

- mineral, minério, ganga, estéril, rejeito, concentrado, ROM
- background, anomalia, depósito mineral, corpo de minério, jazida, mina, usina, recurso e reservas
- cava, galeria x túnel, poço, chaminé, rampa, plano inclinado
- relação de mineração
- 5 métodos básicos de lavra a céu aberto
- operações unitárias a céu aberto
- 8 métodos básicos de lavra em subsolo
- operações unitárias em subsolo
- outros métodos

4

minério = ore = rocha com valor econômico de 1 ou mais minerais

ganga = gangue = minerais na rocha (minério) sem valor

estéril = rocha sem minério, por cima ou ao lado do minério (encaixante)

rejeito = o que sobra quando se retira do minério o mineral de interesse

concentrado = mineral de minério com teor bem mais alto que o teor do minério

ROM = run of mine = minério desmontado na boca da mina

<https://www.youtube.com/watch?v=0f6Qn152M>  
<https://www.youtube.com/watch?v=0f6Qn152M>  
<https://www.youtube.com/watch?v=0f6Qn152M>

5

jazida = depósito ou corpo de minério de valor econômico hoje

mina = jazida em lavra (extração)

recursos = quantidade de minério que se acredita existir a partir de indícios gerais

reservas = quantidade de minério dos recursos que se estima existir, com base em cálculos estatísticos

lavra a céu aberto

lavra em subsolo = ativação + desativação

ativação = abertura, desenvolvimento, produção

6

**POÇO** = abertura vertical ou inclinada, até a superfície, de diâmetro maior, para acesso, transporte, ventilação etc, escavada de cima para baixo.

**GALERIA** = abertura horizontal ou quase, para transporte, acesso, etc.

**RAMPA** = ramp = abertura para acesso ao corpo de minério, transporte, etc. Tem curvas.

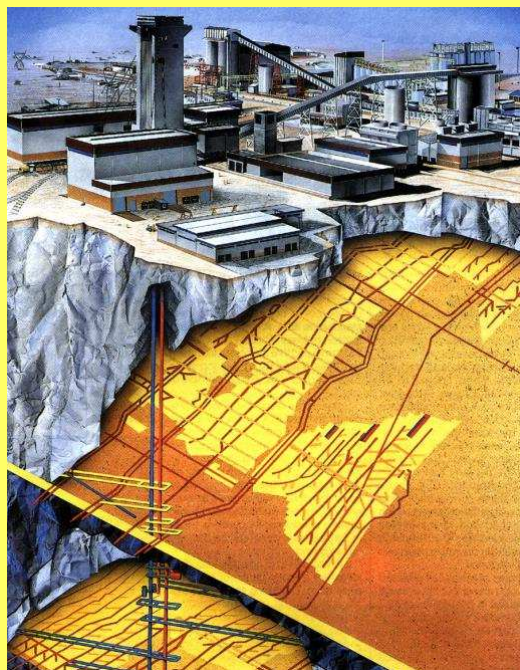
**PLANO INCLINADO** = decline, slope = abertura pra acesso ou transporte, sem curvas, usado para correias transportadoras.

**CHAMINÉ** = raise ou winze = abertura vertical inter-níveis, diâmetro menor, para minério, estéril, ventilação, etc. Escavada de cima para baixo, em geral não vai à superfície.

**TÚNEL** = obra civil, 2 entradas, superficial, longa duração

**REALCE** = stope = local da extração do minério in situ

7



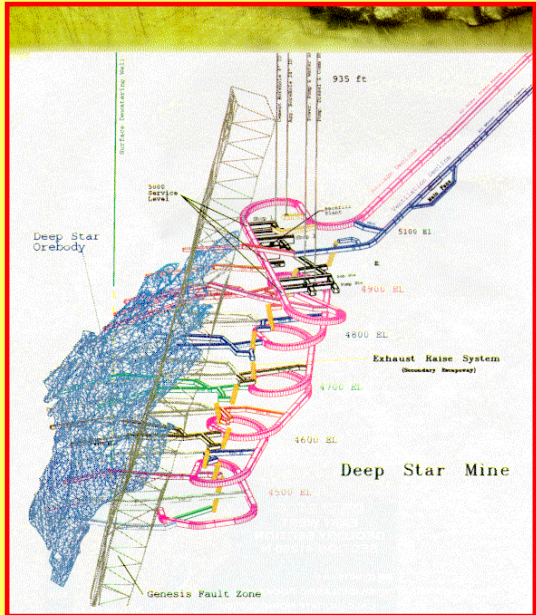
Usina em superfície e mina em subsolo

Qual o método de cominuição e separação?

Qual o método de lavra?

Qual a profundidade?

8

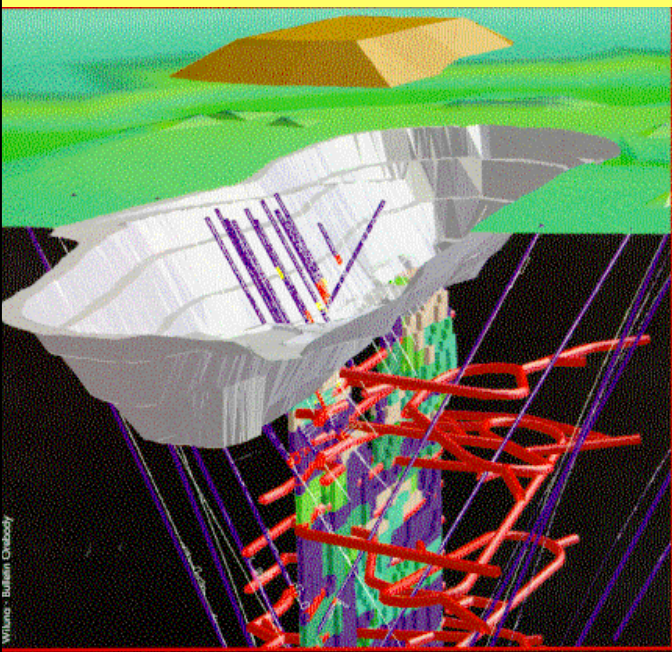


Modelo wireframe

Softwares:  
 Datamine  
 Vulcan  
 Linx  
 Etc.

Planejar  
 Otimizar

9



Solid model:

Permite girar

Andar dentro

Atravessar

Dirigir máquina

RV = R. Virtual

10

## CARACTERÍSTICAS DA MINERAÇÃO:

- Unidade é o milhão de dólares – tudo é grande  
máquinas, tratar lixo, Tâmis
- Tempo de maturação - anos: pesquisar, lavar: Carajás 10 anos entre  
achar e primeiro vagão
- Riscos muito altos – lucros muito grandes: multinacionais  
O que paga trabalho é salário, o que paga risco é lucro:  
Folha de Flandres / 1<sup>os</sup> projetos na Amazônia
- Produtores do mesmo produto a custos muito diferentes:  
Ouro Mina A = U\$ 100/oz      Mina B = U\$ 300 / oz

11



12

Você já perdeu alguma coisa que, de repente,  
apareceu em um lugar inusitado?



Cadê meu trator ?

13

Ahhh ... Achei...



Ali, perto da roda dentada

!!



14



15



16





17

### SÃO MINAS:

Grandes cavas

Grandes vias e salões em subsolo

### SÃO TAMBÉM “MINAS”:

Pedreiras

([https://www.youtube.com/watch?v=Gwt\\_sGjO4C4](https://www.youtube.com/watch?v=Gwt_sGjO4C4) marmore)

portos de areia

extração de argilas, dragagem, desmonte hidráulico, fontes de água, etc.

18

## Qual o trabalho do engenheiro de minas?

Pesquisa - achar

Economia mineral e engenharia econômica - valorar

Caracterização tecnológica – características,  
contaminantes

Lavra a céu aberto e em subsolo - extração

Mecânica de rochas / geomecânica - estabilidade

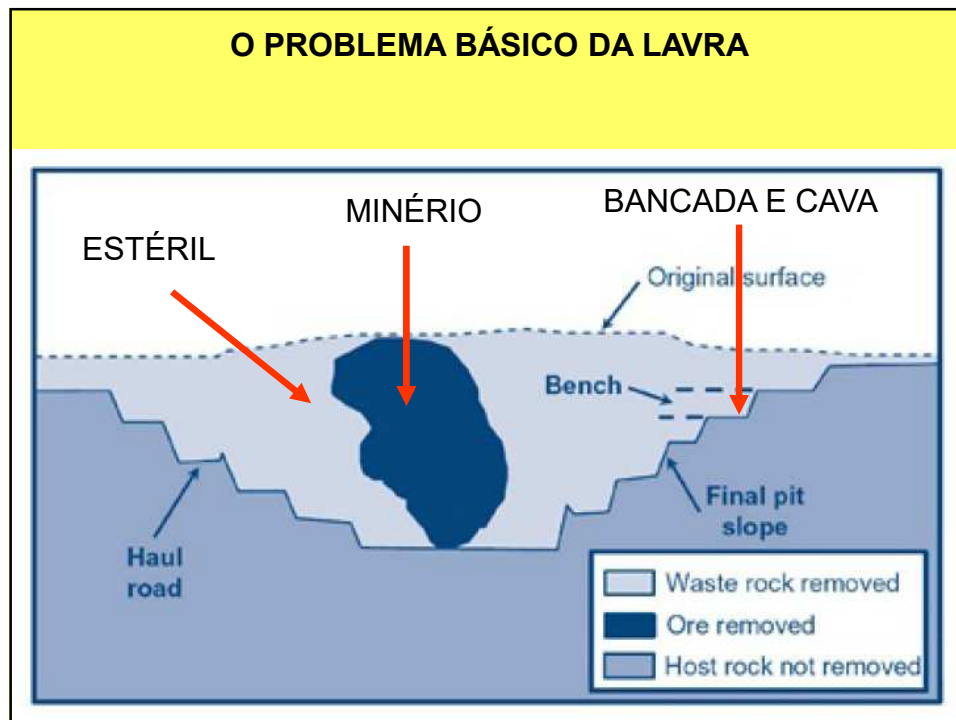
Tratamento de minérios – concentrar, separar

Meio ambiente – preservar, cuidar

Higiene e Segurança – meios externo e interno à mina

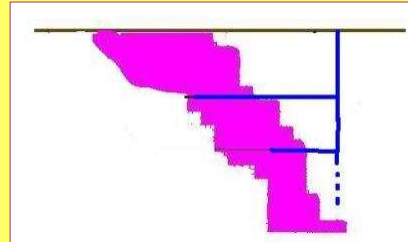
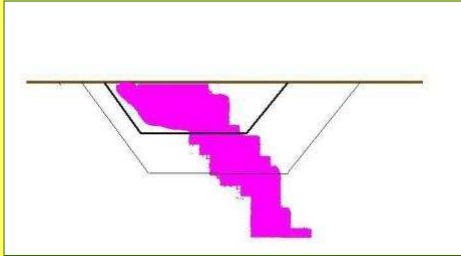
19

## O PROBLEMA BÁSICO DA LAVRA

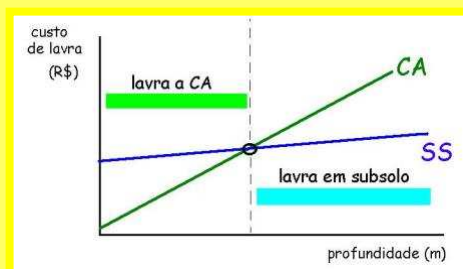


20

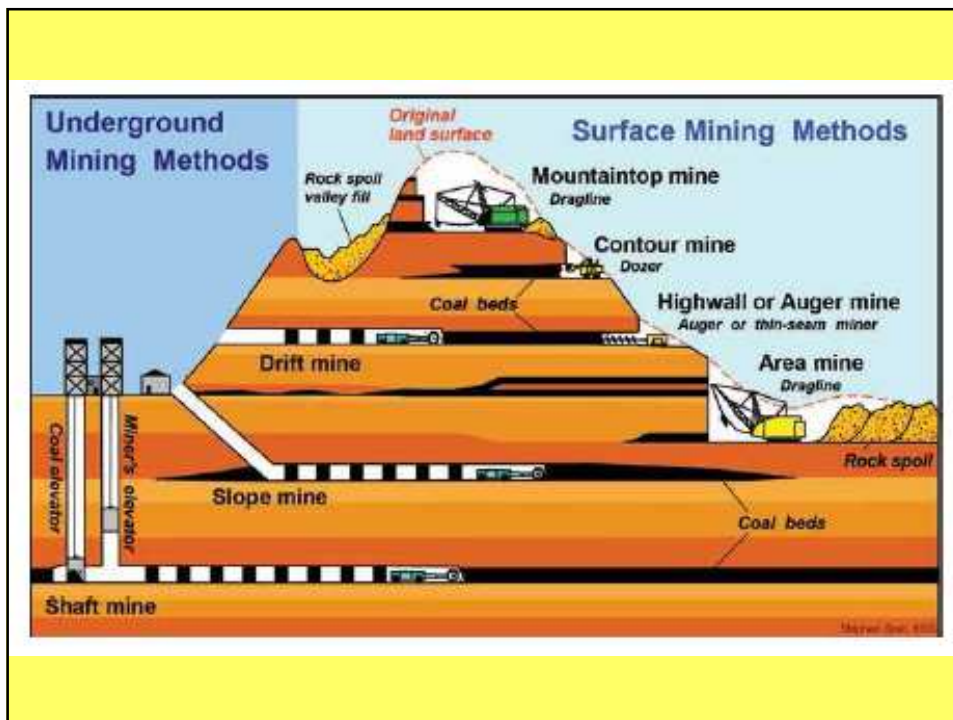
**Métodos de lavra: CA (Céu aberto) x SS (Subsolo ou subterrânea)**



**Relação de mineração**



21



22

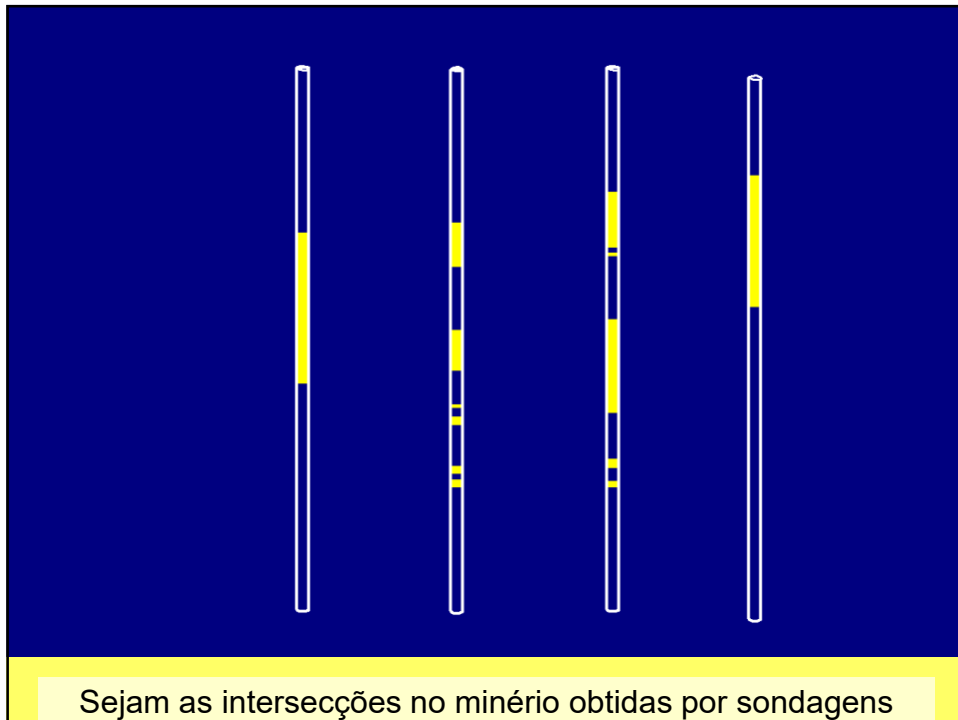
## PESQUISA

Métodos geológicos – poços trincheiras, sondagem, amostras, mapeamento, afloramentos,

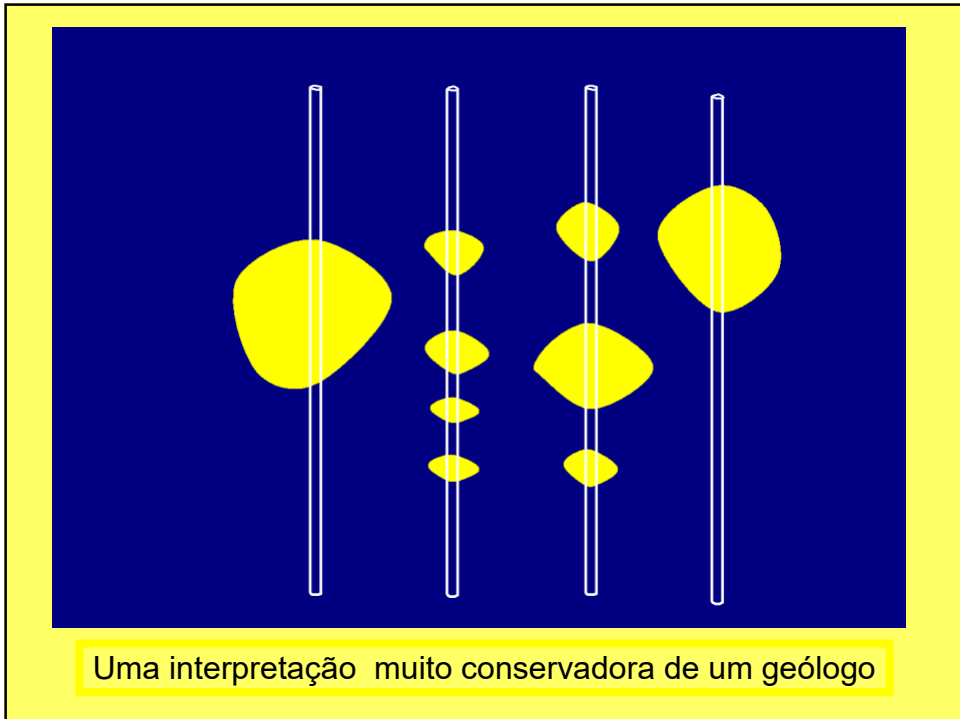
Métodos geofísicos – sísmicos, gravimétricos, etc.

Dados para o planejamento de lavra – como variam os teores, onde retirar primeiro, o que misturar para teor ser o especificado, etc.

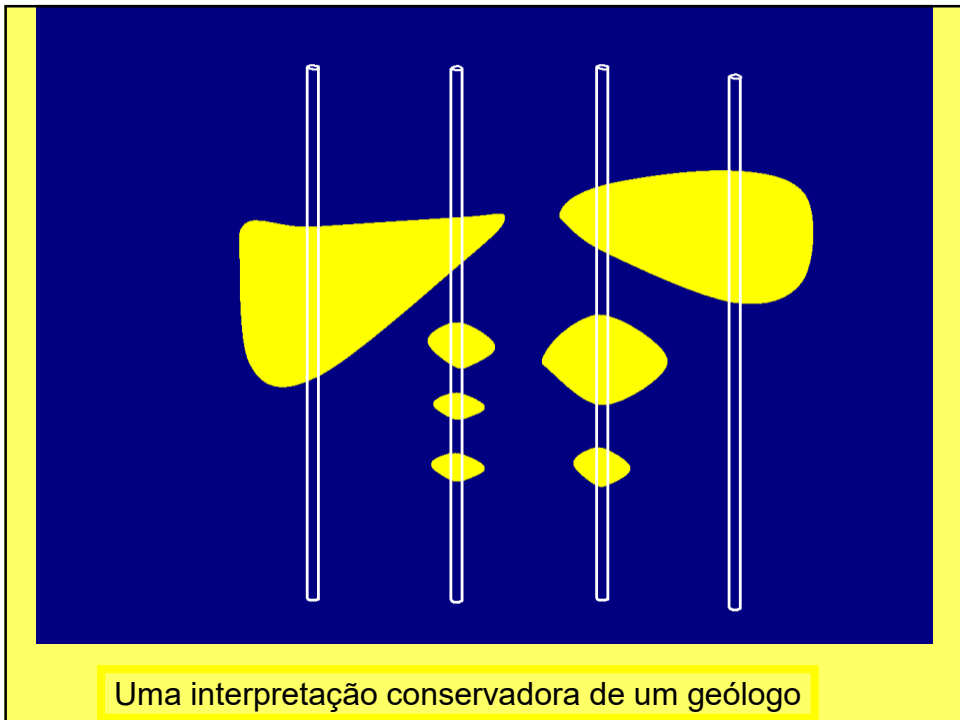
23



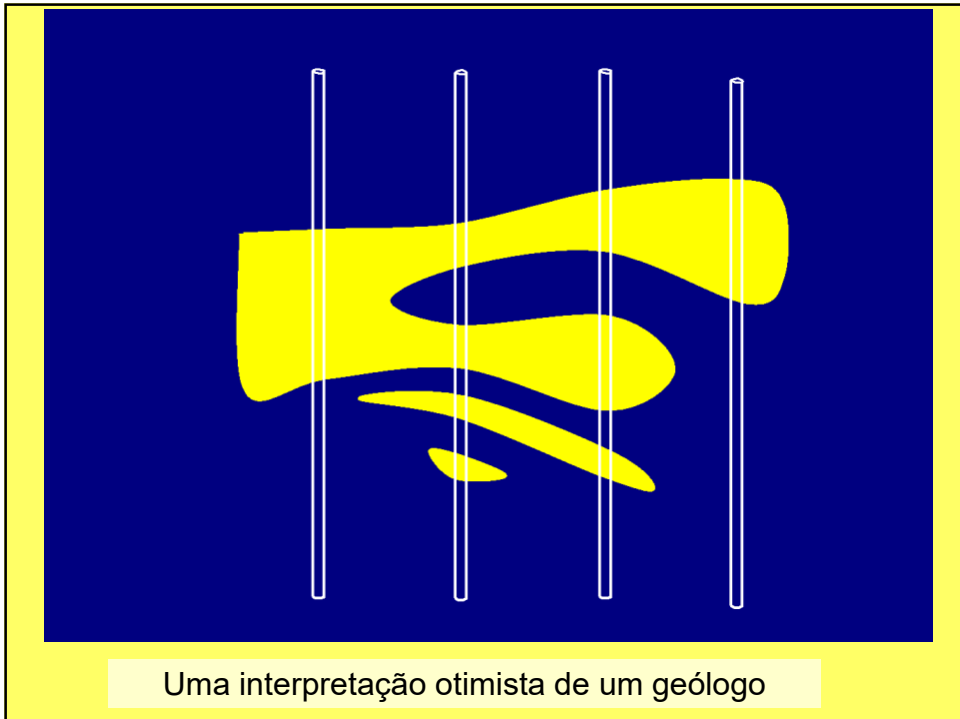
24



25



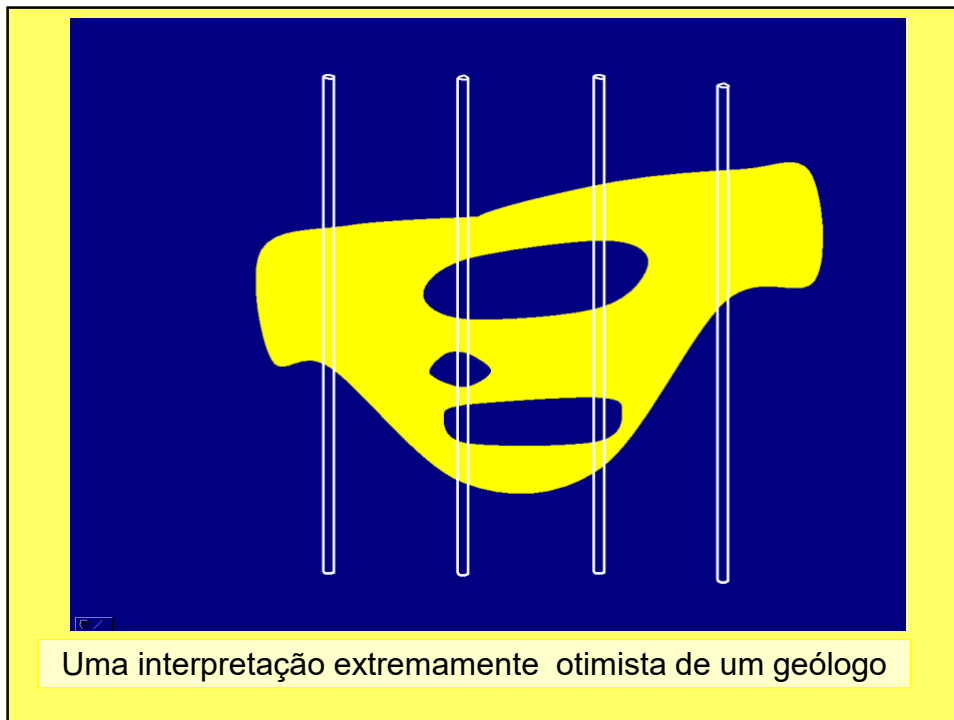
26



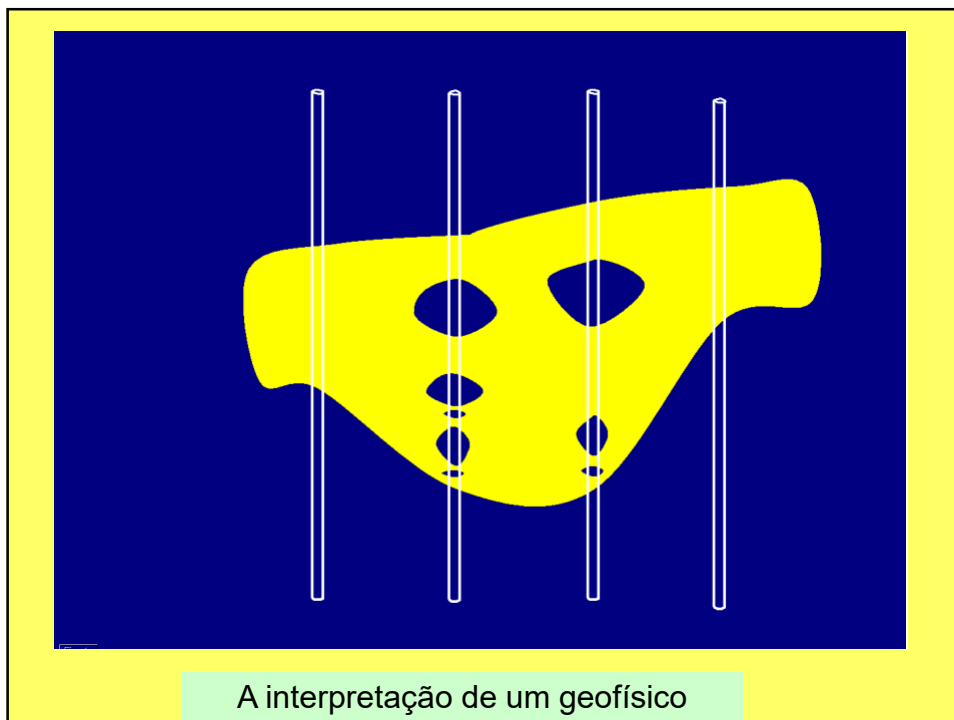
27



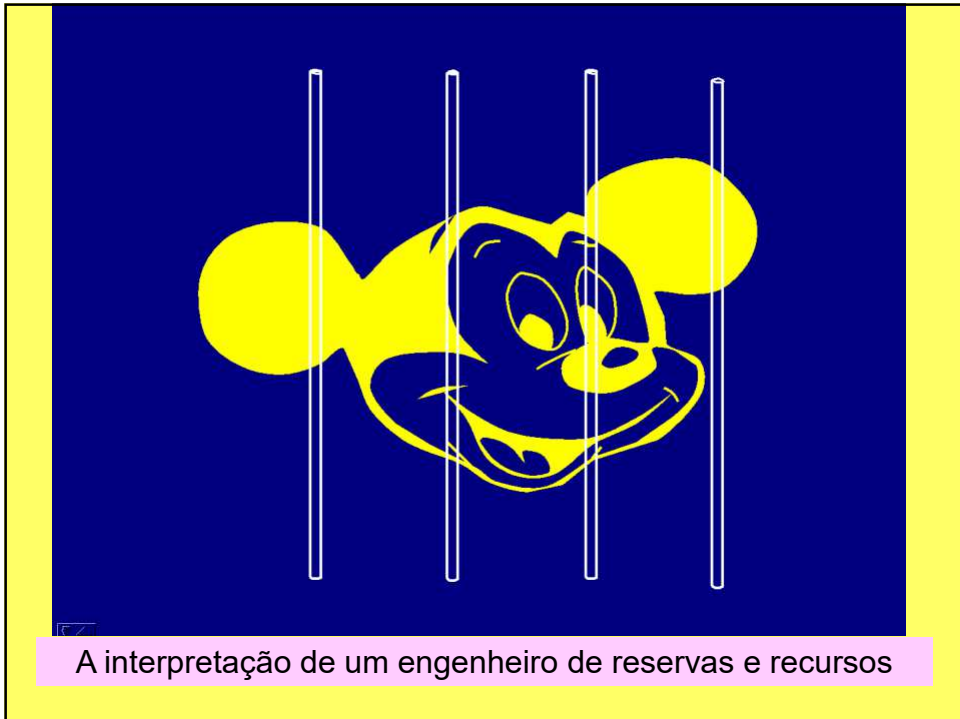
28



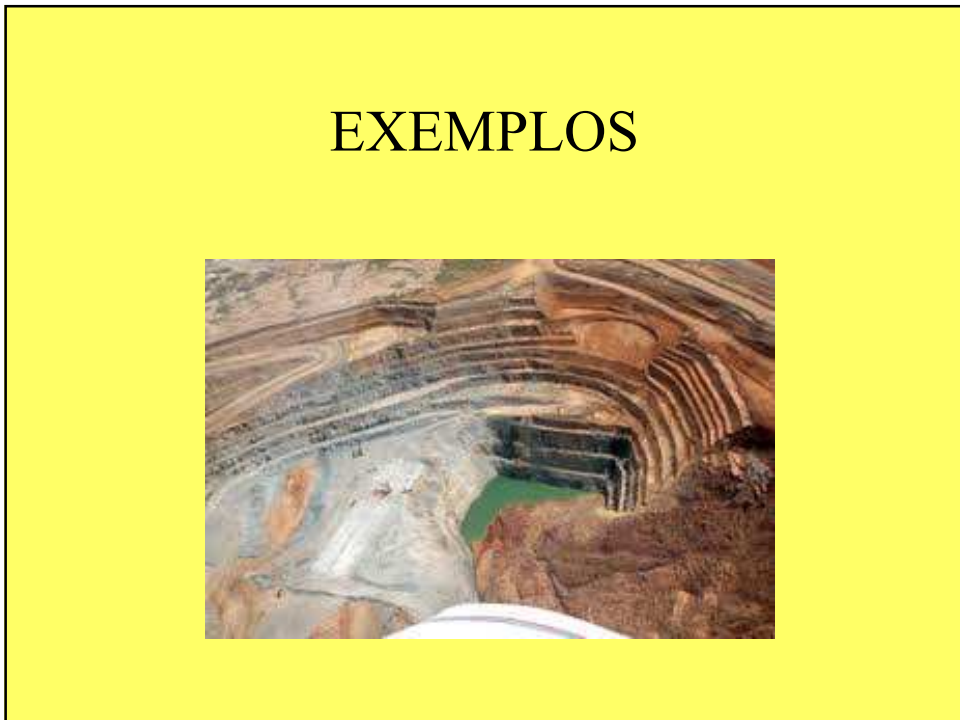
29



30



31



32



## EXEMPLOS



33

## EXEMPLOS



34

## EXEMPLOS



35

## EXEMPLOS



36

## INTRODUÇÃO

- Lavra a céu-aberto:
  - ✓ lavra em bancadas
  - ✓ lavra em tiras
  - ✓ desmonte hidráulico
  - ✓ dragagem
  - ✓ métodos híbridos

37

## INTRODUÇÃO – LAVRA EM BANCADAS

- Método de lavra mais comum em minas a céu-aberto;
- Muito comum em rochas e materiais competentes;
- Grande variedade de equipamentos especializados para escavação e transporte;

38

## INTRODUÇÃO – LAVRA EM BANCADAS

O dimensionamento da cava e das bancadas depende de fatores como:

- geologia local
- distribuição de teores
- dimensões da jazida
- topografia e limites da propriedade
- taxas de produção
- altura das bancadas
- ângulos de talude
- largura e gradiente das rampas
- custos e receitas esperadas
- recuperação de lavra e da usina
- teores de corte
- relação estéril-minério

39

## PEDREIRA CANTAREIRA, SP



40

**MINA DE CONCEIÇÃO –Vale, Itabira, MG**



41

**EXEMPLOS**



42

## EXEMPLOS



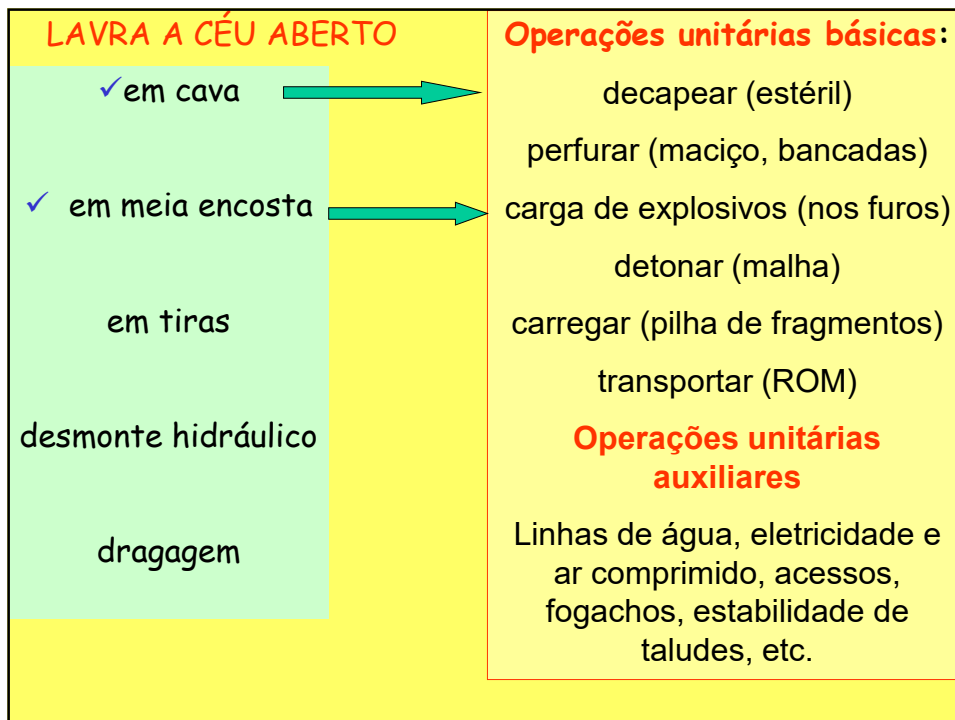
43

## OPERAÇÕES UNITÁRIAS NA LAVRA A CÉU ABERTO

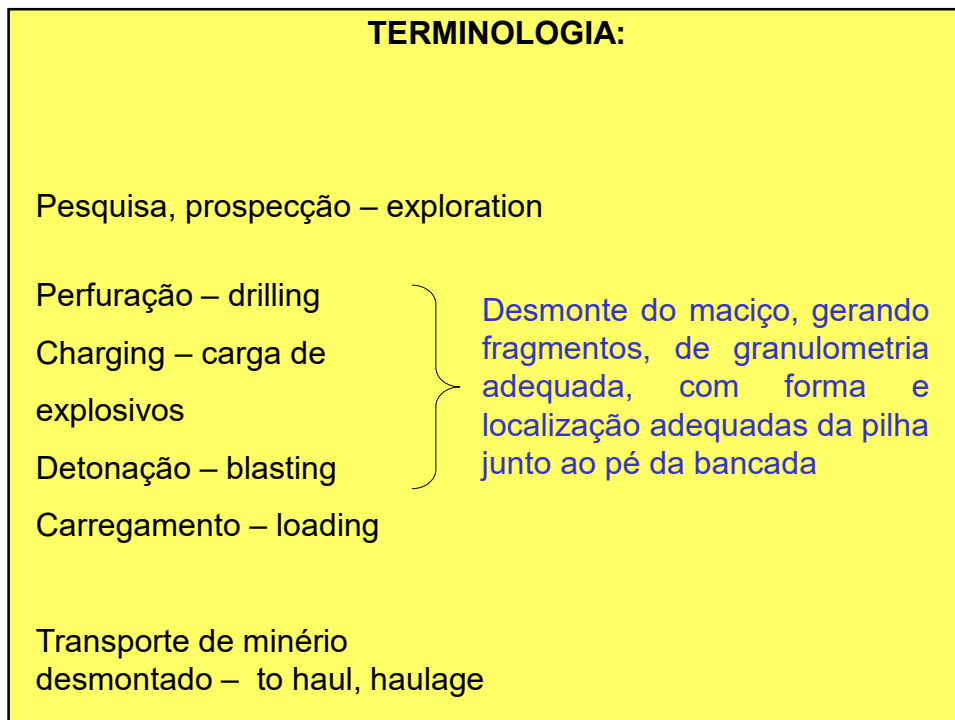
<https://www.youtube.com/watch?v=CD3fTgLyec>

<https://www.youtube.com/watch?v=u-4cnGLDgek>

44



45



46

# Retirada de estéril (decapeamento)

47



48



# Perfuração para desmonte (drilling)

49



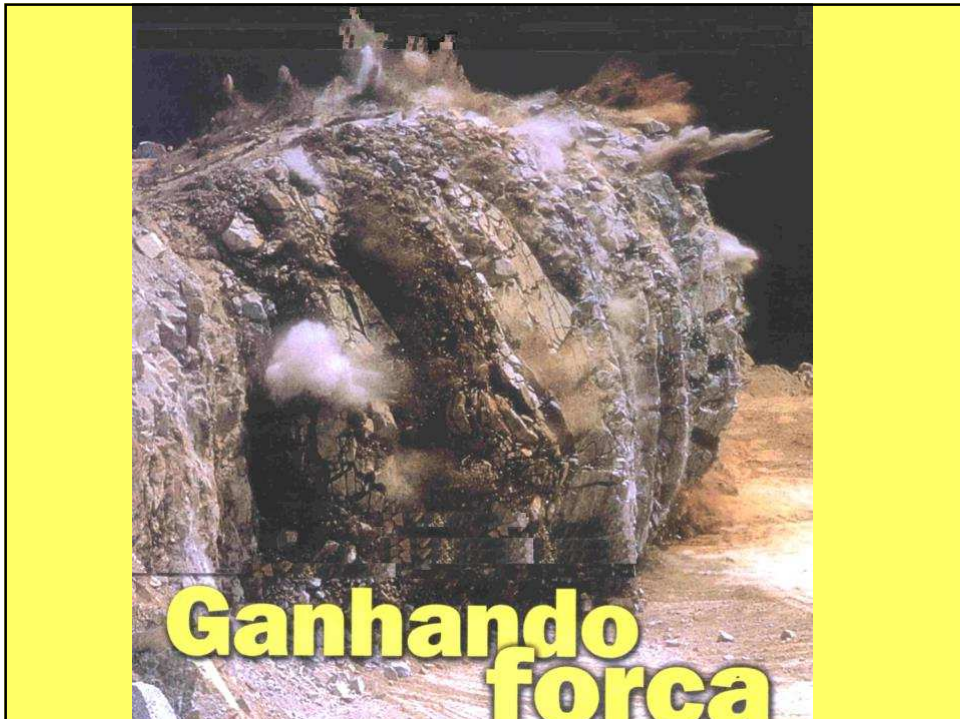
50

# Carga e detonação (charging and blasting)

51



52



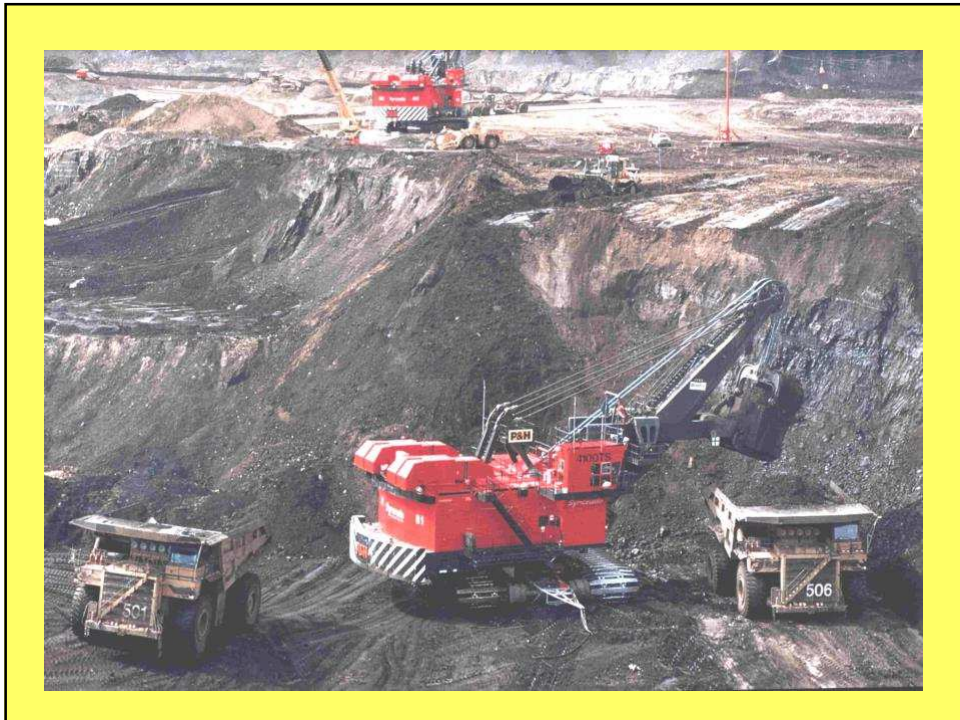
53

Carregamento do  
material desmontado  
(loading)

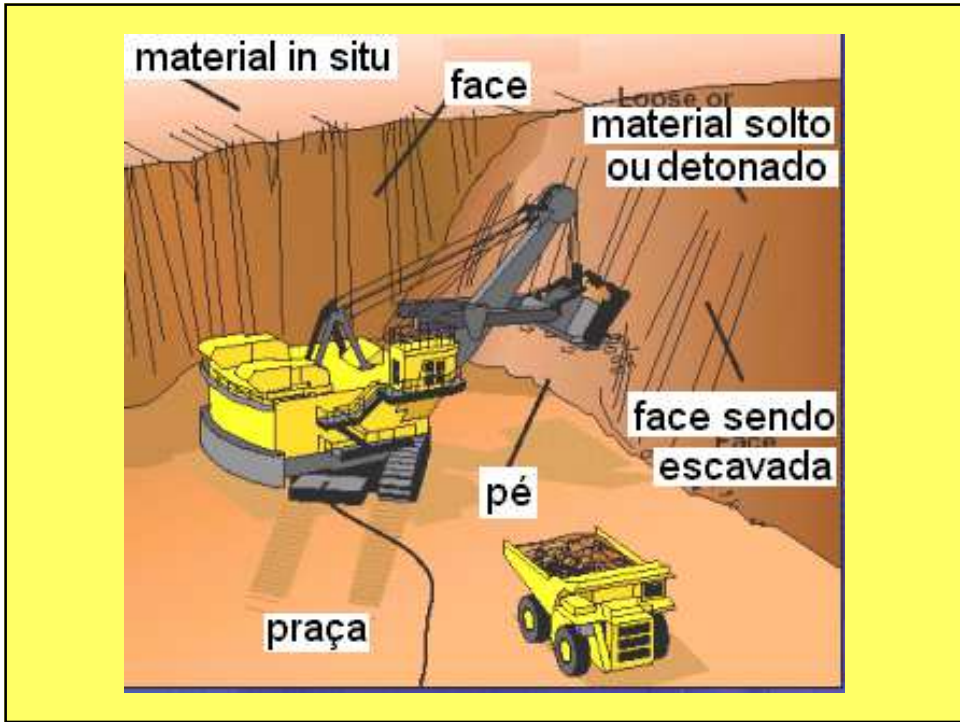
54



55



56



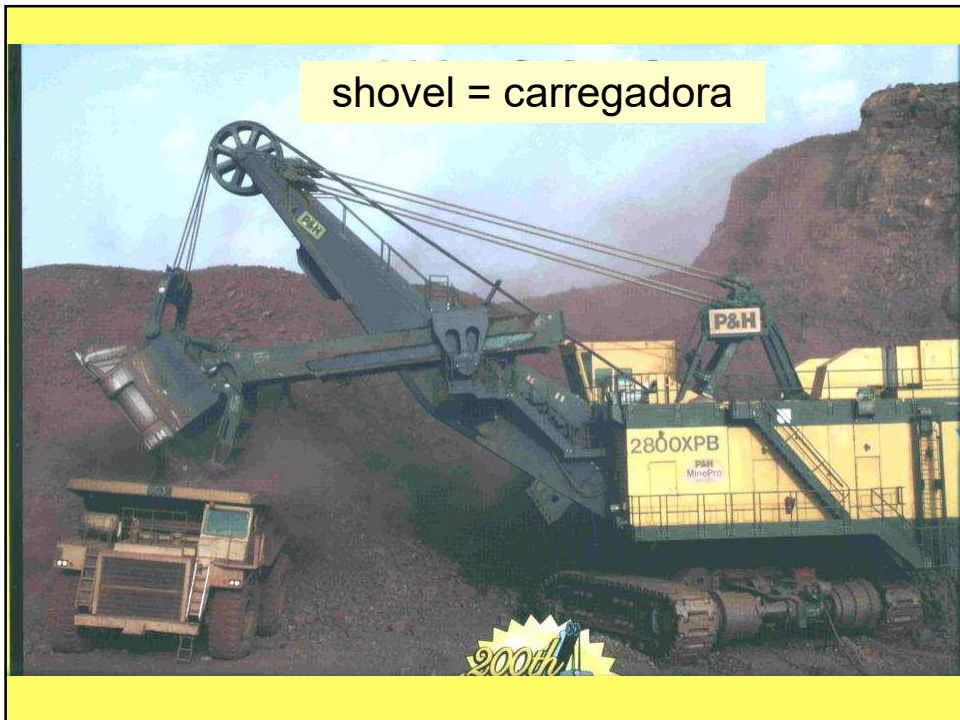
57



58



59



60

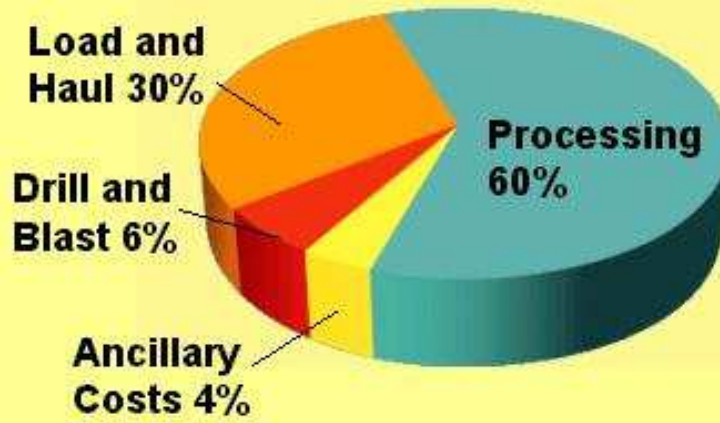


61



62

## Typical Mining/Processing Cost Split



63

## Fogacho ou fogo secundário



64

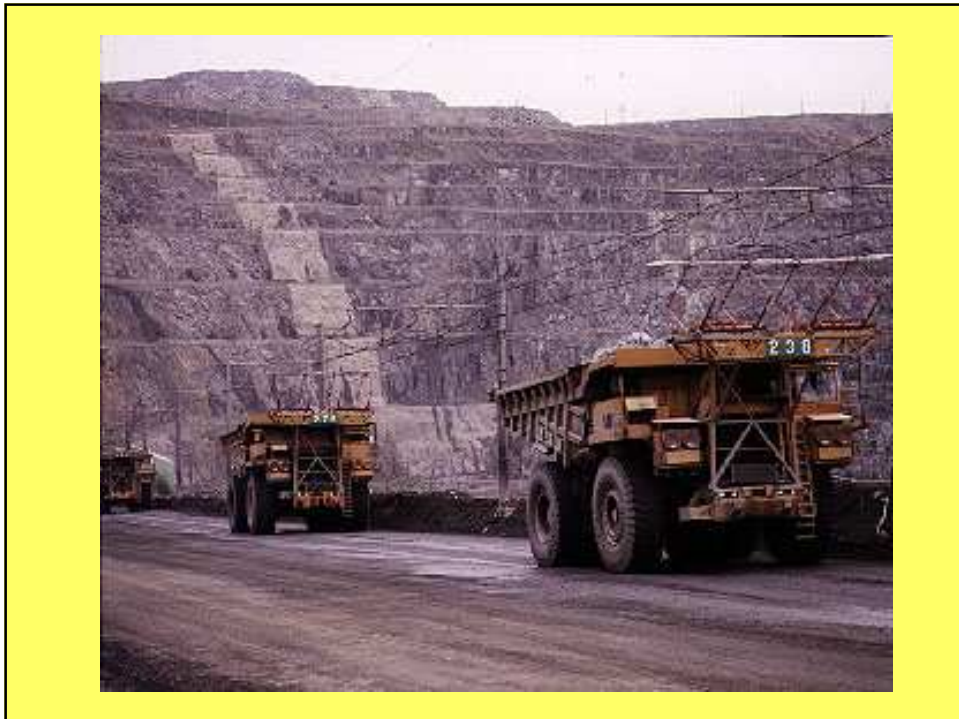


Transporte do  
material (ROM)  
para a usina  
(to haul, haulage)

65



66



67

Recuperação  
da área  
degradada  
(reclamation)  
PRAD

68



carvão Santa Catarina - Schneider

69



70



71

**EXEMPLO DE RECUPERAÇÃO**

ANTES	DURANTE
	
	
<b>DEPOIS</b>	

72

**ESTA DEPOSIÇÃO PERMITE A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS JÁ EXPLORADAS OU ADEQUAÇÕES PARA USO FUTURO.**



73

### **Locais que já foram mineração**



74

**Locais que já foram mineração**



75

**Locais que já foram mineração**



76

## Locais que já foram mineração



77

## Estádio de futebol de Braga, no norte de Portugal. "A Pedreira"

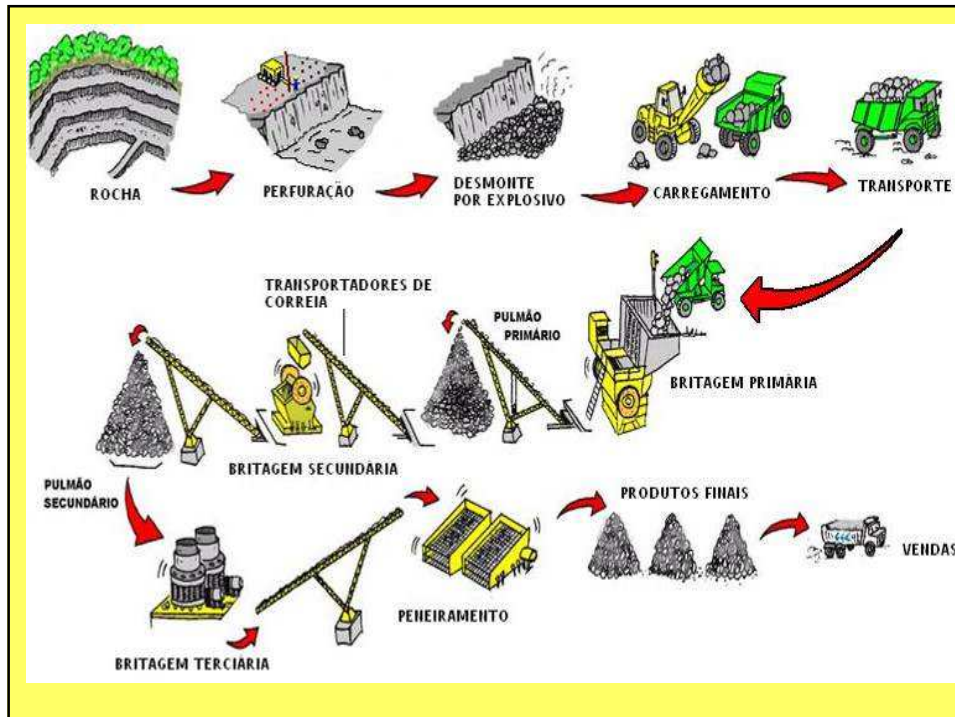


78

## OPERAÇÕES UNITÁRIAS EM UMA MINA A CÉU ABERTO



79



80