NOVOS DESAFIOS INERENTES À SEGURANÇA NA INDÚSTRIA EXTRACTIVA

por

*Pedro Bernardo**, *Eng. Minas, MSc, PhD*

* Director Técnico (Serviços de Aplicação) e Comercial da SEC, SA (2006 -)
* Professor Auxiliar do IST (1992 -)

MINING SAFETY

Conceito de segurança

Procurando uma definição abrangente do termo, poderá definir-se **SEGURANÇA** como o conjunto de condições necessárias à salvaguarda da integridade de pessoas e bens, de alguma forma relacionadas com qualquer actividade industrial.

- ✓ por **pessoas** entenda-se a totalidade de seres humanos ligados directa (trabalhadores) ou indirectamente (vizinhos) àquela actividade industrial.
- ✓ aos **bens** devem ser associados todos os conceitos que de alguma forma possam ser afectados pela referida actividade, compreendendo: equipamentos, paisagem, ecossistemas (fauna e flora), etc.

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Conceito de segurança

A **segurança (e saúde)** dos trabalhadores é actualmente uma matéria que suscita grande mediatismo. Tal facto deve-se ao **crescente valor que a sociedade actual dá à vida humana**, o que se traduz em legislação especifica, que tende a minimizar os riscos no local de trabalho, prevenindo simultaneamente a ocorrência de acidentes e de doenças profissionais.

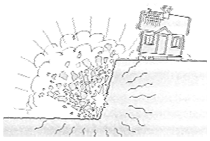
Assim, os **padrões** ocupacionais (e ambientais) exigidos em minas e pedreiras têm vindo a subir substancialmente.
Os limites que anteriormente eram função da tolerância humana, às variáveis em causa, são hoje **fixados em função do conforto que proporcionam**.

Pretendem estas medidas **melhorar o desempenho** dos trabalhadores, além de **promoverem a sua longevidade** de forma saudável. Condições adversas de trabalho fazem baixar os níveis de produtividade encontrados, podem causar acidentes, são punidas por lei e por tudo isso têm que ser evitadas.

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Aspectos críticos da segurança nos desmontes

Concretamente, no que diz respeito às acções de escavação em maciços rochosos, recorrendo a substâncias explosivas, a segurança ocorre muitas vezes associada aos conceitos de **propagação de vibrações** e **segurança no manuseio substâncias explosivas**.



O controle de vibrações provocadas por desmontes com explosivos, constitui uma actividade importante no âmbito da Geotecnia e Dinâmica das Rochas, pelas suas implicações ambientais, económicas, de segurança das estruturas e da qualidade de vida da populações.

A sensibilidade das substâncias explosivas utilizadas é importante porque condiciona as operações de armazenamento, transporte e carregamento nos furos (em total segurança), mantendo os explosivos a sua fiabilidade em detonar, apenas quando deliberadamente iniciados.

Legislação e normalização vigentes

Do ponto de vista do projectista e do executante, não se pode abordar a questão da **segurança**, em obras de escavação, sem ter presente os documentos legais que regulamentam estas actividades industriais:

Norma Portuguesa (NP) 2074 de 1983, "*Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares*", que estabelece valores para a velocidade de vibração de pico de modo a proteger estruturas anexas ao desmonte, dos efeitos nocivos que as vibrações podem motivar.

Decreto-Lei nº162/90 de 22 de Maio – "*Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras*", ferramenta técnica/legal, essencial à definição de procedimentos orientadores das operações produtivas;

Prevenção de situações de emergência na indústria extractiva:
• fenómenos catastróficos

Os fenómenos catastróficos sempre afectaram a humanidade, entrando na categoria de eventos que ocorrem com frequências mais ou menos esperadas, para as quais é essencial estar-se preparado, por ex: edificando estruturas capazes de os suportar, evitando as suas consequências nocivas para os seres vivos e para os bens materiais.

Murck et al. (1996) classificam esses fenómenos em três grupos principais:

• os fenómenos de **índole geológica**, como os sismos, erupções vulcânicas, inundações, avalanches, etc.;

• os fenómenos **naturais**, como o choque de corpos celestes, ciclones, incêndios, pragas de gafanhotos, etc. e

• os fenómenos **causados pelo homem**, como a poluição ambiental, chuvas ácidas, contaminação de recursos hidrogeológicos, resultantes de acidentes industriais, etc.

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Prevenção de situações de emergência na indústria extractiva:
• distinção entre o risco e o perigo

Os impactes ambientais, nomeadamente, os que têm origem na escavação de maciços rochosos, são, geralmente, quantificáveis através de graus de risco e apresentados sob a forma de mapas indicativos das probabilidades de danos resultantes. São fortemente influenciados pelos conceitos expostos, de vulnerabilidade e de susceptibilidade, quando aplicados a uma dada região.

Em geral, o grau de risco* é quantificado através de estudos de avaliação do risco#, que estimam o **produto** da **probabilidade** de ocorrência daquele impacte pela sua gravidade, em termos do seu **efeito** sobre os descritores ambientais (Clayton, 2001).

* Não devem ser confundidas as noções de Risco e Perigo, pois:
• Risco – é a probabilidade do potencial agente, ou descritor, exposto ser atingido, nas condições de uso e/ou exposição, interessando a amplitude do dano;
✓ Perigo - propriedade ou capacidade intrínseca de algo (por exemplo: materiais, equipamentos, métodos e práticas de trabalho) potencialmente causadora de danos.

\# Avaliação ou análise do risco - processo de avaliar o risco, nomeadamente, para a saúde e segurança dos trabalhadores no trabalho, decorrente das circunstâncias em que o perigo ocorre no local de trabalho.

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Prevenção de situações de emergência na indústria extractiva:
• classificação qualitativa do risco

O método estimar o **grau de risco** através daquele produto, nem sempre se consegue aplicar quantitativamente, pois envolve parâmetros que por vezes não são mensuráveis. No caso da probabilidade, fundamentalmente por que não existem estudos em número suficiente, e no caso do dano, por este ser muitas vezes intangível.

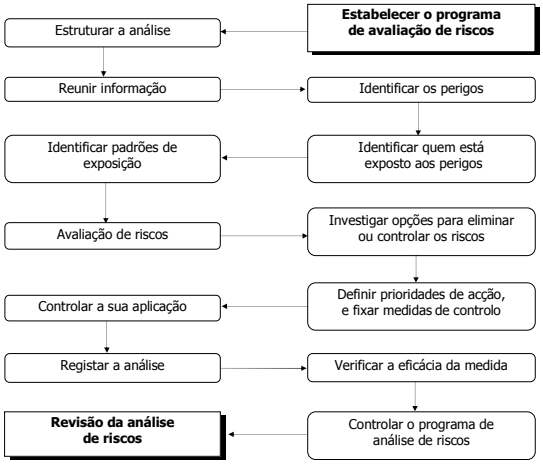
Deste modo, o conceito de grau de risco é, vulgarmente, apresentado de modo **qualitativo**, ponderando a probabilidade de ocorrência e os danos, de modo a agrupar e **hierarquizar** os riscos em classes, de acordo com a sua importância.

Grau de risco	Graus (qualitativos) de risco	Acção
I	Muito importantes	Tomar medidas de segurança de imediato
II	Importantes	Tomar medidas de segurança a curto prazo
III	Pouco importantes	Tomar medidas de segurança a longo prazo
IV	Desprezáveis	Não são necessárias medidas de segurança

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Prevenção de situações de emergência na indústria extractiva:
• fases de um processo de análise de riscos

Etapas a respeitar num processo de análise de riscos (Comissão Europeia, 1996)



Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Prevenção de situações de emergência na indústria extractiva:
• critérios para estabelecer prioridades e as formas de avaliar e actuar

Assim, deve existir uma organização interna nas empresas, que permita gerir as questões de segurança e saúde relacionadas com todas as actividades e, sobretudo, com aquelas que potenciam um maior risco, como é o caso do emprego de substâncias explosivas. Durante o processo de análise de riscos, devem existir critérios de segurança e saúde, que permitam estabelecer prioridades, e formas de actuar e de avaliação, nomeadamente (Guerreiro, 2003):

legislação;
- normalização nacional e internacional;
- padrões e directrizes contidos em publicações;
- recomendações de entidades credenciadas;
- códigos de boas práticas; e
- política da empresa.

Esses critérios são actualmente materializados no designado Plano de Segurança e Saúde (PSS), que terá que ser objecto de revisão periódica, sempre que se verificar desajustado, à luz da legislação vigente, da política da empresa, da realidade do empreendimento, ou de qualquer outra situação que interfira com a segurança e saúde e que comprometa a aplicação prática do mesmo.

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

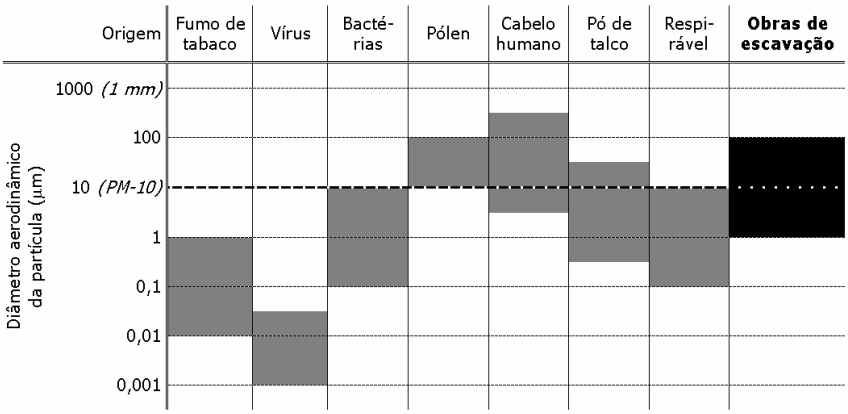
Planos de Segurança e Saúde (PSS)

1. Memória descritiva Apresentação das informações que permitem implementar o Plano de Segurança e Saúde (PSS) com êxito	1.1 Definição dos objectivos
	1.2 Elementos identificativos
	1.3 Regulamentação aplicável
	1.4 Organograma funcional
	1.5 Horário de trabalho
	1.6 Seguros de acidentes e outros
	1.7 Descrição das actividades e das fases de execução
	1.8 Métodos e processos utilizados
2. Caracterização da unidade industrial Caracterização da unidade, ao nível dos recursos humanos, equipamentos, zonas e instalações, mapas de trabalho, e respectiva análise de riscos	2.1 Características gerais
	2.2 Plano de trabalhos
	2.3 Cronograma da mão de obra e dos equipamentos
	2.4 Projecto da obra de escavação, ou de lavra da pedreira
	2.5 Riscos especiais
	2.6 Análise de risco
3. Planos de prevenção Os planos de prevenção têm como objectivo prevenir acidentes de trabalho e doenças profissionais, combatendo o risco através de várias medidas de intervenção	3.1 Plano de acções quanto a condicionalismos do local
	3.2 Plano de sinalização e de circulação
	3.3 Plano de protecções colectivas
	3.4 Plano de protecções individuais
	3.5 Plano de manutenção dos equipamentos
	3.6 Plano de saúde dos trabalhadores
	3.7 Registo de acidentes e índices de sinistralidade
	3.8 Plano de formação e informação dos trabalhadores
	3.9 Plano de visitantes
	3.9 Plano de emergência

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

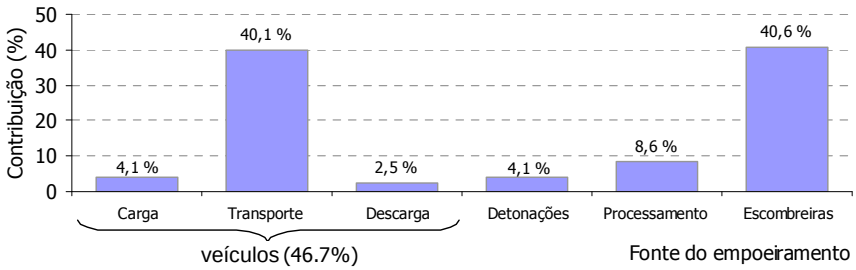
Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da ventilação mineira

Contaminantes atmosféricos – por ex: as POEIRAS



Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da ventilação mineira



Sugere-se uma classificação das fontes produtoras de poeiras:
• As duas primeiras fontes (carga e transporte) são tipicamente móveis e transitórias.
• Analogamente, as últimas (processamento e deposição em escombreiras) são claramente fixas e quase estacionárias.
• Quanto às fontes intermédias é pouco claro o seu carácter, móvel ou fixo, deste ponto de vista. Na descarga, a geração de poeiras, tem origem em localizações extensas, por ex: correias transportadoras. Da mesma forma, as detonações modificam constantemente a sua localização no espaço, a curto prazo, considerando o normal avanço das frentes.

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da ventilação mineira

Princípios de controle de contaminantes (adaptado de Hartman et al., 1982)

Princípio de controle			Objectivo	Exemplo típico relativo às poeiras
(+)	(–)	Prevenção	Evitar o aparecimento	Dimensionamento correcto do diagrama de fogo, evitando uma carga explosiva excessiva
		Remoção	Eliminar na fonte	Realização da perfuração com sistemas injectores de água (a húmido) ou com colectores de poeiras eficientes
Prioridade	Custo	Supressão	Absorver por reacções químicas	Uso de estabilizadores químicos, através de sistemas de aspersão, em vias não asfaltadas, para circulação de veículos
		Contenção	Isolar por processos físicos	Blindagem das instalações de tratamento onde se processam operações de britagem ou de fragmentação secundária
(–)	(+)	Diluição	Reduzir a concentração	Aumentar o caudal da ventilação, nos locais de trabalho subterrâneos

A opção pelas medidas preventivas é suportada pelas seguintes vantagens:
- maior fiabilidade das medidas a aplicar;
- melhor relacionamento com as autoridades governamentais;
- maior segurança para o pessoal e
- melhor imagem pública para as empresas que as aplicam.

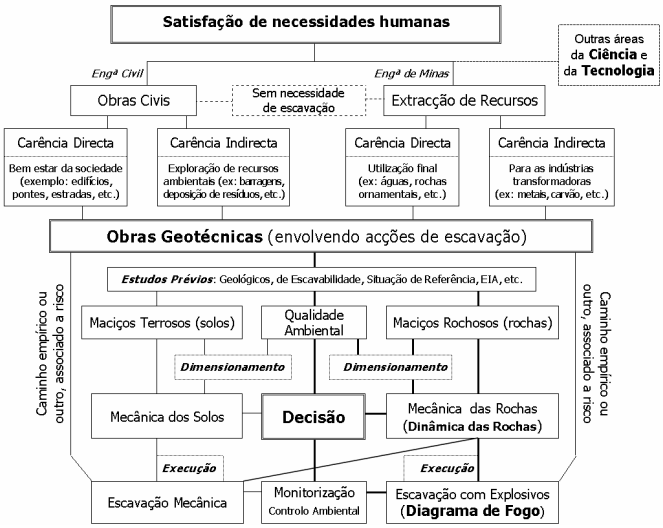
Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da ventilação mineira

EMERGÊNCIA

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da utilização de substâncias explosivas



Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
- *caso da utilização de substâncias explosivas*

Acresce a esta circunstância uma outra causa de considerável influência, o medo, dadas as evidentes conotações destas substâncias com propósitos nefastos (como terrorismo). Este receio pode aumentar muito a percepção do risco**, levando as pessoas a confundir as noções de falha técnica devida a factores não controláveis (aceitável, dentro de determinados limites, em Engenharia) e de acidente, obrigando, por isso, os Engenheiros a trabalhar dentro de gamas por vezes morosas e antieconómicas.

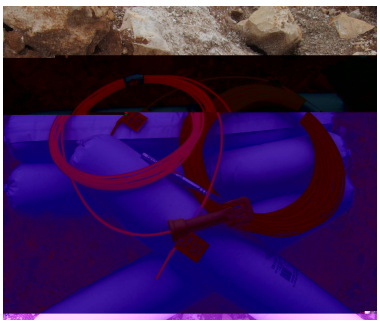
** Um estudo que contabilizou os acidentes participados em 1992, nos EUA, envolvendo os diversos meios de transporte (http://www.matscieng.sunysb.edu/disaster/), exemplifica o acréscimo na percepção do risco. Foram declarados, nesse ano nos EUA, 775 acidentes aéreos, 755 acidentes com composições ferroviárias e 722 acidentes com bicicletas (suspeita-se que este valor estará muito aquém da realidade, dado que não é frequente este tipo de acidentes serem declarados). De facto, verifica-se que, embora a ordem de grandeza dos acidentes relacionados com os diversos tipos de veículos seja semelhante, a percepção humana do risco associado às viagens é normalmente muito maior no caso dos aviões que nos comboios e, certamente, que nas bicicletas. As razões que estão na base de tal interpretação são o elevado número de mortes associado a um único acidente com aeronaves, o efeito amplificador devido à difusão por parte da comunicação social e, principalmente, a sensação de impossibilidade de controlo sobre o veículo, nas diversas situações, o que resulta em medo acrescido e num elevado grau de percepção do risco.

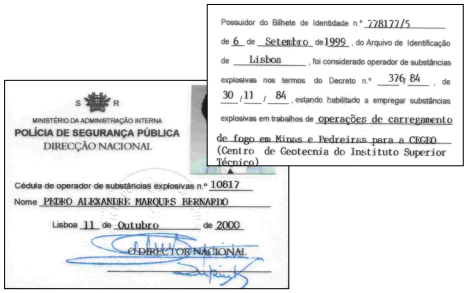
Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
- *caso da utilização de substâncias explosivas*

Explosivo

Composto químico susceptível de se transformar muito rapidamente, num grande volume de gases (1.000 l/kg), a alta pressão (5 a 10 GPa), sob acção de uma causa térmica ou mecânica, libertando uma considerável quantidade de calor (3.000 a 4.000 ºC) .





Possuidor do Bilhete de Identidade n.º 778177/5 de 6 de Setembro de 1999, do Arquivo de Identificação de Lisboa, foi considerado operador de substâncias explosivas nos termos do Decreto n.º 376/84, de 30/11/84, estando habilitado a empregar substâncias explosivas em trabalhos de operações de carregamento de fogo em Minas e Pedreiras para a CEGEO (Centro de Geotecnia do Instituto Superior Técnico)

S R
MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO INTERNA
POLÍCIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
DIRECÇÃO NACIONAL

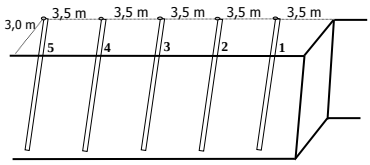
Cédula de operador de substâncias explosivas n.º 10617
Nome PEDRO ALEXANDRE MARQUES BERNARDO
Lisboa 11 de Outubro de 2000
O DIRECTOR NACIONAL

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
- *caso da utilização de substâncias explosivas*

Aplicação de produtos explosivos

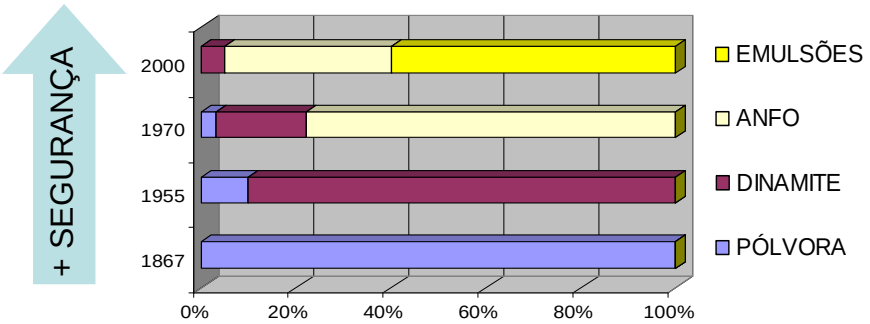
- ✓ Propriedades dos Explosivos
- ✓ Tipos de Explosivos
- ✓ Selecção do explosivo
- ✓ As propriedades geotécnicas das rochas e a sua escavabilidade
- ✓ Diagramas de fogo convencionais
- ✓ Diagramas de fogo especiais



Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
- *caso da utilização de substâncias explosivas*

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA



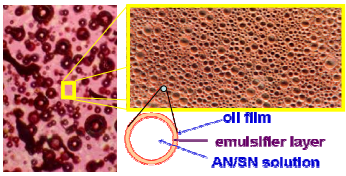
Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras

- *caso da utilização de substâncias explosivas*

Os desenvolvimentos na produção de explosivos culminaram, no final da década de 60, com o aparecimento das emulsões.

As emulsões são um sistema bifásico onde a fase interna ou dispersa, constituída por pequenas gotas de nitrato de amónio, se encontra dispersa numa fase exterior ou contínua, por intermédio da acção de agentes emulsionantes. A estabilidade da estrutura água/óleo depende da quantidade de ar contido ou das microesferas adicionadas para garantir a estabilidade adequada.



EXPLOSIVO	DIMENSÃO PARTICULAS	VELOCIDADE DETONAÇÃO
ANFO	2 mm	3.000 m/s
WATER-GEL	0,2 mm	4.500 m/s
EMULSÃO	0,005 mm	6.000 m/s

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

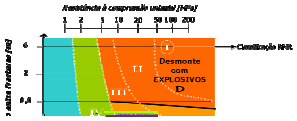
Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
• caso da utilização de substâncias explosivas

Selecção do explosivo (factores a considerar):

✓ Factores económicos
custo do explosivo, custo de perfuração, custo de fragmentação secundária, transporte e britagem

✓ Características da rocha e maciço rochoso
propriedades geomecânicas da rocha e grau de fracturação do maciço

✓ Tipo de explosivo
magnitude/modo de libertação energia, impedância característica, **sensibilidade** (afectando a **segurança**) e armazenamento



✓ Condições existentes
diâmetro de carga, presença de água, temperatura da rocha

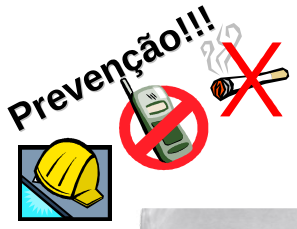
✓ Restrições ambientais
vibrações do terreno, onda sonora (ruído), projecção de blocos, sobrefracturação do maciço remanescente e libertação de poeiras

✓ Resultados pretendidos
grau de fragmentação a obter e volume de rocha a desmontar

Exemplos concretos relacionados com operações mineiras
- *caso da utilização de substâncias explosivas*

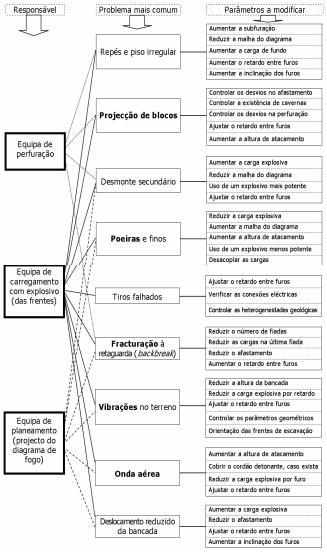
Procedimentos e regras de utilização de produtos explosivos

- ✓ Regras de utilização
- ✓ Abertura de embalagens
- ✓ Explosivos gelados ou deteriorados
- ✓ Preparação das escorvas
- ✓ Carregamento
- ✓ Condições de disparo
- ✓ Retoma do trabalho após disparo
- ✓ Tiros falhados
- ✓ Sinalização dos furos
- ✓ Casos especiais
- ✓ Informações a fornecer a quem lida com explosivos
  - ✓ O que não deve fazer
  - ✓ O que deve saber e aplicar



Conclusões e recomendações

Por muitos anos, construiu-se em prol do desejado progresso, ultrapassando genialmente as dificuldades quando as limitações eram de índole tecnológica. Actualmente, grande parte dos desafios que se colocam, passam não tanto por construir e desenvolver, mas por fazê-lo melhor, atendendo à recente preocupação ambiental e ocupacional das sociedades modernas e certas irreversibilidades inerentes a alguns dos processos usados, num meio que, cada vez mais, assume uma dimensão finita. Tal melhoria obrigou à integração da componente ambiental nas análises de custo-benefício, hoje usuais em Engenharia.



Conclusões e recomendações

No que diz respeito às substâncias explosivas

Deverá ser **recomendada a utilização exclusiva de emulsões** no desmonte de rocha, aumentando a segurança no local de trabalho e minimizando as pressões de detonação associadas, já que a causa principal dos impactes ambientais relacionados está, geralmente, no excesso de energia associado ao explosivo detonado, para além da estritamente necessária para fragmentar a rocha. De facto, qualquer excesso de energia empregue, é prejudicial, porque tem consequências:

- ocasiona custos mais altos de equipamentos e materiais,
- torna o maciço menos resistente, mais deformável e permeável,
- obriga a usar suportes mais resistentes e mais caros e
- provoca impactes ambientais acrescidos.

Novos desafios inerentes à segurança na indústria extractiva (pedrobernardo@sec-sa.pt)

Conclusões e recomendações

A maioria dos casos de optimização económica (e ambiental) de diagramas de fogo começa por corrigir os erros cometidos no dia-a-dia (desrespeito ao projecto), nomeadamente:

- ✓ Desvios na furação (inclinação e posicionamento dos furos na frente),
- ✓ Erros nas cargas (tipo e quantidade),
- ✓ Erros na atribuição dos tempos de retardo.

Daí a importância da **observação e qualidade (papel dos Engenheiros)**.

A **actualização tecnológica** é, nos restantes casos, a única forma de optimizar os processos e aumentar a segurança oferecida aos trabalhadores

Seminário: A Engenharia e a Emergência (19 de Janeiro de 2011)
Ordem dos Engenheiros: Organização dos Colégios Nacionais de Engenharia Geográfica, Geológica e de Minas, Civil e Mecânica

OBRIGADO!
SOCIEDADE DE EXPLOSIVOS CIVIS
SEC