



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

**PMI-3101 INTRODUÇÃO À ENGENHARIA APLICADA À
INDÚSTRIA MINERAL**

AULA 1 - INTRODUÇÃO À LAVRA

Wilson Siguemasa Iramina
Mauricio Bergerman
Eduardo Cesar Sansone

São Paulo, 13 de março de 2017

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.

PROGRAMA

- Conceituação e contextualização das atividades de extração mineral.
- Noções e conceitos básicos de mecânica de rochas.
- Métodos de lavra a céu aberto e subterrânea
- 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 desaguamento 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

AVALIAÇÃO

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

- M1, M2 e M3 são as médias dos três módulos (lavra, tratamento e petróleo) da disciplina.

- NV são as notas dos relatórios das visitas técnicas, que valem até 0,25 cada

- M2 = (P2 + E2)/2

- M1 e M3 são as notas da P1 e P3

Se $M \geq 5$ – aprovado

Se $3 \leq M < 5$ – Recuperação

Se $M < 3$ – reprovado

Será feito controle de frequência, sendo necessário pelo menos 70% de frequência para aprovação.

Recuperação (apenas para alunos reprovados por nota)

$Rec = (M + R)/2$

M = média obtida no semestre regular

R = nota na prova de recuperação

O aluno será aprovado na recuperação (Rec) se $(M+R)/2 \geq 5$

Prova substitutiva (falta com justificativa)

A disciplina possui uma página no Stoa/USP. Todos os materiais de aula serão disponibilizados na mesma. Para acessar, entre em <http://disciplinas.stoa.usp.br/>

VISITAS TÉCNICAS

Mineração Dolomia

Dia 10/04/2017 (segunda-feira)

Horário: 10h às 16h - Saída da Poli às 06h30 e retorno às 19h.

Local: Fazenda Caieiras, SN – Ribeirão das Almas – Taubaté – SP

<http://www.dolomia.com.br/index.php>

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

Dia 11/04/2016 (terça-feira)

Horário: 09h às 12h - Saída da Poli às 08h e retorno às 13h.

Local: Rua Miguel Yunes, 345 – Vila Sabará – São Paulo - SP - CEP 04444-000 - <http://www.ecourbis.com.br>

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

As visitas são opcionais. Os interessados em participar devem enviar um e-mail ao monitor da disciplina (rafael.jowfelipe@gmail.com) até o dia 28 de março, segunda-feira, com nome completo, RG e telefone celular.

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

<http://www.anglogold.co.za/subwebs/VirtualTour/menu.asp>

Jornal da USP CIÊNCIAS CULTURA ATUALIDADES UNIVERSIDADE INSTITUCIONAL

Nove cursos da USP estão entre os 50 melhores do mundo

A avaliação é da consultoria britânica Quacquarelli Symonds (QS) e foi divulgada no dia 7 de março

Por Redação - Editorias: Universidade

f G+ Twitter Print Email Curir 7,7 mil

O QS *World University Ranking by Subject*, divulgado no dia 7 de março, classificou a USP entre as melhores universidades do mundo em 41 das 46 áreas de concentração avaliadas. A USP ficou entre as 50 melhores do mundo em nove dessas áreas: Odontologia (18ª posição); Engenharia de Minérios e Minas (25ª); Ciências da Atividade Física e Esportes (31ª); Arquitetura (35ª); Agricultura e Silvicultura (35ª); Ciência Veterinária (38ª); Arte & Design (42ª); Antropologia (42ª); e Direito (50ª).

Em 20 áreas, a USP ficou entre a 51ª e a 100ª posição; em nove áreas, entre as 150 melhores; e, em uma área, entre as 250 melhores. A Universidade de Harvard lidera o ranking com 15 cursos em primeiro lugar e o Massachusetts Institute of Technology (MIT) ocupa a segunda posição, com 12.

Publicado desde 2011 pela Quacquarelli Symonds, organização britânica de pesquisa em educação especializada em instituições de ensino superior, o ranking avaliou 4.438 universidades do mundo inteiro, em 46 áreas de concentração, quatro áreas a mais do que na edição do ano passado.

As listas foram divididas em cinco grandes áreas e pela primeira vez as instituições também foram classificadas nessas áreas gerais. A USP ficou na 114ª posição em Artes e Humanidades; em 177ª, Engenharia e Tecnologia; em 129ª, Ciências da Vida e Medicina; em 155ª, Ciências Naturais; e em 146ª, Ciências Sociais e Administração.

Confira, na tabela a seguir, as classificações obtidas pela Universidade:



PALAVRAS CHAVE:

- 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: suboceânica, extraterrestre, etc.

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

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

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.

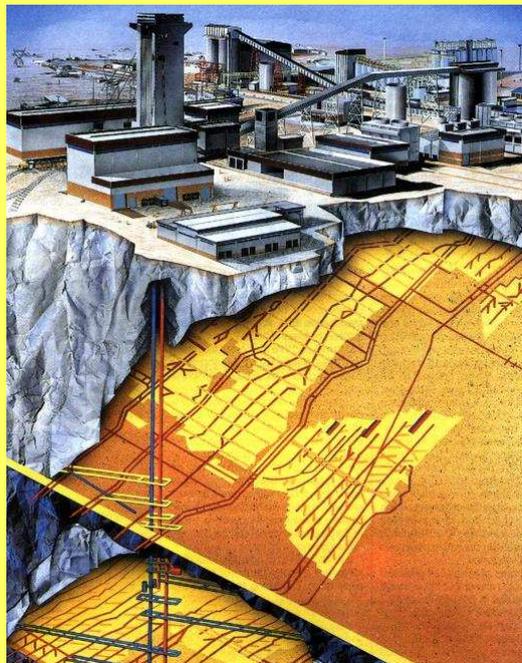
RAMPA = ramp = abertura para acesso ao corpo de minério, transporte, etc. Tem curvas.

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

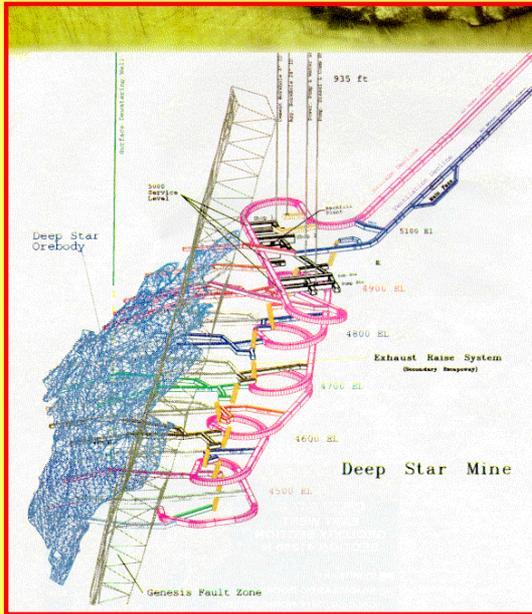


Usina em superfície e mina em subsolo

Qual o método de cominuição e separação?

Qual o método de lavra?

Qual a profundidade?



Modelo wireframe

Softwares:

Datamine

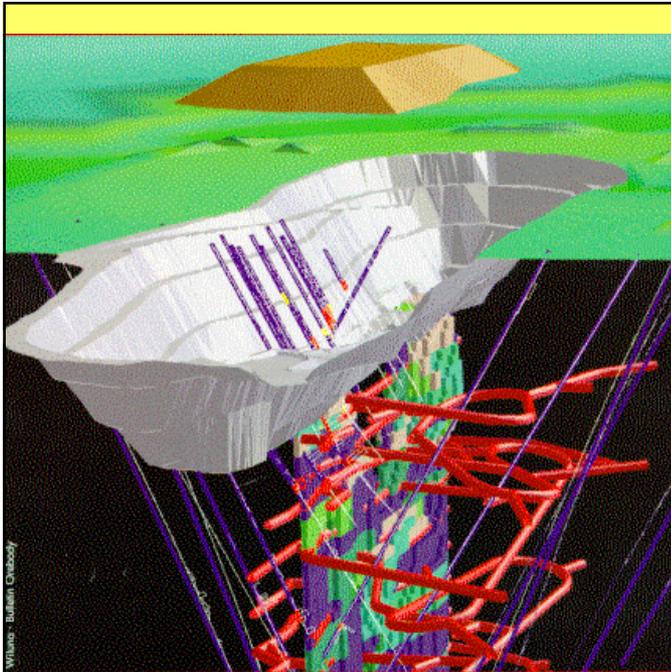
Vulcan

Linx

Etc.

Planejar

Otimizar



Solid model:

Permite girar

Andar dentro

Atravessar

Dirigir máquina

RV = R. Virtual

CARACTERÍSTICAS DA MINERAÇÃO:

- Unidade é o milhão de dólares – tudo é grande
máquinas, tratar lixo, Tâmis
- Tempo de maturação - anos: pesquisar, lavrar: 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^{os} projetos na Amazônia
- Produtores do mesmo produto a custos muito diferentes:
Ouro Mina A = U\$ 100/oz Mina B = U\$ 300 / oz



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



Cadê meu trator ?

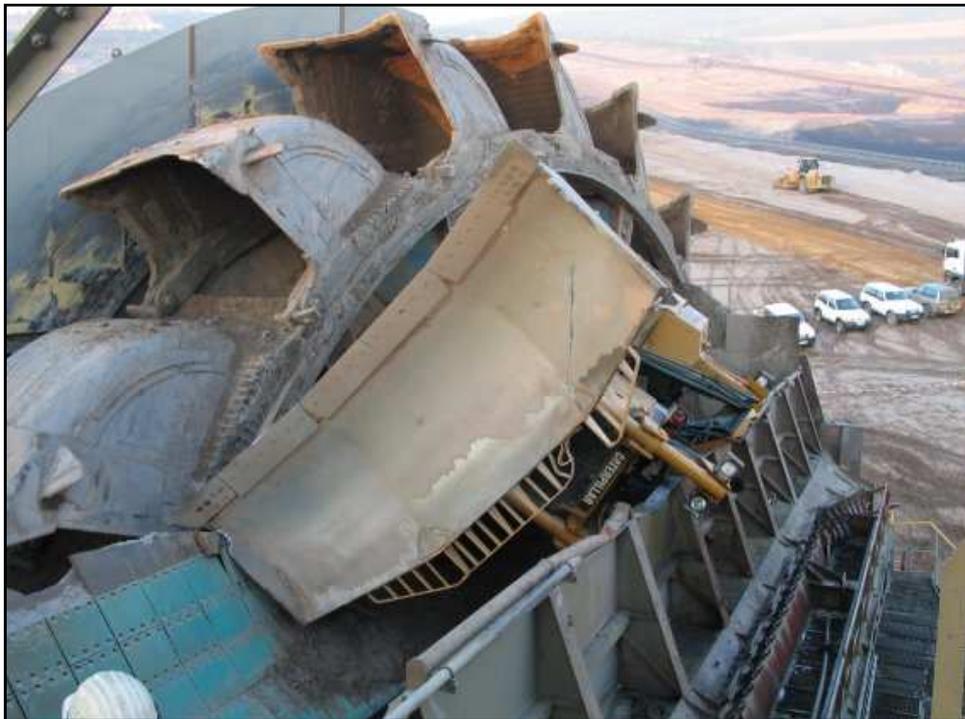
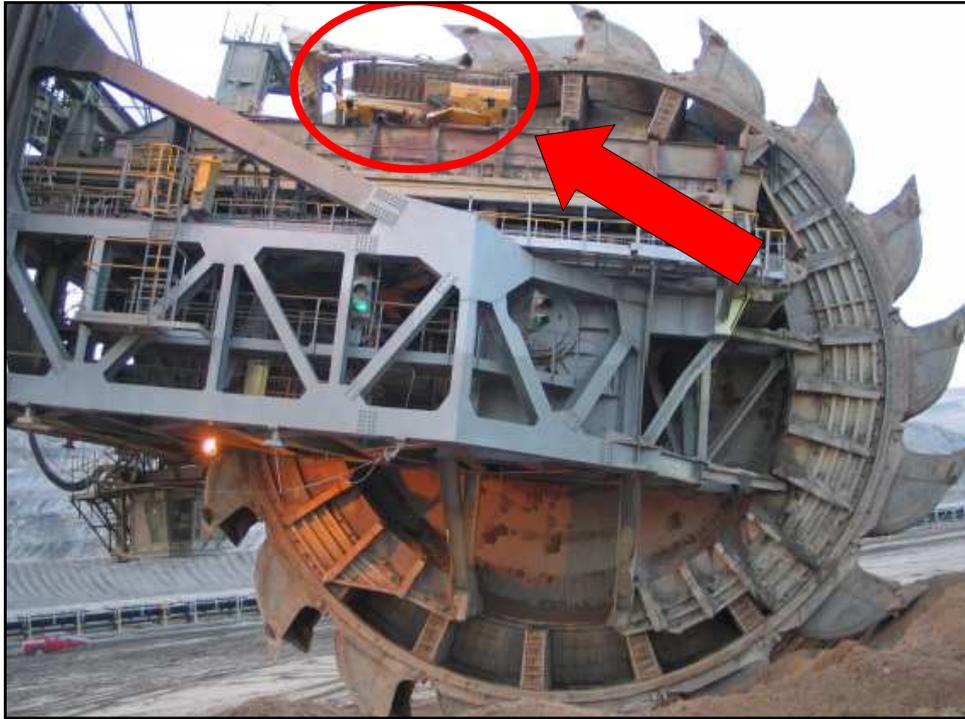
Ahhh ... Achei...

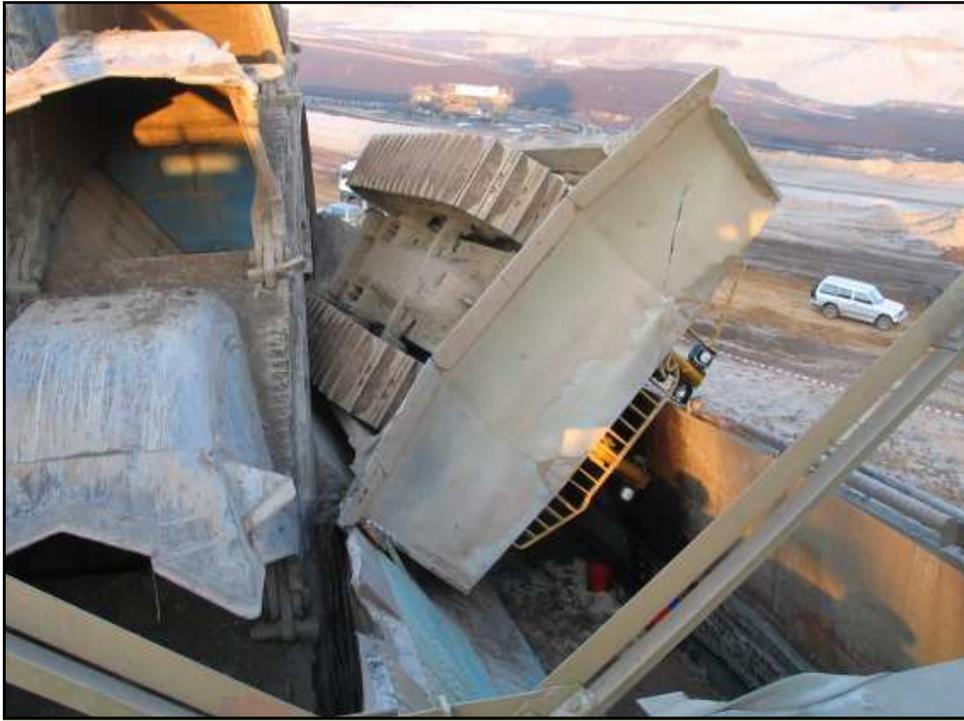


Ali, perto da roda dentada

!!







SÃO MINAS:

Grandes cavas

Grandes vias e salões em subsolo

SÃO TAMBÉM “MINAS”:

pedreiras

portos de areia

extração de argilas

dragagem, desmonte hidráulico, fontes de água, etc.

Em que trabalho o 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

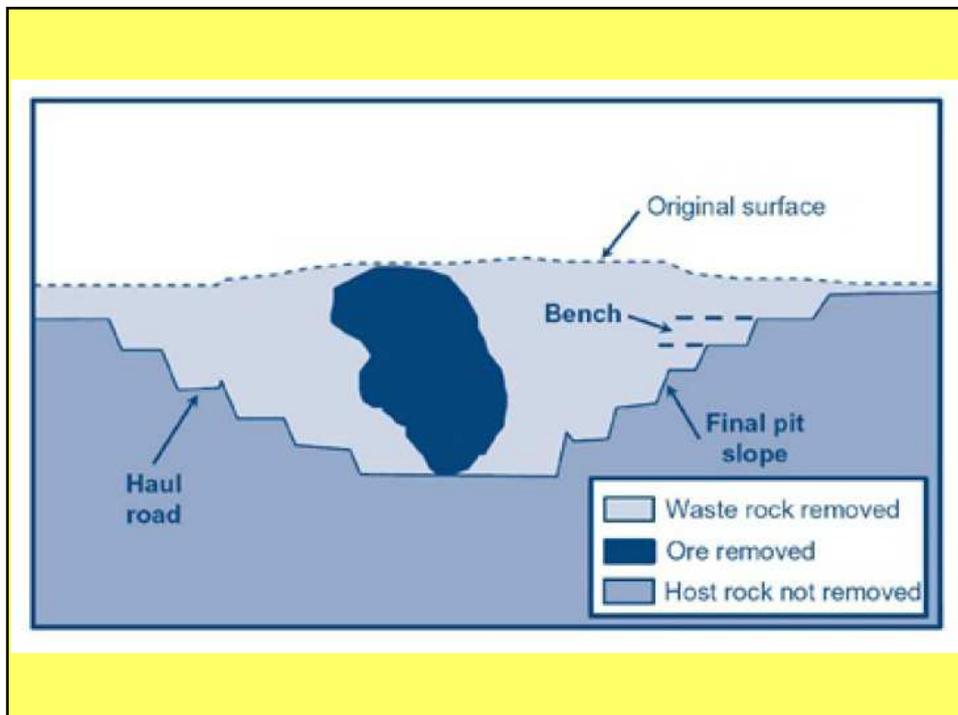
Meio ambiente - preservar, cuidar

externo + interno à mina (= higiene e segurança)

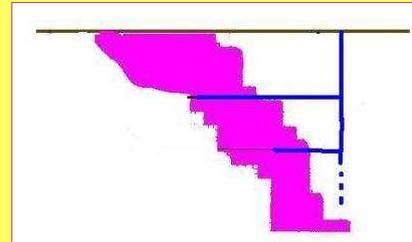
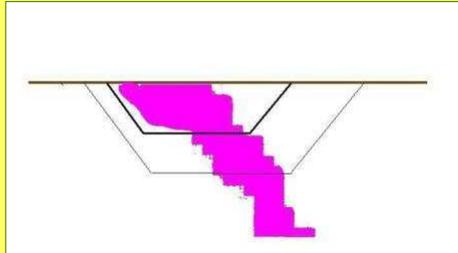
BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- **SME Mining Engineering Handbook**
(SME, Littleton, CO, EUA)
- **SME Surface Mining (2nd Edition)**
(SME, Littleton, CO, EUA)
- **Mining Magazine***
(Mining Journal Ltd, Londres, UK)
- **Mining Engineering***
(SME, Littleton, CO, EUA)
- **Open Pit Mine Design and Planning**
W. A. Hustrulid, Mark Kuchta
(Taylor and Francis, 2006)
- **Proceedings of APCOM***
- **Strategic Mine Planning**
(Whittle Programming Inc, Australia, 1999-2008)
- **Transactions of the IMM***
(IMM, Londres, UK)
- **Revista da Escola de Minas***
- **Congresso Brasileiro de Mina a Céu-aberto**
(IBRAM, 2000-2009)

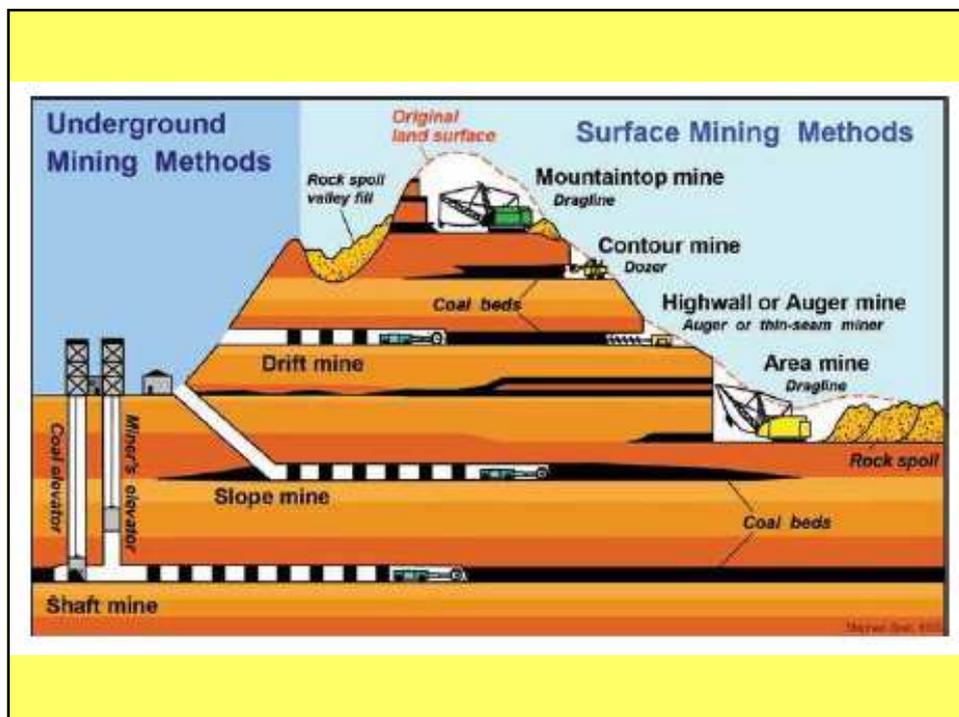
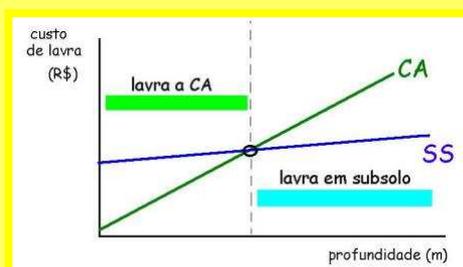
* Periódicos



Métodos de lavra: CA x SS



Relação de mineração

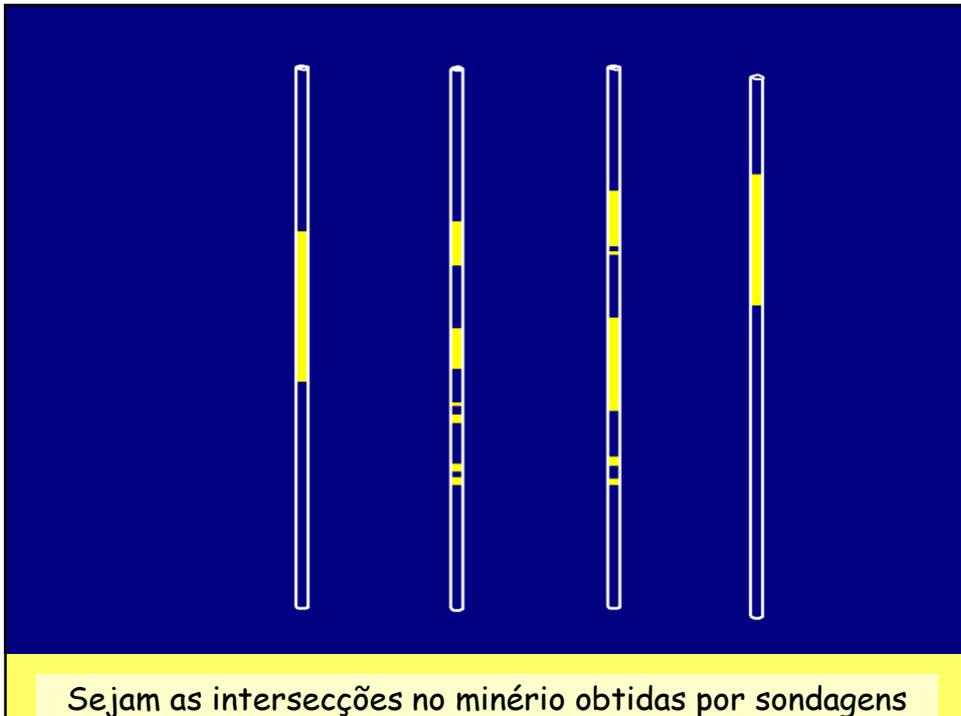


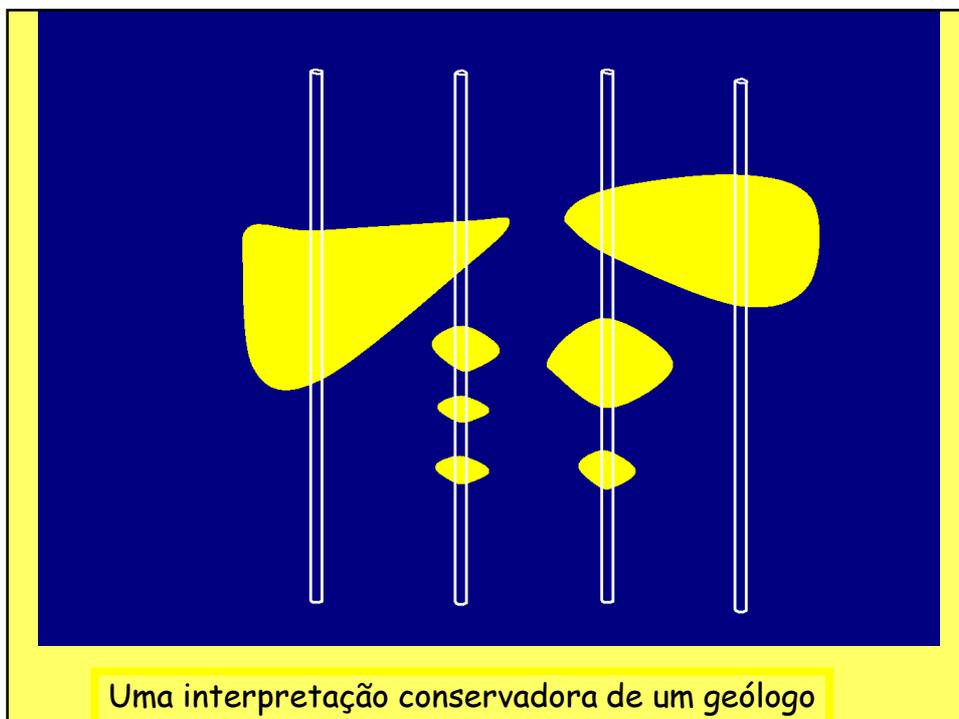
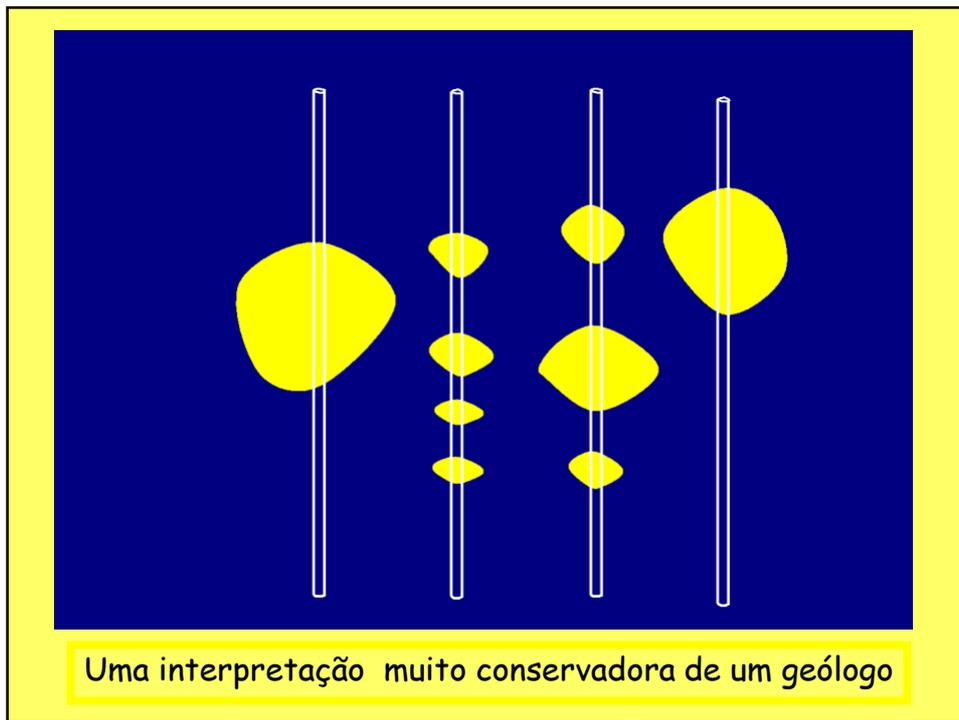
PESQUISA:

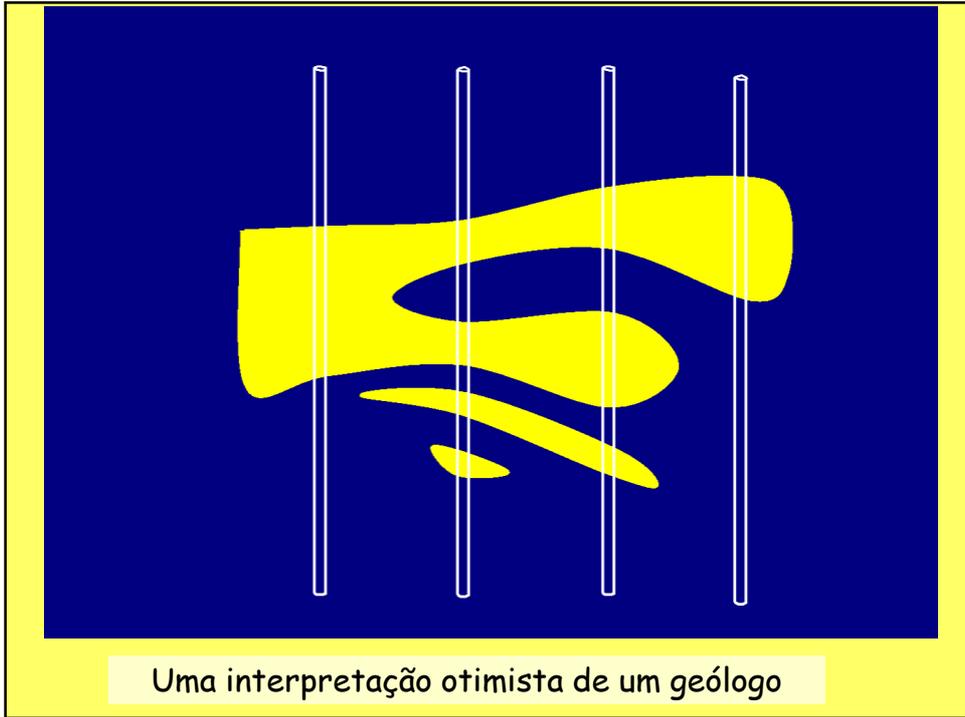
métodos geológicos - poços trincheiras, sondagem, amostras, mapeamento, afloramentos,

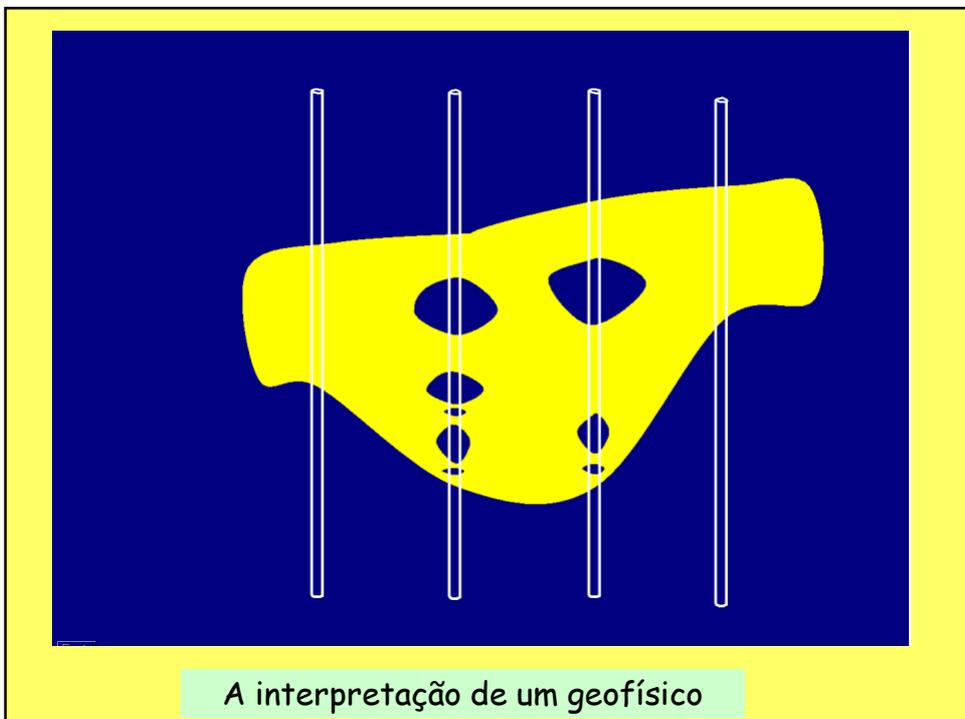
métodos geofísicos - sísmicos, gravimétricos

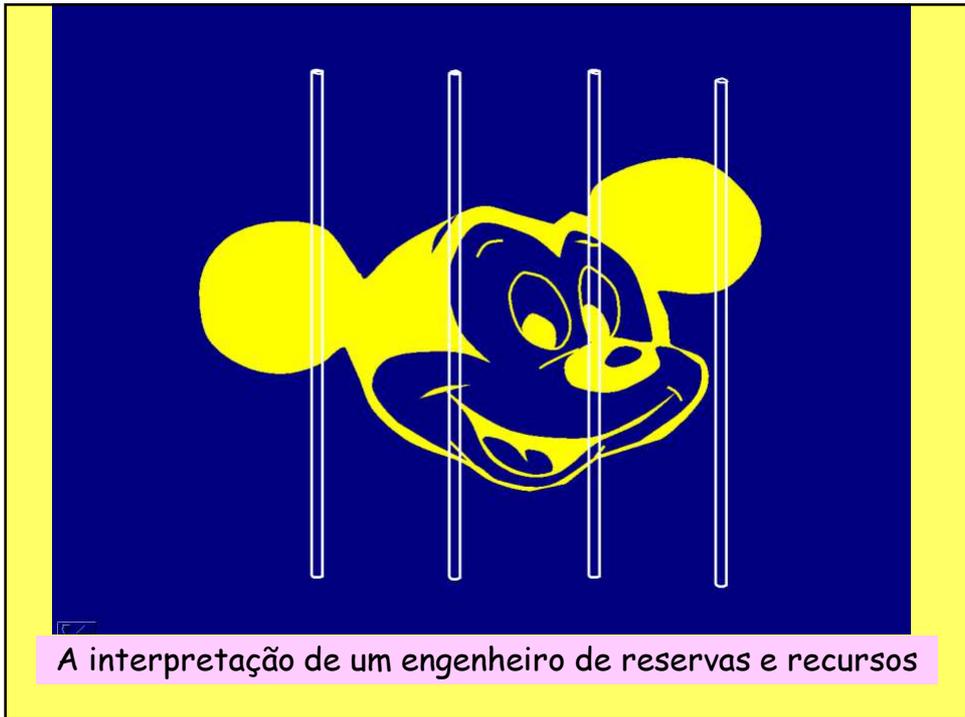
dados para o planejamento de lavra - como variam os teores, onde retirar primeiro, o que misturar para teor ser o especificado, etc.



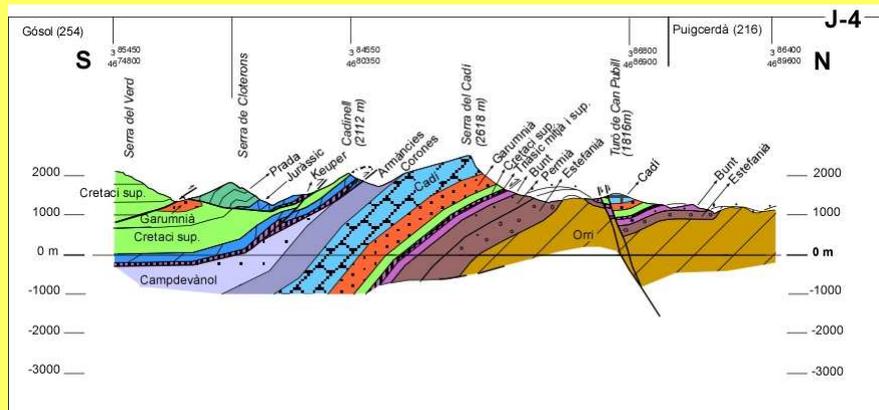




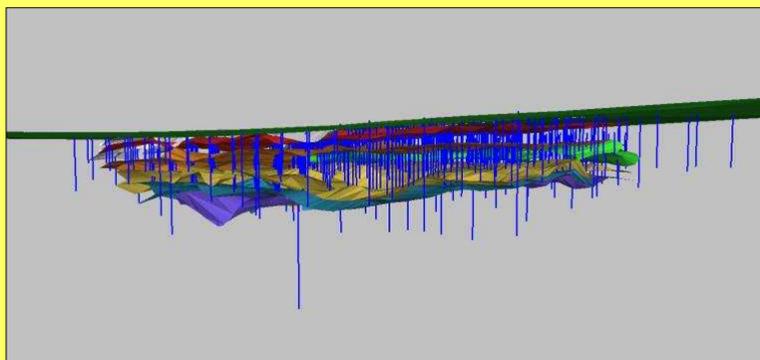




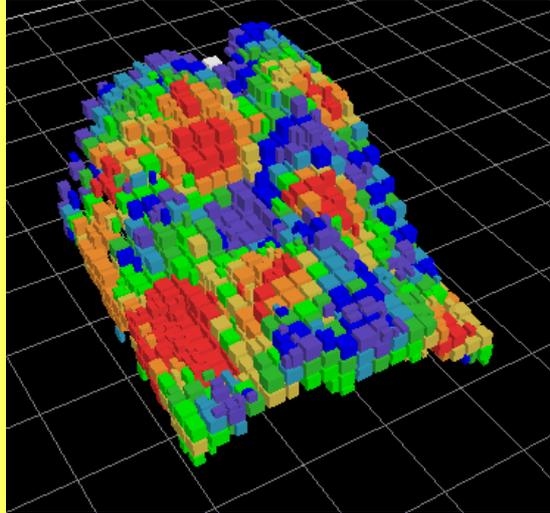
SEÇÕES GEOLÓGICAS



MODELAGEM GEOLÓGICA (SOLIDOS)



MODELAGEM GEOLÓGICA (MODELO DE BLOCOS)



SUMARIO

- Introdução aos métodos de lavra a céu-aberto e à lavra em bancadas
- Elementos-chave da bancada
- Altura da bancada
- Angulos de Talude
- Desenho, construção e manutenção de rampas

EXEMPLOS



EXEMPLOS



INTRODUÇÃO

- Lavra a céu-aberto:

- ✓ lavra em bancadas

- ✓ lavra em tiras

- ✓ desmonte hidráulico

- ✓ dragagem

- ✓ métodos híbridos

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;

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

CANTAREIRA, SP



MINA DE CONCEIÇÃO–Vale, Itabira, MG

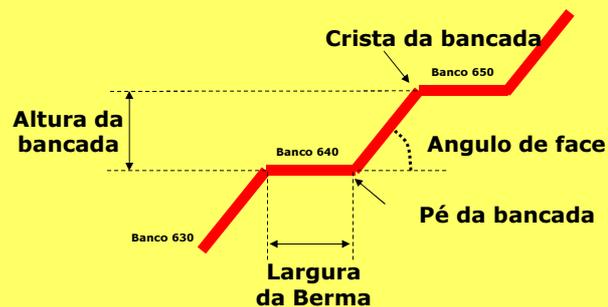


MINA DE CONCEIÇÃO–Vale, Itabira, MG



ELEMENTOS-CHAVE DA BANCADA

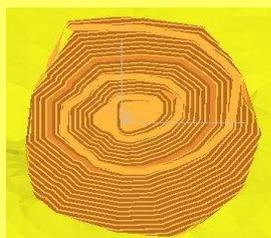
- Altura da bancada é a distância vertical entre cada nível da cava
- Os elementos da bancada estão ilustrados a seguir:



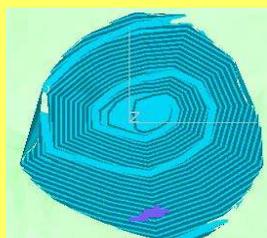
ANGULOS DE TALUDE

- As paredes da cava devem permanecer estáveis durante toda a vida útil da mina.
- Dentro dos limites de segurança estabelecidos pelos estudos geotécnicos, os ângulos de talude da cava devem ser os mais acentuados possíveis, para minimizar a relação estéril-minério.

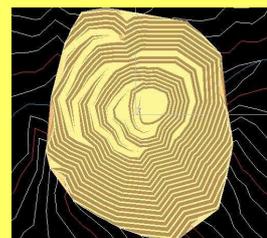
POSICIONAMENTO DA RAMPA



Rampa em sentido anti-horário

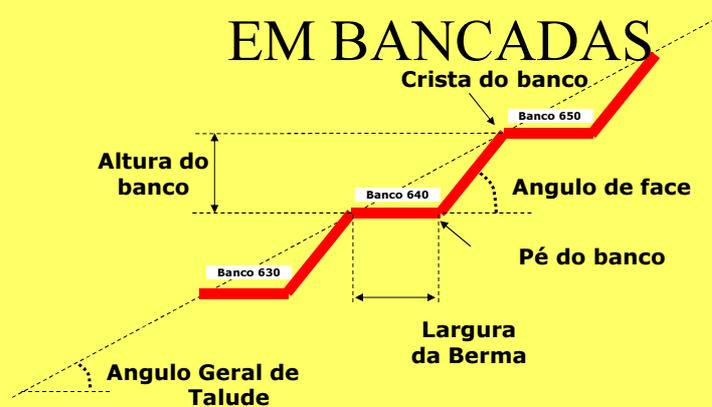


Rampa em sentido horário



Rampa combinada

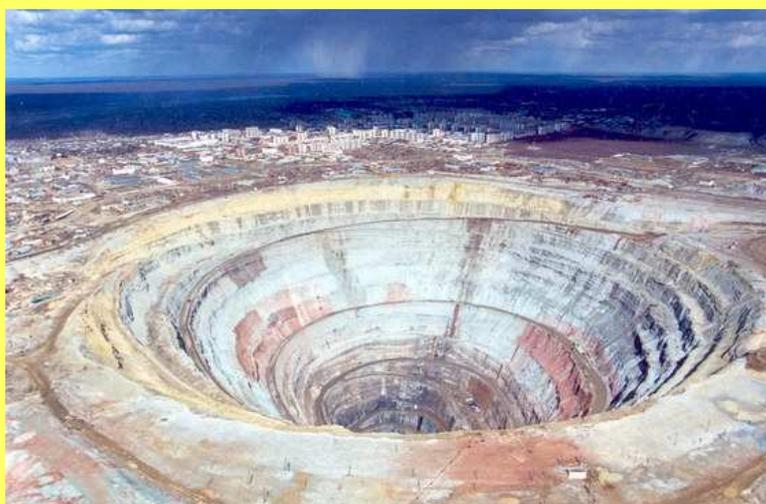
ELEMENTOS PRINCIPAIS DA LAVRA EM BANCADAS



EXEMPLOS



EXEMPLOS



OPERAÇÕES UNITÁRIAS NA LAVRA A CÉU ABERTO



TERMINOLOGIA:

Pesquisa, prospecção – exploration

Perfuração – drilling

Charging – carga de explosivos

Detonação – blasting

Carregamento – loading

Desmonte do maciço,
gerando fragmentos, de
granulometria
adequada, com forma e
localização adequadas
da pilha junto ao pé da
bancada

Retirada de estéril (decapeamento)

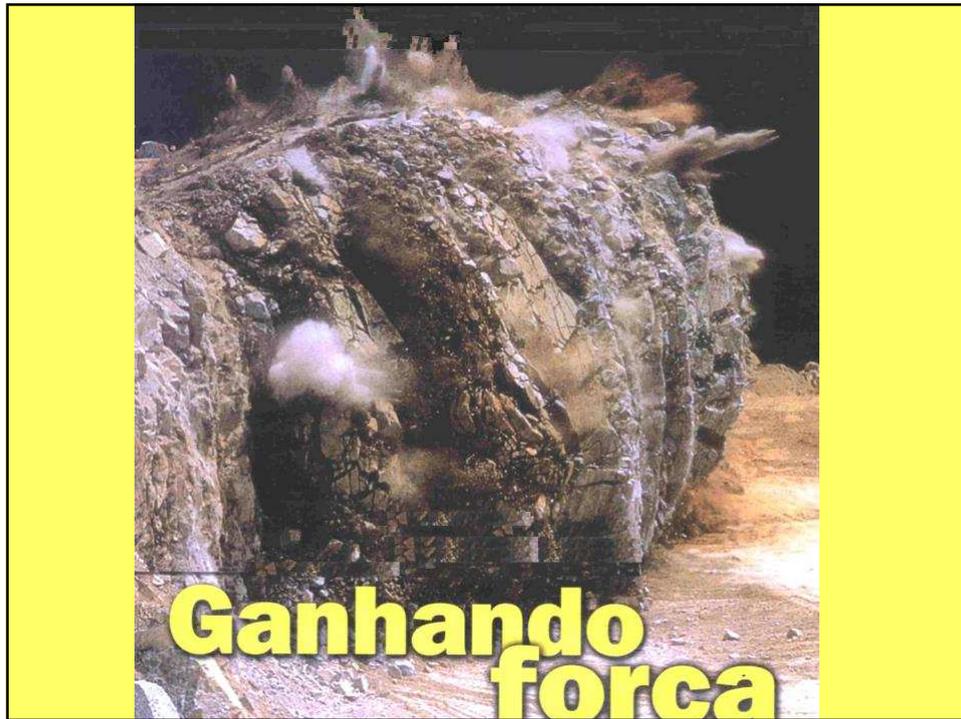


Perfuração para
desmonte
(drilling)



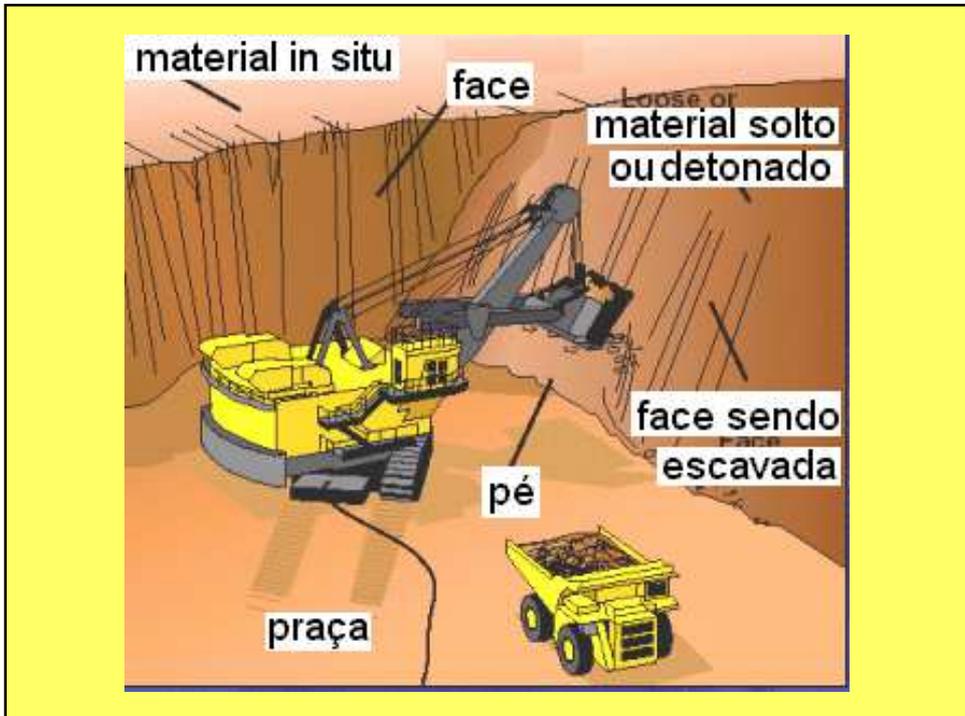
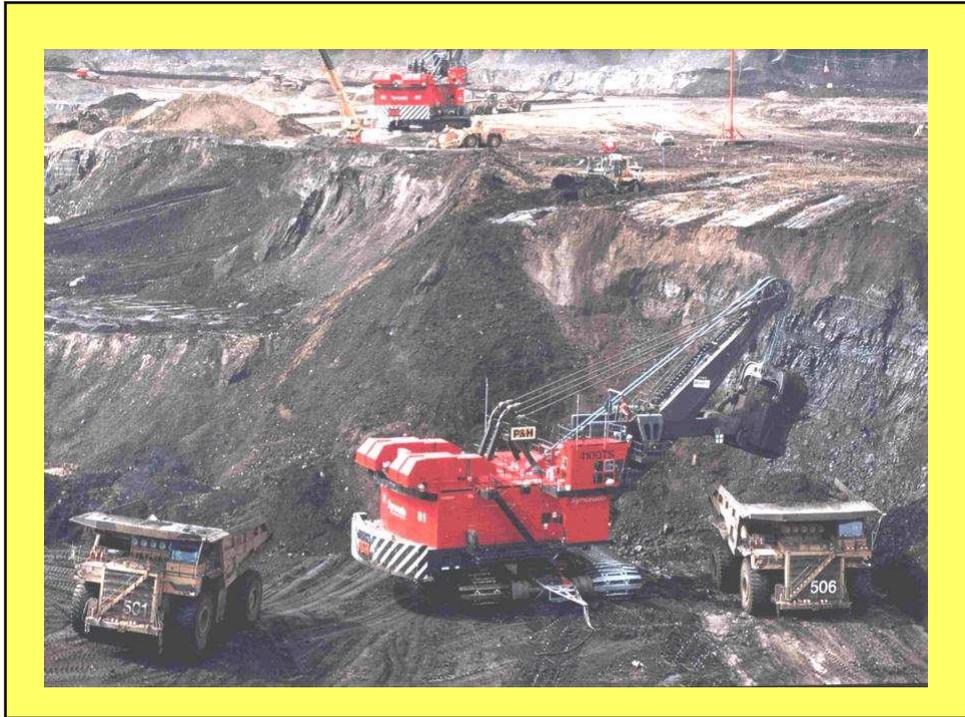
Carga e detonação (charging and blasting)





Carregamento do
material desmontado
(loading)



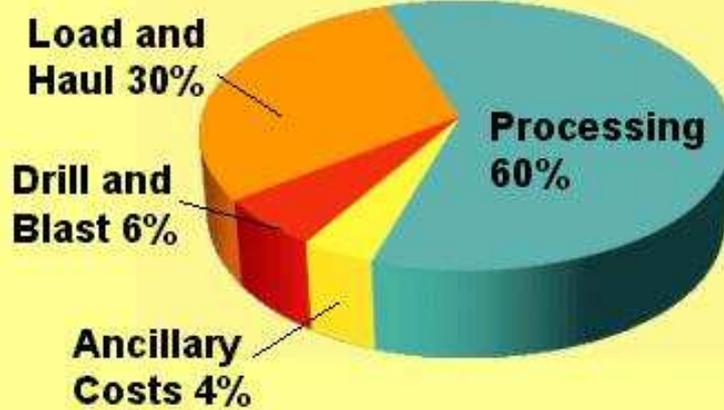




shovel = carregadora



Typical Mining/Processing Cost Split



Fogacho ou fogo secundário



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



quanto
custa um
pneu
destes?

Recuperação da área degradada (reclamation)

PRAD



carvão Santa Catarina - Schneider



OPERAÇÕES UNITÁRIAS EM UMA MINA A CÉU ABERTO

