

## **Avaliação e monitoramento das operações de desmonte de rocha com uso de explosivo na mineração: Procedimento**

*Title in English:*

*Rock breaking by using explosives in mining - Procedure*

**Resumo:**

Esta norma fixa as condições mínimas exigíveis para o controle da operação de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios, no que se refere à prevenção e mitigação de impactos ao meio ambiente e estabelece limites para avaliação do incômodo de pressão acústica e velocidade de vibração de partículas gerados pelas operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios. Não é aplicável para avaliações de danos estruturais decorrentes das operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios.

**Palavras chave**

Desmonte, rochas, explosivos, mineração

*Key words*

*Rock breaking, rock, explosives, mining*

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**

Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345  
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP  
Tel.: (11) 3133 3000 Fax: (11) 3133 3402  
<http://www.cetesb.sp.gov.br>

**Primeira Edição**

Fevereiro/2015, homologada pela Decisão de Diretoria – D.D nº 052/2015/I/C, de 24/02/2015.

Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo – Caderno Executivo I, v.125, n. 37, de 26/02/15, Poder Executivo, Seção I, p. 33 e 34.

© CETESB 2013

É permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte. Direitos reservados de distribuição.

**Sumário**

1	Introdução.....	2
2	Objetivo.....	2
3	Documentos complementares.....	3
4	Definições.....	3
5	Condições gerais.....	4
6	Instrumentação.....	4
7	Calibração dos instrumentos.....	5
8	Metodologia de medição.....	5
9	Critérios de avaliação.....	6
10	Relatório.....	6
	Anexo A - Normas e documentos complementares.....	7
	Anexo B - Plano de fogo.....	8

**1 Introdução**

O uso de explosivos e seus acessórios na indústria da mineração é indispensável como ferramenta da engenharia para o desmonte de rochas, necessário para os processos de beneficiamento subsequentes aplicáveis ao aproveitamento econômico das diferentes substâncias minerais.

Com vistas ao estabelecimento de procedimentos para avaliação e monitoramento das operações do desmonte de rocha com o uso de explosivos na mineração, a CETESB, no uso de suas atribuições legais para o controle da poluição no Estado de São Paulo, elaborou a presente norma (competência conferida pela Lei Estadual nº 997 e seu Regulamento aprovado pelo Decreto nº 8.468/76, alterado pelo Decreto nº 15.425/80) (SÃO PAULO, 1976, 1980).

**2 Objetivo**

Esta norma:

2.1 Fixa as condições mínimas exigíveis para o controle da operação de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios, no que se refere à prevenção e mitigação de impactos ao meio ambiente relacionados à pressão acústica e vibração, podendo, a critério da CETESB, ser feitas exigências complementares para garantir o atendimento à legislação vigente. Esta norma é específica para as medições e avaliações de vibração e pressão acústicas gerados por desmontes de rochas com o uso de explosivos. Para avaliação de outros parâmetros que não estabelecidos no escopo desta norma devem ser criadas novas regulamentações.

2.2 Estabelece limites para avaliação do incômodo gerado pelas operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios relacionados à pressão acústica e vibração.

2.3 Não é aplicável para avaliações de danos estruturais decorrentes das operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios.

### 3 Documentos complementares

Na aplicação desta norma sugere-se consultar as normas e documentos complementares apresentadas no **Anexo A**.

Os documentos relacionados no referido anexo contêm disposições que constituem fundamento para este procedimento. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisões e alterações, aqueles que realizam procedimentos com base nesta devem verificar a existência de legislação superveniente aplicável ou de edições mais recentes das normas citadas.

### 4 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 4.1 a 4.9.

#### 4.1 Área de lavra

Parte da área operacional do empreendimento de mineração constituída pelas frentes de lavra e seus respectivos acessos.

#### 4.2 Área operacional

Área do empreendimento que compreende as frentes de lavra, as instalações de beneficiamento, acessos internos, oficinas e demais facilidades de infraestrutura de suporte à atividade de mineração.

#### 4.3 Bancada

Configuração geométrica de frente de extração de minério ou estéril definida por duas superfícies: uma horizontal - o topo, outra vertical ou subvertical - a face.

#### 4.4 Desmorte

Operação destinada a promover a fragmentação de rocha ou desagregação do solo, por meio de ações mecânica ou química, com utilização de equipamentos ou explosivos e acessórios de detonação.

#### 4.5 Nível de pressão sonora

Dez vezes o logaritmo na base 10 da razão entre o valor médio quadrático da pressão sonora e o quadrado da pressão sonora de referência.

Equação:

$$L_p = 10 \times \log \left( \frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

Onde:

$L_p$  é o nível de pressão sonora, em decibel;

$p$  é a pressão sonora, em Pascal;

$p_0$  é a pressão sonora de referência ( $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ ).

#### 4.6 Nível de pressão acústica - $L_{pL}$

Nível de pressão acústica ou nível de sobrepressão acústica é provocado por uma onda de choque aérea, com componentes audíveis e não audíveis, medido em dB Linear - pico, ou dB(Z).

#### 4.7 Plano de fogo

Projeto detalhado de desmorte por explosivos, que inclui os parâmetros:

a) Furos: número, geometria e disposição espacial.

b) Explosivos e acessórios: características dos produtos, quantidades, distribuição da carga, carga máxima por espera, forma de iniciação e sequência de detonação.

Os parâmetros mínimos requeridos do plano do fogo são apresentados no **Anexo B**.

## 4.8 Ultralancamento

É o lançamento de fragmento de rocha, de qualquer tamanho, além da área operacional do empreendimento.

## 4.9 Velocidade resultante de vibração de partícula - VR

É a somatória vetorial das 3 (três) componentes ortogonais da velocidade de vibração de partícula medidas simultaneamente.

O valor da velocidade resultante de vibração de partícula - VR é dado pela fórmula:

$$VR = \sqrt{(VL)^2 + (VT)^2 + (VV)^2} \quad (2)$$

Onde:

VR = Velocidade resultante de vibração de partícula, em mm/s

VL = Velocidade de vibração, na direção longitudinal, em mm/s

VT = Velocidade de vibração, na direção transversal, em mm/s

VV = Velocidade de vibração, na direção vertical, em mm/s

Notas:

a) As velocidades de vibração são medidas de zero a pico.

b) As três direções são definidas em relação à reta que passa pelo ponto da detonação e pelo ponto de medição.

## 5 Condições gerais

5.1 Não deve ocorrer o ultralancamento de fragmento de rocha.

5.2 Devem ser apresentados à CETESB sempre que requisitados:

a) O relatório de desmonte, contendo o plano de fogo executado.

b) O registro histórico das operações de desmonte realizadas e a programação das operações futuras.

## 6 Instrumentação

### 6.1 Especificação: Sismógrafos para monitoramento do desmonte de rocha

#### 6.1.1 Medição de Vibração:

a) Faixa de frequência..... 2 a 250 Hz, dentro de zero a -3 dB

b) Faixa de operação..... Até 254 mm/s

c) Precisão.....  $\pm 5\%$  ou  $\pm 0.5$  mm/seg, o que for maior, entre 4 e 125 Hz

d) Resposta plana linear na faixa de frequências 4 Hz a 125 Hz;

e) Densidade do transdutor.....  $< 2.400$  kg/m<sup>3</sup> (Deve ser relatado para consideração do usuário).

#### 6.1.2 Medição da Pressão Acústica

a) Faixa de frequência..... 2 a 250 Hz plana, -3 dB em 2 Hz  $\pm 1$  dB

- b) Resposta plana linear na faixa de frequências 4 Hz a 125 Hz;
- c) Faixa de operação..... 88 a 138 em dB(L) Linear ou dB(Z) Zero
- d) Precisão.....  $\pm 10\%$  ou  $\pm 1$  dB, o que for maior, entre 4 e 125 Hz

### 6.1.3 Requisitos Gerais

- a) Amostragem..... 1000 amostras/segundo ou maior, por canal
- b) Temperatura de operação..... -12 a 49 °C
- c) Faixa dinâmica (menor para maior medida utilizável).
- d) Resolução mínima de 0,127 mm/s.
- e) Níveis de gatilho e opções (pressão acústica, vibração ou ambos):
  - para disparo sonoro: de 78 a 138 dB linear.
  - para disparo com vibração: de 0,127 a 254 mm/s.
- f) Duração da gravação (por evento) de 1 a 15 segundos.
- g) Memória ou a capacidade de registro (número de eventos).
- h) Representação do histograma contínuo - dados em velocidade de partícula pico e frequência para os eixos, longitudinal, transversal e vertical (LTV).
- i) Natureza da exibição e gravação (cópia impressa, LCD, download, etc.).
- j) Opções de montagem (transdutor de altitude, orientação, etc.).

## 7 Calibração dos Instrumentos

O sismógrafo deve ser calibrado por laboratório reconhecido pela Rede Metrológica do Estado de São Paulo REMESP, ou acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, integrante da Rede Brasileira de Calibração (RBC), ou ainda por laboratório de calibração, em outro país, acreditado em rede reconhecida por acordo oficial brasileiro de reconhecimento mútuo, do qual o IMETRO é integrante. A calibração possui validade máxima de 2 anos.

## 8 Metodologia de Medição

### 8.1 Posicionamento da instrumentação

8.1.1 *As medições devem ser realizadas fora dos limites da propriedade da mineração ou da área por ela ocupada sob qualquer forma, como posse, arrendamento, servidão, concessão.*

8.1.2 *Quando de avaliação do impacto no licenciamento ambiental, a medição de velocidade de vibração de partícula deverá ser realizada no lado oposto à face da bancada, onde ocorrerá o desmonte de rocha.*

8.1.3 *Quanto ao local de instalação, os instrumentos de medição devem ser posicionados, preferencialmente: no receptor mais próximo ao empreendimento objeto de avaliação, ou receptor mais atingido, em ambiente externo à edificação.*

### 8.2 Geofone: Fixação e Direcionamento

O geofone deve ser: direcionado para o desmonte, nivelado e fixado no solo ou rigidamente sobre

pisos, com utilização de cravos, gesso ou outro material adesivo que o torne perfeitamente solidário ao meio de propagação, sem ficar em balanço. Para garantir a estabilidade do geofone no solo ou local, este deve ser escavado até que se tenha consistência suficiente.

### 8.3 Microfone: Fixação e Direcionamento

O microfone deve ser: direcionado para o desmorte, afastado no mínimo 0,5 m do piso e pelo menos a 2,0 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes e obstáculos.

## 9 Critérios de Avaliação

### 9.1 Nível de Pressão Acústica - $L_{pL}$

O nível de pressão acústica ( $L_{pL}$ ) proveniente das operações de desmorte de rocha com o uso de explosivos não poderá ser superior a 128 dB Linear - pico, no local de medição estabelecido **no item 8.1**.

### 9.2 Velocidade Resultante de Vibração de Partícula - VR

A velocidade resultante de vibração de partícula (VR) proveniente das operações de desmorte de rocha com o uso de explosivos não poderá ser superior a 4,2 mm/s - pico, no local de medição estabelecido **no item 8.1**.

## 10 Relatório

O relatório das avaliações do nível de pressão acústica e velocidade resultante de vibração de partículas devem conter no mínimo os seguintes itens:

- a) identificação do empreendimento.
- b) identificação da bancada.
- c) identificação do local das medições com endereço completo. Nas áreas remotas, a identificação do local de medição deve ser realizada com Sistema de Posicionamento Global (GPS) em UTM - Universal Transversa de Mercator, configurado para o Datum SIRGAS 2000, conforme estabelece a Resolução nº 1/2005 de 25/02/2005 do IBGE.
- d) data e hora da detonação.
- e) registros sismográficos das intensidades no tempo (onda sísmica).
- f) valor medido do nível de pressão acústica.
- g) valores medidos de velocidade de vibração de partículas (VR, VL, VT e V V).
- h) comparação dos resultados das medições com os critérios de avaliação estabelecidos.
- i) informação sobre a ocorrência ou não de ultralancamento.
- j) Certificado de calibração da instrumentação.

.../ Anexo A

## Anexo A - Normas e documentos complementares

Na aplicação desta Norma recomenda-se consultar:

### A) Legislação Federal

BRASIL. DNPM. Portaria nº 12, de 22 de janeiro de 2002. Altera dispositivos do Anexo I da Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001, publicada no DOU de 19 de outubro de 2001. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 139, n. 20, 29 jan. 2002. Seção 1, p. 123-137. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/01/2002&jornal=1&pagina=123&totalArquivos=168>>. Acesso em: mar. 2014. -.

### B) Legislação Estadual

\_\_\_\_\_. **Lei nº 997, de 31 de maio de 1976**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Com alterações posteriores. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=46075>>. Acesso em: mar. 2014.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Com alterações posteriores. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=62153>>. Acesso em: mar. 2014.

### C) Normas Brasileiras – ABNT

NBR 9.653: guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

.../ Anexo B

## **Anexo B - Plano de fogo**

Identificação da bancada:

Tipo de rocha:

Altura da bancada:

Comprimento do furo:

Sub-furação:

Ângulo de inclinação:

Diâmetro do furo:

Número de furos:

Número de linhas:

Afastamento:

Espaçamento:

Tampão:

Preenchimento do tampão:

Levante:

Tipo de Explosivo

a) Encartuchado:

b) Granulado:

c) Emulsão bombeada:

Quantidade de explosivo (kg)

a) Carga por mina:

b) Carga total:

Booster (pç/g):

Ligação utilizada (tipo/quantidade)

a) Nas minas:

b) Na ligação:

Forma de iniciação:

Volume de rocha desmontado por furo "in situ" (m<sup>3</sup>):

Volume total de rocha desmontado "in situ" (m<sup>3</sup>):

Razão de carregamento (kg/m<sup>3</sup> ou kg/t):

Carga máxima por espera (kg):

Croqui (desenho esquemático) da ligação: