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

PMI-3101 Introdução à Engenharia para a Indústria Mineral

AULA 3 – INTRODUÇÃO À LAVRA: Desmonte de rocha por explosivos e Explosivos

Profa. Dr.-Ing. Anna Luiza M. Ayres da Silva

São Paulo, abril de 2016

Exercício **(entrega até o dia 2 de maio):**

Estimar o lucro unitário de lavra e tratamento para uma mina com teor de 0,6% de cobre no ROM. A recuperação da usina é de 92%, o valor de venda do cobre no concentrado é de U$ 1,63 /kg. Os custos totais unitários da operação são de U$ 7,50 / t ROM. Estimar o teor de corte.

- Lucro unitário = valor de venda – custo
- Teor de corte (*cut off*) : teor limite de minerais ou de elementos químicos úteis de um minério **abaixo do qual a exploração mineral torna-se antieconômica**. Não é um valor rígido, já que depende de variáveis tecnológicas (ex: processos utilizados para extração e beneficiamento do minério, disponibilidade de energia, localização) e econômicas (ex: valor de venda do produto no mercado, situação econômica, políticas de incentivo)

Solução: para 1 t de ROM

Cobre do ROM = 1000 kg x 0,006

Cobre do concentrado = 1000 x 0,006 x 0,92

Valor do cobre do concentrado = 1000 x 0,006 x 0,92 x U$ 1,63

Valor = U$ 9°° / t ROM

Lucro unitário = valor – custo = 9°° - 7⁵° = **U$ 1⁵° / t ROM**

Valor de 1 t de ROM com teor de corte TC:

Valor = TC x 1000 x 0,92 x 1,63

Tem que ser igual ao custo = U$7,50

TC = 7,50 / [1000 x 0,92 x 1,63] **TC = 0,50%**

DESMONTE DE ROCHA POR EXPLOSIVOS

1. OBJETIVOS
2. DESMONTE DE ROCHA
3. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DO PLANO DE FOGO - DIMENSIONAMENTO DO PLANO DE FOGO – INTRODUÇÃO
4. OPERAÇÕES SUBSEQUENTES



DESMONTE DE ROCHA POR EXPLOSIVOS

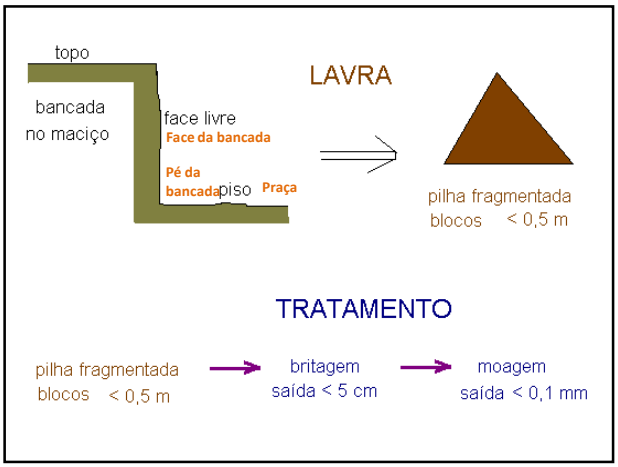
1. OBJETIVOS

Atenção: não é a fragmentação pura e simples do maciço rochoso!

O uso de explosivos na mineração tem por objetivo primordial a recuperação de certos minerais existentes no maciço rochoso. Esta recuperação envolve a fragmentação da rocha em **diversas escalas**. Portanto, a fragmentação na mineração envolve desde a cuidadosa separação de grandes blocos de rochas ornamentais até a moagem para a obtenção de pó de minério.







- Fragmentação e distribuição granulométrica adequadas que permitem carregamento, transporte, manuseio e beneficiamento eficientes (forma adequada, sem excesso de finos ou blocos muito grandes);
- Formação da pilha de material desmontado;
- Danos pouco significativos ao maciço remanescente (não "overbreaking");
- Minimização de impactos ambientais;
- Otimizar os custos, inclusive os das operações subsequentes.



DESMONTE DE ROCHA POR EXPLOSIVOS

2. DESMONTE DE ROCHA

O problema central do desmonte por explosivos é sua **otimização**, o que envolve aspectos da perfuração, da carga explosiva nos furos e da detonação em si. Estes aspectos serão discutidos no decorrer dessa aula, com a apresentação dos parâmetros necessários em um projeto de desmonte de rochas.

2.1. DESMONTE PRIMÁRIO

Pode ser chamado também de **desmonte de produção**. O objetivo é fragmentar e liberar a rocha preparando-a para o seu carregamento através de pás-carregadoras e escavadoras ("shovels" ou "draglines") em minas a céu aberto ou através de outros equipamentos rebaixados (ex:"LHD") em minas subterrâneas. O montante de preparação ou condicionamento da rocha, a ser feito pelo desmonte por explosivos, depende tanto das características do maciço rochoso, como do tipo, tamanho e modo de operação do equipamento de escavação.

Desmontes em bancadas ("Production Bench Blasts")



Desmontes controlados ou de contorno ("Wall Control Blasts")

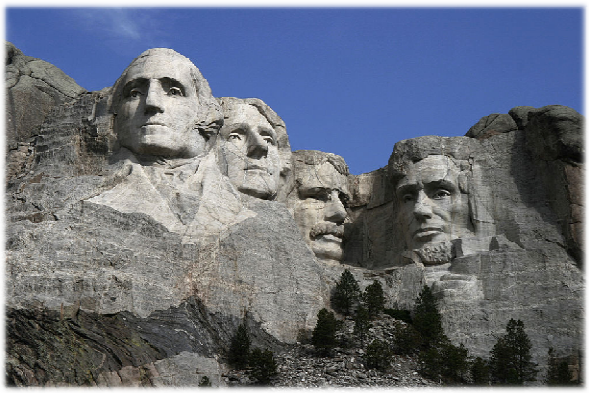
- Fragmentar a rocha próxima ou junto a cava ("pit") final, ou no limite da pedreira, de modo a causar um dano mínimo à rocha fora deste limite.
- Perfuração linear ou de costura ("line drilling"); pré-fissuramento ou corte prévio ("presplitting"); desmonte escultural ("trim blasting"); detonação cuidadosa ("cushion blasting") ou detonação amortecida ("buffer blasting").

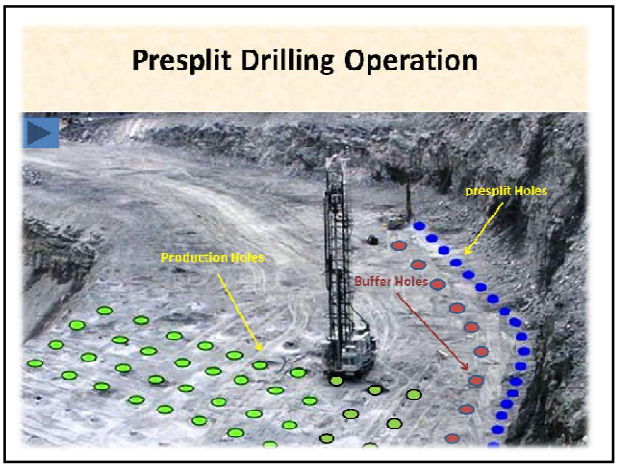
Desmonte para lançamento ("Throw/Cast Blasts")

Em muitas minerações a céu aberto de carvão é economicamente interessante através de desmonte por explosivos, remover uma porção significativa de material que, de um outro modo poderia sobrecarregar os meios de transporte até sua posição final. Estes tipos de desmonte são planejados de maneira a maximizar o movimento horizontal da rocha para a direção desejada (ex: capeamento)

Desmonte para corte inicial ("Sinking Cut Blasts")

Este tipo de desmonte é normalmente o primeiro a ser realizado em uma nova bancada onde uma face vertical livre não está disponível. Ele é planejado com o objetivo de quebrar e liberar a rocha utilizando a superfície horizontal como a única face livre.





2.2. Desmonte secundário

Quando o desmonte primário não produz blocos c/ tamanhos adequados para as operações subsequentes (blocos muito grandes) há a necessidade de novos desmontes

-"Fogacho": comum pólvora

- Martelo rompedor hidráulico;

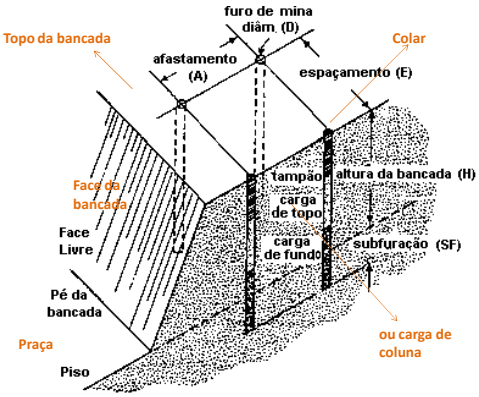
- "Drop Ball";

- Boulder buster, etc.









FUROS VERTICAIS:

a. Face livre ("free face") – superfície exposta da rocha, para onde a carga de explosivo direcionará os esforços de fragmentação;

b. Altura da bancada (H ou Hb) ("bench height");

c. Diâmetro dos furos (D) ("hole diameter" ou "blasthole diameter") – dependem da perfuratriz, da produção desejada associada à altura da bancada e da capacidade da caçamba das máquinas de carregamento;

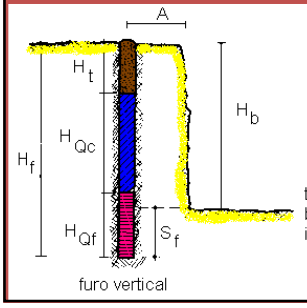
d. Afastamento (A) ("burden") – distância entre a face livre e a 1ª linha de furos ou entre 2 linhas consecutivas de furos;

e. Espaçamento (E) ("spacing") – distância entre furos consecutivos de uma mesma linha;

f. Repé ("bench toe") – irregularidade junto ao pé da bancada.

g. Subfuração (SF ou Sf) ("subdrilling")– comprimento do furo abaixo do nível do piso da bancada para arrancar a parte mais confinada da rocha;

h. Tampão ("stemming") – material estéril colocado sobre a carga explosiva nos furos de mina para evitar a perda de gases quando da iniciação (ignição) dos explosivos.





Hf = HQc +HQf + Ht
Onde:
Hf = comprimento do furo
HQc = comprimento da carga de coluna
HQf = comprimento da carga de fundo
Ht = comprimento do tampão

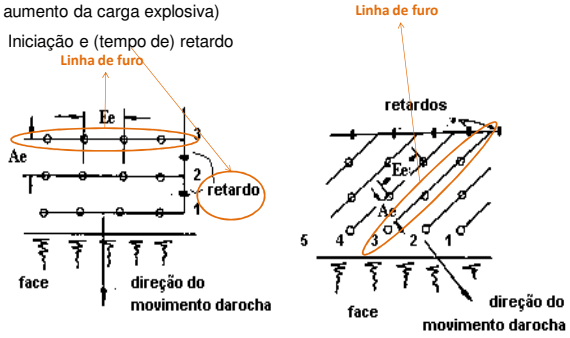
MALHA DE FUROS (“drilling pattern”)

- depende do diâmetro do furo, das propriedades da rocha, das propriedades dos explosivos, do grau de fragmentação e deslocamento requeridos e da altura da bancada;
- tipos de malha: retangular, quadrada, escalonada (triangular, alongada), etc.;



AFASTAMENTO E ESPAÇAMENTO EFETIVOS (Ae e Ee)

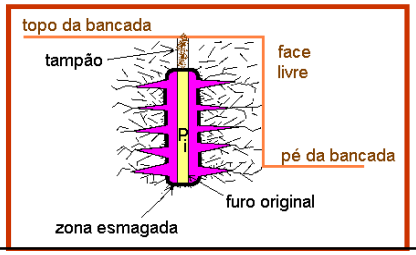
- Levam em consideração os desvios de perfuração (ex: instrumento “boretrack”)
- Consequências dependem da configuração da malha adotada (alívio ou aumento da carga explosiva)
- Iniciação e (tempo de) retardo

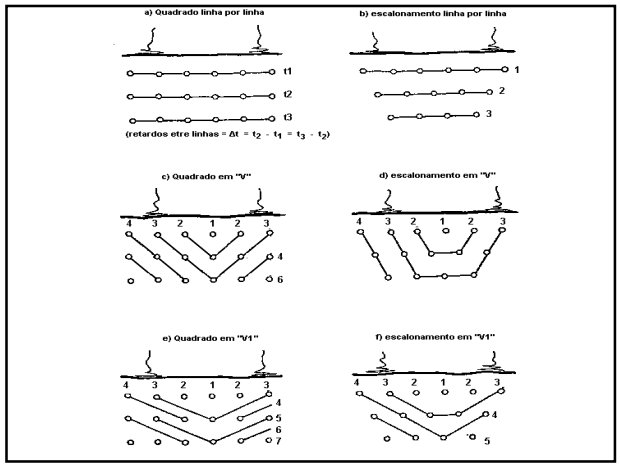


TAMPONAMENTO

O uso de tamponamento para preencher o furo acima da coluna de explosivo é um procedimento geralmente aceito para direcionar o esforço do explosivo para o maciço rochoso.

Tipos da tamponamento: pó de material da perfuração, areia, pedrisco, brita, etc.





CONSUMO DE EXPLOSIVOS – RAZÃO DE CARREGAMENTO

(“specific charge”)

A razão de carregamento é expressa em quilos (ou gramas) de explosivo por m^3 de rocha (ou t de rocha) (em geral, detonada, medida no transporte).

Consumo de explosivo por m^3 de rocha (ou t de rocha), medida no corte



Pedreira de granito

Rochas ígneas	0,45 a 0,62 kg/m^3
Rocha branda (baixa resistência) estratificada	0,15 a 0,25 kg/m^3
Rocha sedimentar dura (alta resistência)	0,40 a 0,50 kg/m^3



Mina a céu aberto de calcário para produção de cimento (na região metropolitana de Curitiba, PR)

Mina a céu aberto de quartzito (Serra da Canastra, MG)

4. OPERAÇÕES SUBSEQUENTES

Problemas com fragmentação

- blocos de tamanho superior ao desejado;
- Quantidade de finos (pouco efeito no carregamento e transporte mas muito no tratamento e venda. Ex. carvão, pó de pedra, ferro)

Escavação e carregamento

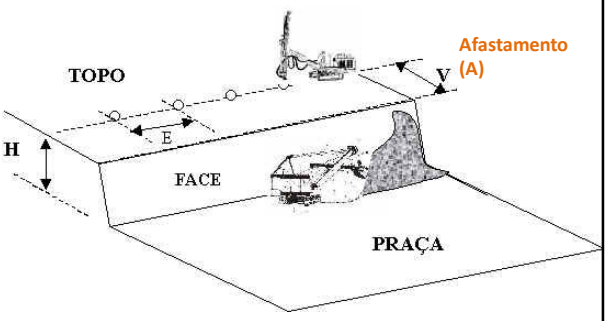
- Os fragmentos devem caber nas caçambas;
- Não podem reduzir a capacidade de preenchimento delas;
- Não podem alterar o tempo de ciclo de preenchimento.



Transporte

- Evitar impacto do matacão embora aceitem fragmento maiores do que os permitidos;
- Distribuir o peso ao longo da caçamba

FRAGMENTAÇÃO ADEQUADA E CARREGAMENTO



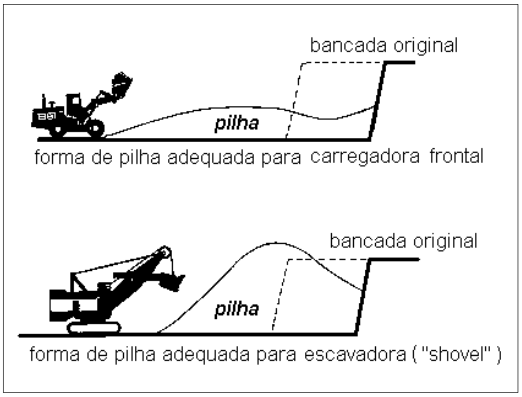


Pilha apropriada para escavadora (“shovel”)

Pá-carregadora



Exemplo de pilha mal formada, com o material desmontado se espalhando numa área relativamente grande, interferindo com as demais operações de lavra na cava





DANOS ESTRUTURAIS

- Volume pré-determinado de rocha tem a sua estrutura destruída durante o desmonte e o resto deve ser preservado (controle estrutural operacional e de segurança);
- Evitar danos às paredes da cava (aumento da permeabilidade e porosidade e diminuição da rigidez);
- Evitar danos a taludes e faces (céu aberto);
- Evitar danos a tetos, pilares e camadas de minério (mina subterrânea)





Trincas de tração (“backbreak”)

EXPLOSIVOS

1. CONCEITUAÇÃO
2. HISTÓRICO
3. CAMPO DE APLICAÇÃO DOS EXPLOSIVOS
   - 3.1. Mineração
   - 3.2. Outras aplicações
4. TIPOS DE REAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO
5. CLASSIFICAÇÃO DOS EXPLOSIVOS
   - 5.1. Teórica (tipos de ação)
   - 5.2. Classificação de Monroe
6. ASPECTOS QUÍMICOS DOS EXPLOSIVOS
   - 6.1. Reações de decomposição
   - 6.2. Balanço de oxigênio
   - 6.3. Propriedade dos explosivos

EXPLOSIVOS

7A. TIPOS DE EXPLOSIVOS

7B. ACESSÓRIOS DE EXPLOSIVOS

- 7.1. Carregadores de furos
- 7.2. Geradores de energia
- 7.3. Acendedores
- 7.4. Transmissores de energia
- 7.5. Iniciadores
- 7.6. Retardadores
- 7.7. Reforçadores ou boosters
- 7.8. Espaçadores ou “petecas”

EXPLOSIVOS (DE SEGURANÇA!!!!) (“explosives”)

1. CONCEITUAÇÃO

Explosivos são substâncias S, L ou G, individuais ou na forma de misturas, que se encontram em ***Estado Meta-estável*** e que através da aplicação de um estímulo adequado apresentam reação rápida de decomposição, transformando-se em substâncias quimicamente mais estáveis, G (além de resíduos S), com o desenvolvimento de calor , alta P e **grande liberação de energia (em pequenas áreas)**.



2. HISTÓRICO



- A utilização da **pólvora** foi sem dúvida o passo fundamental para o desenvolvimento de quase uma centena de produtos, que hoje em dia são conhecidos como explosivos (**C+S+ KNO_3**).
- 1847: descoberta da **nitroglicerina**, que apresentava um poder de explosão muitas vezes superior ao da pólvora (qdo submetida à impacto). Isto criou problemas de segurança e serviu como um fator limitante ao seu uso pelas indústrias;
- 1863: evolução da nitroglicerina para a **dinamite** feita pelo químico Alfred Nobel, que difundiu o seu uso pelas indústrias;
- descoberta do **TNT - Tri-Nitro-Tolueno**, um explosivo bastante potente e mais seguro que a nitroglicerina;
- uso da **nitrocelulose** (resistente à água);
- gelatinização da nitroglicerina e de outros produtos;
- 1923: uso do **Nitrato de Amônio** como base explosiva; uso do **ANFO (mistura de nitrato de amônio + óleo diesel)** como explosivo (granular);
- utilização das **lamas explosivas - "slurry**“ (muitas com ANFO), em 1958;
- **Adição de certos pós metálicos** (Al) que em determinadas soluções aumentavam o poder explosivo;
- **Emulsões** (mudança de forma física: fase aquosa e fase oleoso, > força e resistência à água).

3. CAMPO DE APLICAÇÃO DOS EXPLOSIVOS

3.1. MINERAÇÃO

MINERAÇÃO A CÉU ABERTO E SUBTERRÂNEA:

Abertura de galerias, poços e chaminés (mina subterrânea).

Prospecção de jazidas.

Explotação (lavra) de minas.

Desenvolvimento de frentes de mineração.

Produção de minério.

PEDREIRAS:

Produção de brita



LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

3.2. OUTRAS APLICAÇÕES

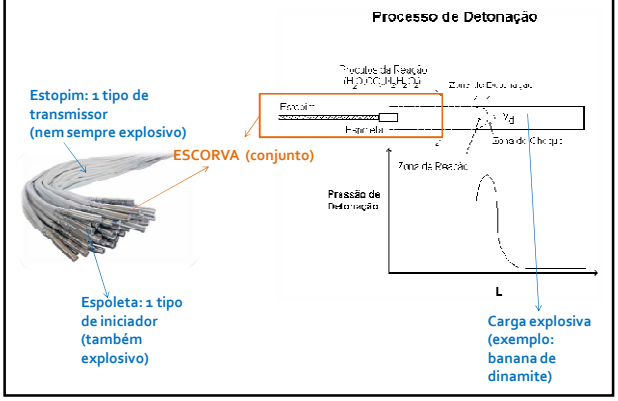


- Construção civil: Abertura de novas estradas, Túneis, Construção de canais, Alteração no curso dos rios, Construção de barragens, Recuperação de terras, **Demolição de estruturas antigas (implosão),** Escavação de túneis e poços.
- Engenharia agrícola: Escavação de poços, Abertura de valas, Limpeza de campos, Derrubada de árvores, Remoção de raízes.
- Extinção de fogo em poços de petróleo.
- Prospecção sismográfica na pesquisa de novas reservas de gás e petróleo.
- Detonações subaquáticas: Rebaixamento e desobstrução de baias e canais, Desmonte de rochas submersas (ex: vídeo em aula!).
- Conformação e soldagem de chapas metálicas por explosão.
- Usos militares: Bombas, Rifles, Cargas de profundidade, Granadas, Misseis teleguiados, Minas terrestres e navais, Projéteis, Foguetes e Torpedos.

4. TIPOS DE REAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO

- **Combustão**: qualquer reação química de oxidação que ocorra normalmente e que libere energia (calor);
- **Deflagração**: processo exotérmico no qual a transmissão da energia da reação química é baseada **principalmente na condutividade térmica**. É um fenômeno superficial na qual a frente de deflagração avança através do explosivo em **camadas paralelas à uma baixa velocidade** que normalmente não é maior do que 1.000 m/s;
- **Detonação**: é um processo físico-químico caracterizado por sua **alta velocidade de reação** e a formação de grande quantidade de produtos à uma temperatura elevada, consequentemente com uma grande força expansiva. Nos explosivos detonantes a velocidade das primeiras moléculas gaseificadas é tão grande que elas não conseguem transmitir calor por condutividade através (da zona ainda não detonada) do explosivo remanescente, mas que lhe transmitem carga por choque, deformando-o e provocando seu aquecimento e explosão adiabática gerando novos gases. O processo se reproduz em movimentos ondulatórios que atingem a massa inteira do explosivo e se constitui em **trens de onda de choque**.

Explosivos Industriais (de Segurança!!!!)



Baixo explosivo ⟶ ***material que iniciado de modo conveniente deflagra ou queima*** *ao invés de detonar*

Velocidade de deflagração < 1000 m/s

Alto explosivo ⟶ ***quando iniciado detona*** *ao invés de deflagrar ou queimar*

Velocidade de detonação de 1000 a 8000 m/s





5. CLASSIFICAÇÃO DOS EXPLOSIVOS

5.1. Teórica (tipos de ação)



5.2. Classificação de Monroe (p/ explosivos industriais)

EXPLOSIVOS PRIMÁRIOS (*PRIMER*)

- **Altos explosivos**
- Detonam sem confinamento sempre que presentes em grãos de tamanho milimétrico
- Usados como **iniciadores (pequena quantidade)**
- Manuseio perigoso
- Cuidados especiais na fabricação
- Sensibilidade (facilidade com que é iniciado) elevada
- Reação em apenas uma etapa exotérmica
- Ex: **Fulminato de Mercúrio, Azida de Chumbo, Azida de Prata e Dinitrofenol**

EXPLOSIVOS SECUNDÁRIOS

- **Altos explosivos**
- Maior dificuldade à detonação
- Sua reação inicial é endotérmica, passando a exotérmica
- Podem ser iniciados por atrito ou impacto localizado
- Manuseia-se em **maiores quantidades**, portanto o risco é elevado (normas de segurança)
- Ex: **Nitroglicerina (NG), TNT, DNT, Dinamites, ANFO, Lamas, Gelatinas e Emulsões**

EXPLOSIVOS TERCIÁRIOS

- **Baixos explosivos**
- Muito maior dificuldade à detonação, necessitam de iniciação
- Dificilmente são iniciados por atrito, fogo ou impacto
- Baixa sensibilidade
- Ex**: Nitrato de Amônio, MNT (mononitrotoluene) e Perclorato de Amônio, Pólvora**

Outras classificações: se referem ao uso prático do explosivos (de ruptura, propelentes, iniciadores) e ao seu estado físico (sólido, gasoso ou líquido)

6. ASPECTOS QUÍMICOS DOS EXPLOSIVOS

6.1. Reações de decomposição

Formulação básica de um explosivo: $C_aH_bO_cN_d$
Produtos da reação: CO_2, H_2O, N_2, O_2, H_2, NO, NO_2, CO, C e CH_4
Reação:

$$C_aH_bO_cN_d \Leftrightarrow n_1CO_2 + n_2H_2O + n_3N_2 + n_4O_2$$

OBS: a formação dos produtos é função da quantidade de oxigênio existente.

$$n_5H_2 + n_6NO_2 + n_7CH_4 + n_8CO + n_9C \quad etc.$$

6.2. Balanço de oxigênio

Os explosivos possuem a quantidade de oxigênio suficiente para transformar todos os seus átomos de carbono e nitrogênio em moléculas de CO_2, H_2O, N_2 e O_2

Se houver um excesso de O_2 na reação de decomposição, poderão ser formados outros produtos, como H_2, NO, NO_2, CO, C e CH_4

Idealmente um explosivo deve produzir um mínimo de gases **tóxicos** após a sua detonação.

6.3. Propriedade dos explosivos

6.3.1. Velocidade de Detonação – VOD

Explosivos à base de Nitroglicerina: muito velozes, VOD = 4.000 - 7.500 m/s.
Explosivos à base de Nitrato de Amônio, exemplo ANFO: velocidade mais baixa, VOD = 1.500 - 3.000 m/s.

6.3.2. Formação de gases tóxicos

Volume de gás produzido por kg de explosivo (m^3, 0º C e 101 kPa)

TIPO DE EXPLOSIVO	Gases			
	CO	NO& NO_2	CO_2	NH_3
Dinamites amoniacais	0,03	0,004	0,06	0,003
Gelatinas amoniacais	0,05	0,006	0,07	0,003
ANFO	0,03	0,007	0,05	0,009
Dynagel ("TNT slurries")	0,03	0,005	0,07	0,003
Explosivos à base de "water gel"	0,009	0,002	0,05	-------

6.4.3. Sensibilidade à iniciação

Sensibilidade ao calor, ao choque (impacto), ao atrito e à iniciação por simpatia (energia da primeira explosão transmitida de alguma forma)

6.4.4. Estabilidade

Estabilidade química ("prazo de validade"): exsudação de nitroglicerina (em cartuchos de dinamites) e de substâncias salinas

6.4.5. Brisância

É a única propriedade exclusiva dos explosivos. Capacidade de fragmentar a rocha do seu entorno

6.4.6. Permissibilidade

Fundamental para evitar acidentes envolvendo a ignição de atmosferas contendo gases ou partículas potencialmente inflamáveis. Mistura de explosivos e outras substâncias (ou condições) para "ajustar" sua composição final de forma a obter as condições necessárias.

6.4.7. Densidade

Diretamente relacionado com a energia liberada pelos explosivos (brisância), ex: cargas mais densas para minérios de > resistência como minério de ferro. Cargas menos densas e mais distribuídas para rochas menos resistentes como carvão.



7A. TIPOS DE EXPLOSIVOS



Dinamite comum;

Gelatinas;

ANFO;

Lamas;

Emulsões (encartuchada, bombeada);

Nitrocarbonitratos;

Watergel.



DINAMITES

- Explosivos de base: Nitroglicerina, TNT, Dinitrotoluol e Nitrocelulose.
  - Explosivos complementares: Trotil, Trioleína, MNT e Nitrobenzenos.
  - Substâncias ativas absorventes: terra diatomácea, serragem de madeira, cortiças, aveia e centeio.
  - Substâncias complementares geradoras de oxigênio: Nitrato de Amônio, Nitrato de sódio, Nitrato de Potássio, Cloretos e Percloratos.
  - Substâncias que aumentam a potência: Pó de Silício, Pó de Alumínio, e Pó de Magnésio.
  - Substâncias que abaixam o ponto de congelamento: Cloreto de Sódio e Bicarbonato de Sódio.
- Velocidade de Detonação:
  1.300 a 7.700 m/s



GELATINAS

Gelatina:

Gelatinização da Nitroglicerina por **Nitrocelulose**

32 % Nitroglicerina + 52 % Nitrato de Sódio + 1 % Nitrocelulose

Dinamite densa e plástica

Alta resistência à água

Baixa produção de gases tóxicos

Alta velocidade de detonação quando confinada

Gelatina Amoniacal:

Contém parte da Nitroglicerina substituída por **Nitrato de Amônio nas gelatinas**

26 % Nitroglicerina + 50 % Nitrato de Sódio + 8 % Nitrato de Amônio

Menor velocidade de detonação que as gelatinas

Boa resistência à água

Baixa produção de gases tóxicos

Menor custo que as gelatinas comuns



ANFO ("ammonium nitrate/fuel oil")

Composição:

Mistura:
6 % Óleo Combustível + 94 % Nitrato de Amônio
17 litros de Óleo Combustível + 250 kg de Nitrato de Amônio

Características:

Velocidade de detonação: 2.500 a 5.000 m/s

Vantagens:

Menor produção de gases tóxicos em relação às dinamites
Menor tempo de carregamento
Potência pouco inferior à da dinamite
Melhor fragmentação da rocha
Melhor compactação do explosivo no furo
Insensibilidade a choques
Facilidade de preparação e carregamento ("ANFO loader")

Desvantagens:

Necessidade de potente iniciador
Bastante sensível à água











LAMAS E EMULSÕES

Composição:

São substâncias saturadas de Nitrato de Amônio aglutinado com goma de amido
Outros componentes: Nitratos solúveis, Substâncias Combustíveis, pó de alumínio, TNT, Pólvora, Composto B, Glicol, Aminas Orgânicas

Características:

Velocidade de detonação: 4.000 a 7.000 m/s

Vantagens:

Podem ser ajustados parâmetros como densidade e viscosidade
Eliminação de embalagens
Melhor carregamento do furo
Rapidez no carregamento dos furos
Segurança nas operações
Insensibilidade à água
Combinação TNT/Al resulta no explosivo comercial de maior potência existente

Desvantagem:

Fuga de explosivo no carregamento por fraturas na rocha





7B. ACESSÓRIOS DE EXPLOSIVOS

7.1. Carregadores de furos

- Carregadores de explosivos em cartuchos
- Carregadores de explosivos granulares

7.2. Geradores de energia

7.2.1. Explosores do tipo condensador (de bateria ou de manivela)

7.2.2. Explosores do tipo gerador (de torcer ou de cremalheira)



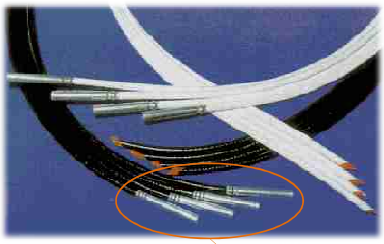
7.3. Acendedores





7.4. Transmissores de energia

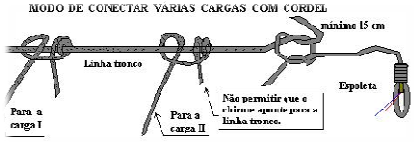
7.4.1. Estopim (comum ou de segurança, estopim detonante)



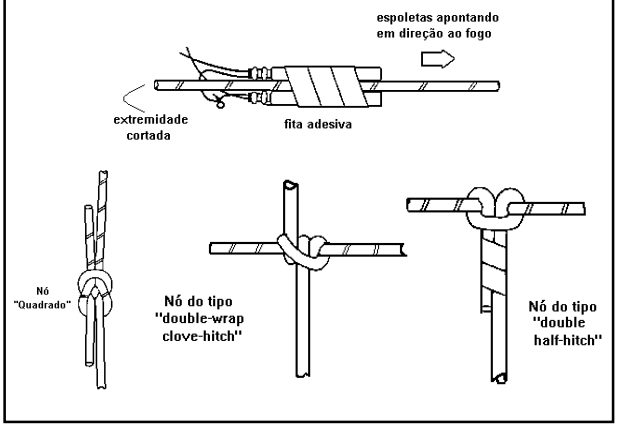
7.4.2. Cordel detonante
Tipos: NP10, NP5 (nitropenta)







Cordéis detonantes



7.4.3. Cordão de acendimento ou ignitor: elétrico ou de pólvora

7.4.4. Transmissores Tubulares de Onda de Choque - TTOC

Outros nomes: sistema de iniciação não elétrica, linha silenciosa, tubo de choque

Nomes comerciais: Nonel, Brinel (da Britanite), Exel, Mag – nel, etc.



7.5. Iniciadores

7.5.1. Espoleta comum (sozinha): cápsula de Al, fechada numa ponta, preenchida com explosivo de base (tetra nitrato de penta eritritol) e carga iniciadora de azida de chumbo.



7.5.2. Espoleta elétrica instantânea: sem retardo, já montada com o fio elétrico

7.5.3. Cordel detonante: único iniciador e transmissor

7.5.4. Espoleta eletrônica: elevado grau de precisão e inúmeras possibilidades de programação de tempos de retardo, última inovação tecnológica

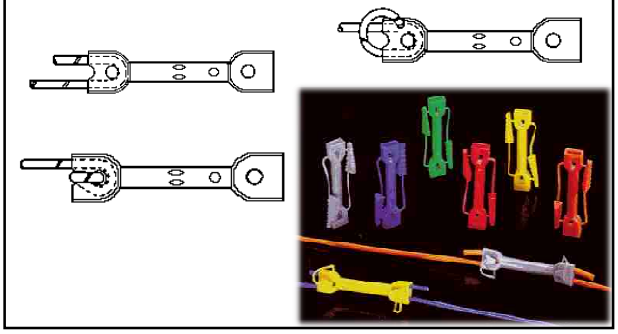


7.6. Retardadores

7.6.1. Espoleta comum com retardo

7.6.2. Espoleta elétrica de tempo (de retardo comum, de milissegundos)

7.6.3. Retardo para cordel detonante



COR	ESPERA (ms)
Verde	10
Amarelo	20
Laranja	30
Violeta	50
Branco	100
Azul	200

7.7. Reforçadores ou "boosters'

Para explosivos pouco sensíveis ao choque, geralmente bombeados





7.8. Espaçadores ou "petecas"

Distribuição da carga de coluna no furo

Obtenção de paredes rochosas extremamente regulares

