

**LEONARDO PEDROSA**

**AVALIAÇÃO DA POEIRA DE SÍLICA NA LAVRA DE ROCHA  
ORNAMENTAL: UM ESTUDO DE CASO EM PEDREIRAS DE GRANITO  
DO NORDESTE DE MINAS GERAIS.**

**Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do Título de  
Especialista em Segurança do  
Trabalho.**

**São Paulo**

**2007**

**2008**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa Fernanda, pela paciência, apoio e companheirismo.  
Aos meus pais, pela educação fundamental para toda minha vida.  
Aos meus irmãos, pela ajuda, apoio e amizade.  
Aos amigos, pelo apoio nos momentos mais difíceis.  
À Deus, que guia a minha vida.

## RESUMO

No processo produtivo de rochas ornamentais, um dos problemas mais graves é a geração de poeira contendo sílica livre cristalina. O objetivo do trabalho foi avaliar concentração dessa poeira nas operações de lavra de rochas ornamentais e sugerir medidas de controle para a exposição dos trabalhadores. O trabalho desenvolveu-se numa pedreira localizada no nordeste de Minas Gerais. Para tal avaliação fez-se o monitoramento dos funcionários através de uma bomba de amostragem de fluxo de ar. O método analítico utilizado para a avaliação laboratorial foi o de “difratometria de Raios-X”. Os resultados obtidos foram comparados com os limites de tolerância calculados pela Norma Regulamentadora 15 e pelo valor fornecido pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienist*. Os limites foram ultrapassados pelos profissionais que trabalhavam na perfuração da rocha, principalmente os operadores de martelete (grupo homogêneo II). Para os profissionais que não trabalhavam diretamente nas operações de lavra (grupo homogêneo I), não foram detectados teores de sílica. A partir desse resultado, sugeriu-se a substituição da perfuração com marteletes pelo fio diamantado, pois mesmo gerando um aumento no custo, este seria absorvido pelo alto valor do material extraído. Em materiais de baixo valor, e na etapa de “desdobramento” dos blocos, a solução seria minimizar a emissão de poeira dos marteletes com a utilização de eliminadores via úmido.

## **ABSTRACT**

In the production process of ornamental rocks, one of the most serious problems is the generation of dust containing free crystalline silica. The objective of this work was to evaluate dust concentration in the mining activity of ornamental rocks and suggest measures to control exposure of workers. The work developed into a quarry located in the northeast of "Minas Gerais". For this evaluation has been used a sampling pump flow of air. The analytical method used for laboratory evaluation was to "difratometria de raio X". The results were compared with the limits of tolerance calculated by Norma Regulatory 15 and the value provided by the American Conference of Governmental Industrial Hygienist. The limits have been exceeded by professionals who worked in the drilling of the rock, especially the operators of hammers (homogeneous group II). For those professionals who do not work directly in the mining activity (homogeneous group I) were not detected levels of silica. From that result, it is suggested replacing the drilling with hammers by diamond wire, as even generating an increase in cost, this would be absorbed by the high value of the extracted material. In materials of low value, and the stage of "breakdown" of the blocks, the solution would minimize the emission of dust from the hammers with the use of humid erasers.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Justificativa .....	1
1.2 – Objetivo.....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 – Normas Regulamentadoras .....	6
2.2 – Alguns conceitos importantes de saúde e segurança do trabalho .....	11
2.3 – Doenças relacionadas à sílica.....	14
2.3.1 – Silicose .....	14
2.3.2 – Exposição ocupacional.....	16
2.3.3 – Efeitos tóxicos.....	18
2.3.4 – Outras doenças relacionadas à exposição à sílica .....	22
2.4 – Tecnologias de extração .....	25
2.4.1 – Corte com maçarico “Jet Flame” .....	25
2.4.2 – Técnica de linha de furos. ....	26
2.4.3 – Técnica com fio diamantado .....	26
2.4.4 – Serras diamantadas de cinta ou de corrente: .....	32
2.4.5 – Tecnologia de jato de água (Water Jet).....	32
2.4.6 – Tecnologia Ned-Jet .....	32
2.4.7 – Argamassa expansiva.....	33
2.5 – Método de lavra adotado pela empresa.....	36
2.5.1 – Operação de desmonte .....	37
2.5.2 – Movimentação dos blocos.....	40
2.5.3 – Estocagem .....	40
2.5.4 – Carregamento .....	41
2.5.5 – Transporte .....	42
<b>3. MATERIAIS e MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
3.1 – Quanto aos fins.....	43
3.2 – Quanto aos meios .....	43
3.3 – Coleta de dados .....	43
3.3.1 – Equipamentos utilizados para coleta de poeira .....	44
3.3.1.1 – Bomba de amostragem de ar .....	44
3.3.1.2 – Filtros .....	44
3.3.1.3 – Porta filtros (cassetes) .....	45
3.3.1.4 – Suporte .....	45
3.3.1.5 – Calibrador.....	45
3.3.2 – Identificação dos fatores de riscos por grupos homogêneos de exposição à poeira mineral.....	45
3.4 – Tratamento dos dados .....	47
3.5 – Limitações do método .....	47
<b>4. RESULTADOS e DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 01: Esquema do sistema respiratório.....	17
Figura 02: Corte com jet flame.....	25
Figura 03: Furos verticais realizados com perfuratrizes manuais.....	26
Figura 04: Fio diamantado e acessórios.....	27
Figura 05: Máquina utilizada para corte a fio diamantado.....	28
Figura 06: Corte vertical da bancada.....	29
Figura 07: Corte lateral da bancada.....	29
Figura 08: Corte da base (levante) da bancada.....	30
Figura 09: Corte de fundo da bancada.....	30
Figura 10: Eliminador de pó via úmido.....	35
Figura 11: Eliminador de pó via úmido em operação.....	35
Figura 12: Eliminador de pó via úmido em operação.....	36
Figura 13: Cortes de bancadas.....	37
Figura 14: Tombamento de “prancha”, com a utilização de macaco hidráulico.....	28
Figura 15: Perfuração secundária.....	38

Figura 16: Utilização de cunhas metálicas para desdobramento dos blocos.....39

Figura17: Carregadeira transportando o bloco através de tombamentos .....40

Figura 18: Pátio de estocagem de blocos.....41

Figura 19: Carregamento do bloco em carreta, utilizando “pau de carga”.....42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Especificação e aplicações.....	27
Tabela 02: Vida útil do fio diamantado.....	31
Tabela 03: Custo por m <sup>2</sup> de mármore serrado, baseando-se em FF (francos franceses) de 1984 convertidos para US\$.....	31
Tabela 04: Para mármore de 160 MPa de resistência à compressão teremos: Vida média de 70 m de fio .....	31
Tabela 05: Grupo homogêneo, funções desenvolvidas, número de funcionários da pedreira e caracterização da exposição.....	46
Tabela 06: Avaliação de poeira conforme grupo homogêneo de exposição.....	46
Tabela 07: Resultados das análises de concentração de poeira para o grupo homogêneo I .....	48
Tabela 08: Resultados das análises de concentração de poeira para o grupo homogêneo II.....	49
Tabela 09: Resultados das análises de concentração de poeira e teor de sílica.....	50
Tabela 10: Análise comparativa entre o valor da concentração de poeira com o TLV (2003).....	51
Tabela 11: Comparação dos métodos utilizados na lavra de rochas ornamentais (modificado de Jimeno, 1996).....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienist</i>
BEI	<i>Biological Exposure Indices.</i>
CA	Certificado de Aprovação
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CIPAMIN	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
DRT	Delegacias Regionais do Trabalho
DSST	Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
LT	Limite de Tolerância
LTCAT	Laudo Técnico de Condições Ambientais de Trabalho
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NIOSH	<i>National Institute of Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PGR	Programa de Gerenciamento de Risco
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
SIPAMIN	Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho na Mineração
TLV	<i>Threshold Limit Value</i>

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

$\mu\text{m}$	micrometro
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	micrograma por metro cúbico
$\text{mg}/\text{m}^3$	milograma por metro cúbico
t	toneladas
$\text{m}^3$	metro cúbico
$\text{g}/\text{m}^3$	gramas por metro cúbico
C	concentração
$\text{g}/\text{kg}$	grama por quilograma
$\text{m}^2$	metro quadrado
mm	milímetro
L/min	litro por minuto
Pa	pressão pascal
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
mg	milograma
h	horas
min	minuto
$\text{m}/\text{s}$	metro por segundo

## 1. INTRODUÇÃO

Minas Gerais é considerado um estado minerador devido principalmente às minas de ouro do século passado e as grandes minas de minério de ferro localizadas no Quadrilátero Ferrífero. Nos últimos anos uma nova substância vem ganhando destaque na produção mineral do estado, a rocha ornamental. A porção nordeste do estado possui ocorrências expressivas, com diversas variedades de rochas graníticas, variando de homogêneas a movimentadas nas cores amarelo, branco, rosa, cinza e preto.

Atualmente Minas Gerais ocupa posição de destaque na produção de rochas ornamentais, sendo as cidades de Medina, Itaobim, Cachoeira de Pajeú, Itinga, Curral de Dentro e Comercinho as principais produtoras.

No processo produtivo de rochas ornamentais, um dos problemas mais graves e freqüentes encontrados é a geração de poeira, contendo sílica livre cristalizada.

As poeiras respiráveis têm importância fundamental para a saúde e segurança no trabalhado, sendo que a inalação destas poeiras contendo sílica pode produzir doenças como: silicose, câncer, tuberculose e doenças auto-imunes.

O trabalho desenvolveu-se em uma pedreira de extração de rochas ornamentais localizada no nordeste do estado de Minas Gerais, no período de março a abril de 2006.

### 1.1 – Justificativa

- a) Atualmente Minas Gerais ocupa posição de destaque na produção de rochas ornamentais. O nordeste do estado é o grande pólo produtor, consequentemente existem centenas de trabalhadores nas operações de lavra.

- b) No processo produtivo de rochas ornamentais, um dos problemas mais graves e freqüentes encontrados é a geração de poeira contendo sílica livre cristalizada nas operações de perfuração de rocha.

### **1.2 – Objetivo**

- a) Avaliar a concentração de poeira contendo sílica cristalina nas operações de perfuração de rochas ornamentais em uma pedreira localizada no nordeste de Minas Gerais.
- b) Elaborar medidas de controle para a exposição dos trabalhadores à sílica livre cristalina.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Cruz (1996), qualquer organização é formada basicamente por meio de três elementos principais: pessoas, processos e tecnologia, proporcionando uma coesão para que seus objetivos organizacionais sejam alcançados, quando gerenciada de maneira correta. Neste aspecto, é fundamental que ocorra um relacionamento amistoso e produtivo entre todos para que se alcancem os melhores resultados.

Dentre os três elementos, as pessoas são as mais importantes para o sucesso da empresa, pelo simples motivo de ser por meio delas, que todo o sistema existe e é possível de ser conduzido.

De acordo com Chiavenato (1995), as empresas deveriam ter a preocupação de cuidar e desenvolver os seus recursos humanos, por representar o seu principal patrimônio, além de ser o responsável pela promoção do seu crescimento e desenvolvimento.

Segundo Morgan (1996), quando se fala em segurança, acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, a obra O CAPITAL de Karl Marx, em um de seus capítulos, relata de forma detalhada como muitos empregadores naquele tempo (1867), tratavam seus empregados, a ponto de levá-los à morte devido às terríveis condições de trabalho a que eram submetidos, na busca do desenvolvimento e do lucro. Várias situações são abordadas como desumanas, inclusive, de menores de idade trabalhando, com intuito de conseguir a qualquer custo os objetivos empresariais propostos.

Embora a maioria das pessoas que efetuam pesquisas nas áreas de segurança e higiene no trabalho atualmente acredita que as condições de trabalho nas empresas contemporâneas são melhores, contudo, muitos problemas básicos ainda permanecem, como a exposição dos trabalhadores a ruídos e poeira acima dos limites de tolerância.

Muitos acidentes de trabalho ocorrem devido à pouca manutenção dos equipamentos, ou então porque se torna mais econômico, eficiente e cômodo trabalhar sem tecnologia para minimizar as situações de riscos à saúde e garantir a segurança no trabalho. Observa-se que muito pouco é feito até que um acidente ocorra, ou que a empresa seja forçada a adotar algum procedimento por força da legislação vigente ou por fiscalização dos órgãos competentes.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT apresenta a seguinte definição para o acidente do trabalho: "é a ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, relacionada com o exercício do trabalho, de que resulte ou possa resultar lesão pessoal".

O acidente do trabalho, para a Consolidação das Leis da Previdência Social (CLPS) "é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho". (Pavésio, 1973)

A Lei nº. 8.213 de 24 de julho de 1991, equipara ao acidente do trabalho, para fins previdenciários, "a doença profissional, assim entendida, à produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho, peculiar a determinada atividade, e constante da relação elaborada pelo Ministério da Previdência e Assistência Social e a doença do trabalho, assim entendida à adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado".

Contudo, a busca de condições seguras e saudáveis no ambiente de trabalho significa proteger e preservar a vida e, principalmente, é mais uma forma de se construir qualidade de vida.

Outro motivo que leva as organizações a buscarem a eliminação dos riscos inerentes aos seus processos produtivos e a forma como executam os serviços é a legislação

pertinente que regulamenta os procedimentos e conduta para a execução das atividades.

Nesse aspecto, este assunto é matéria constitucional, regulamentada e normatizada, devendo, portanto, ter sua aplicabilidade instituída nas empresas que possuem uma estrutura funcional, sob pena de serem responsabilizadas civil e criminalmente pelo seu não cumprimento.

A Constituição Federal (1988), em seu Capítulo II (Dos Direitos Sociais), artigo 6º e artigo 7º, incisos XXII, XXIII, XXVIII e XXXIII, dispõe, especificamente, sobre segurança e saúde dos trabalhadores.

De acordo com Saliba (2002), a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, dedica o seu Capítulo V à Segurança e Medicina do Trabalho, por meio da redação dada pela Lei 6.514, de 22 de dezembro de 1977.

Para o médico Simões Filho (2007), especialista em doenças ocupacionais, as empresas no Brasil, muitas vezes, não se preocupam com o conforto e com as condições adequadas ao trabalhador.

Segundo Todeschini (2007), Diretor do Departamento de Política de Saúde e Segurança Operacional, o Ministério da Previdência Social gasta atualmente quase R\$9,8 bilhões ao ano em aposentadorias especiais e custos com acidentes de trabalho. “E preciso alertar os empresários para que estimulem a prevenção: quem oferece ambiente propício a mais doenças, mais acidentes, mais mortes, deve pagar essa conta”, defende. Cerca de 90 mil pessoas estão afastadas ou são afetadas por doenças do trabalho.

Empresas que oferecem maior risco de acidentes e doenças do trabalho, pagam taxas em percentuais que vão de 3% a 6%. Todeschini (2007) destacou ainda que o índice de doenças ocupacionais no país saltou de 5.800 registros em 1990 para mais de 27 mil em 2005 e informou esperar que em 2008 o Brasil ratifique a Convenção 187, da

Organização Internacional do Trabalho – OIT, que propõe a criação de programas nacionais de saúde e segurança do trabalho, estabelecidos por meio do diálogo entre empregados e empregadores.

## **2.1 – Normas Regulamentadoras**

Através do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho – DSST e das Delegacias Regionais do Trabalho – DRT, o Ministério do Trabalho e Emprego – MTE é responsável pela formulação de diretrizes, regulação, controle e pela fiscalização dos programas e ações relacionadas com a Segurança e Saúde do Trabalhador.

A Portaria nº. 3.214 do Ministério do trabalho, de 8 de junho de 1978, (Saliba, 2002), instrui tecnicamente o Capítulo V, Título II da Consolidação das Leis Trabalhistas, que hoje se compõe de trinta e três Normas Regulamentadoras – NR (2007). Dentre elas, cinco merecem atenção em relação ao ambiente e a doença do trabalho:

- **NR-6 – Equipamento de proteção individual (EPI).**

Considera todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança do trabalho. Todo EPI só poderá ser comercializado ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação – CA. As empresas devem fornecer EPI aos seus funcionários sempre que:

- a) As medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) As medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas;
- c) Existir situação de emergência.

Nas empresas desobrigadas de manter o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho – SESMT, cabe a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA, recomendar ao empregador o EPI adequado ao risco existente nas atividades desenvolvidas no trabalho.

- **NR-7 – Programa de controle médico em saúde ocupacional (PCMSO)**

Está diretamente relacionada com a prática do médico do trabalho. O programa tem caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho. A principal ferramenta utilizada são os exames médicos: admissional, periódico, para mudança de função, de retorno ao trabalho após afastamento por doença e o demissional.

- **NR-9 – Programa de prevenção dos riscos ambientais (PPRA)**

Propõe a identificação, avaliação qualitativa e quantitativa, medidas corretivas e de controle para todas as situações de risco à saúde, presentes no ambiente de trabalho, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Esta norma ainda estabelece que os registros dos dados deverão ser mantidos, pela empresa, por um período mínimo de vinte anos. E recomendado que esse tempo seja maior nas empresas em que os trabalhadores estejam expostos à poeira de sílica cristalina, pois esses dados poderão ser importantes para dirimir questões médicas sobre a saúde dos trabalhadores, pois os efeitos crônicos causados pela sílica podem se manifestar após décadas de exposição. A manutenção desse histórico vai retratar a evolução da qualidade das condições de exposição.

- **NR-15 – Atividades e operações insalubres**

São atividades que se desenvolvem acima dos Limites de Tolerância, isto é, aqueles limites acima dos quais os agentes podem provocar danos ao organismo humano.

**Limites de tolerância para poeiras minerais:**

- O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m<sup>3</sup>, é dado pela seguinte fórmula:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2}$$

- Para poeira total (respirável e não respirável), expresso em mg/m<sup>3</sup>, é utilizada a seguinte fórmula:

$$LT = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3}$$

Onde:

- “Quartzo” significa sílica livre cristalizada.
- “Limite de tolerância” significa a concentração máxima de poeira contendo sílica cristalina, que não causará dano a saúde da maioria dos trabalhadores durante sua vida profissional.

- **NR-22 – Segurança e saúde ocupacional na mineração**

Esta norma tem por objetivo disciplinar os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento da atividade de mineração com a busca permanente da segurança e saúde dos trabalhadores.

Dentre as responsabilidades das empresas destacamos as seguintes:

- a) Zelar pelo estrito cumprimento da presente Norma;

- b) Indicar aos órgãos fiscalizadores os técnicos responsáveis por cada setor;
- c) Toda mina e demais atividades devem estar sob supervisão técnica de profissional legalmente habilitado;
- d) Interromper todo e qualquer tipo de atividade que exponha os trabalhadores a condições de risco grave e iminente para sua saúde e segurança;
- e) Fornecer as empresas contratadas as informações sobre os riscos potenciais nas áreas em que desenvolverão suas atividades;
- f) Elaborar e implementar o Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional – PCMSO, conforme estabelecido na NR-7;
- g) Elaborar e implementar o Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR.

O Programa de Gerenciamento de Risco deverá contemplar no mínimo os seguintes aspectos:

- a) Riscos físicos, químicos e biológicos;
- b) Atmosferas explosivas;
- c) Deficiência de oxigênio;
- d) Ventilação;
- e) Proteção respiratória;
- f) Investigação e análise de acidentes do trabalho;
- g) Ergonomia e organização do trabalho;
- h) Riscos decorrentes do trabalho em altura, em profundidade e em espaços confinados;
- i) Riscos decorrentes da utilização de energia elétrica, máquinas equipamentos, veículos e trabalhos manuais;
- j) Equipamentos de uso obrigatório;
- k) Estabilidade do maciço;
- l) Plano de emergência;
- m) Outros resultantes de modificações e introdução de novas tecnologias.

O Programa de Gerenciamento de Risco – PGR, deve incluir as seguintes etapas:

- a) Antecipação e identificação de fatores de riscos, levando em conta, as informações do Mapa de Risco elaborado pela CIPAMIN;
- b) Avaliação dos fatores de risco e da exposição dos trabalhadores;
- c) Estabelecimento de prioridades, metas e cronograma;
- d) Acompanhamento das medidas de controle implementadas;
- e) Monitorização da exposição aos fatores de risco;
- f) Registro e manutenção dos dados por no mínimo, vinte anos;
- g) Avaliação periódica do programa.

Suas alterações e complementações deverão ser apresentadas e discutidas na CIPAMIN, para acompanhamento das medidas de Controle. As empresas que implementarem o PGR ficam desobrigadas da exigência do PPRA.

Todas as empresas que admitem trabalhadores como empregados, devem organizar e manter em regular funcionamento uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA, doravante denominada CIPA na Mineração – CIPAMIN.

A CIPAMIN será composta de representantes do empregador e dos empregados. As principais atribuições são:

- a) Elaborar o mapa de riscos;
- b) Recomendar a implementação de ações para o controle dos riscos identificados;
- c) Analisar e discutir os acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos, propondo e solicitando medidas;
- d) Acompanhar a implantação das medidas de controle e do cronograma de ações estabelecidos no PGR e no PCMSO;
- e) Realizar reuniões mensais, com lavratura das respectivas atas em livro próprio;

- f) Realizar reuniões extraordinárias quando da ocorrência de acidentes graves ou fatais;
- g) Apresentar durante o treinamento admissional dos trabalhadores os seus objetivos, atribuições e responsabilidades;
- h) Realizar, anualmente, a Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho na Mineração – SIPAMIN, com divulgação das ações implementadas pela CIPAMIN.

## **2.2 – Alguns conceitos importantes de saúde e segurança do trabalho**

- **Acidente de trabalho**

Aquele que acontece no exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional podendo causar morte, perda ou redução permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Equiparam-se aos acidentes de trabalho:

1. o acidente que acontece quando você está prestando serviços por ordem da Empresa fora do local de trabalho;
2. o acidente que acontece quando você estiver em viagem a serviço da empresa;
3. o acidente que ocorre no trajeto entre a casa e o trabalho ou do trabalho para casa;
4. doença profissional (as doenças provocadas pelo tipo de trabalho);
5. doença do trabalho (as doenças causadas pelas condições do trabalho).

- **ACGIH**

A Conferência Norte - Americana de Higienistas Industriais Governamentais (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), é uma organização voluntária de profissionais em higiene industrial de instituições governamentais ou educacionais dos EUA.

A ACGIH desenvolve e publicam anualmente limites recomendados de exposição ocupacionais chamados Valores Limite de Exposição (TLV's), para uma jornada de trabalho de 40 horas.

A correção do Limite de Exposição para diferentes fornadas semanais é geralmente feita pela equação desenvolvida por Brief e Scala (1975), mediante o seguinte modelo matemático:

LE corrigido = Fator de correção x Limite de exposição para 48 horas semanais

$$\text{Fator de correção} = \frac{40}{\text{hs}} \times \frac{168 - \text{hs}}{128} = 0,78$$

hs = 48 horas semanais

LE corrigido = 0,78 x Limite de exposição para 40h

- **Limite de tolerância**

A concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral.

- **Mapa de riscos**

Mapa que tem por objetivo indicar os riscos de um ambiente de trabalho. Constitui-se uma planta do ambiente de trabalho, na qual se indicam através de círculos coloridos os diversos tipos de riscos. Os círculos variam de tamanho, sendo tanto maior quanto maior a gravidade do risco indicado. No mapa de riscos usam-se as seguintes cores: O verde representa risco físico, o vermelho risco químico, o marrom riscobiológico, o amarelo risco ergonômico e o azul risco mecânico;

- **NIOSH**

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional dos EUA (*National Institute for Occupational Safety and Health*) é uma agência federal que, entre várias responsabilidades, treina profissionais em saúde e segurança ocupacional, faz pesquisa em temas de saúde e segurança, e testa e certifica respiradores para uso no espaço de trabalho.

- **OSHA**

A OSHA - Organização Americana de Segurança e Saúde do Trabalho (Occupational Safety and Health Administration) dedica-se a prevenir acidentes, doenças e mortes relacionadas ao trabalho. Foi criada em 1971, está vinculada ao U.S. Department of Labor e tem sua sede em Washington, DC .

OSHA é uma agência federal que publica e aplica regulamentações sobre segurança e saúde para a maioria das empresas e indústrias nos EUA.

- **Perfil profissiográfico previdenciário**

E um documento individual do funcionário que relata todo o seu histórico laboral na empresa, destinado a fornecer ao INSS informações relativas à efetiva exposição, por parte do funcionário, à agentes nocivos a saúde. Ele utiliza informações provenientes do LTCAT e do PCMSO, além de informações administrativas do RH da empresa. Foi criado para fornecer dados para a aposentadoria especial, mas será solicitado em todas as homologações de funcionários.

- **TLV: Limite de Tolerância (*Threshold Limit Value*)**

Concentrações no ar de substâncias selecionadas pela ACGIH que representam condições nas quais acredita-se que praticamente todos os trabalhadores podem ser expostos continuamente sem efeitos adversos. TLVs são guias de aconselhamento,

não são padrões legais, mas são baseados em evidências de experiência industrial, estudos com animais, ou com humanos quando existirem. Há diferentes tipos de TLVs: *Time Weighted Average* (TLV-TWA), *Short Term Exposure Limit* (TLV-STEL) e *Ceiling* (TLV-C).

- **TWA: Média ponderada de tempo (*Time Weighted Average*)**

É o tempo médio, relativo a um período de trabalho (por exemplo 8 horas/dia) da exposição de uma pessoa a um agente químico. A média é determinada por amostragem do contaminante ao longo do período. É representado por TLV-TWA.

- **LTCAT**

O Laudo Técnico de Condições Ambientais de Trabalho é um documento elaborado pela Segurança do Trabalho com a finalidade de gerar informações relativas a presença de agentes nocivos no ambiente de trabalho. Este documento foi criado para atender fins periciais e previdenciários.

## **2.3 – Doenças relacionadas à sílica**

### **2.3.1 – Silicose**

Um dos maiores transtornos sofridos pelos trabalhadores das minerações relaciona-se com a poeira. Esta pode ter origem tanto nos trabalhos de perfuração da rocha como nas etapas de beneficiamento e do transporte da produção. Essa poeira apresenta uma fração muito fina que fica durante muitas horas em suspensão no ar, espalhando-se por extensas áreas.

O pó oriundo da perfuração da rocha é nocivo aos trabalhadores que operam nas frentes de lavra. As perfuratrizes devem ser equipadas com dispositivos adequados de controle de pó, seja sistema de injeção de água, seja por sistema de aspiração.

No que se refere à poeira é de vital importância fazer o controle devido a nocividade representada pela silica encontrada em poeiras minerais (granito).

O termo silica refere-se aos compostos de dióxido de silício,  $SiO_2$ , nas suas várias formas incluindo sílicas cristalinas; sílicas vítreas e sílicas amorfas. O dióxido de silício é o composto binário de oxigênio e silício mais comum, sendo inclusive composto dos dois elementos mais abundantes na crosta da Terra. A sílica e seus compostos constituem cerca de 60% em peso de toda a crosta terrestre. (Patterson 1997)

Os depósitos de sílica são encontrados universalmente e são provenientes de várias eras geológicas. A maioria dos depósitos de sílica que são minerados para obtenção das "areias de sílica" consistem de quartzo livre, quartzitos, e depósitos sedimentares como os arenitos.

O quartzo é um mineral de natureza dura, inerte e insolúvel. Suporta totalmente a vários processos de ação de agentes atmosféricos (intempéries) e é encontrado desde traço até grandes quantidades em várias rochas sedimentares. Ele é o componente principal dos solos, variando de 90 a 95% das frações arenosas e siltosas de um solo. A areia é composta predominantemente de quartzo.

Comercialmente, a sílica é fonte do elemento silício e é usada em grande quantidade como um constituinte de materiais de construção e ornamental. O quartzo também possui numerosas aplicações especializadas, como cristais piezoeletricos. Na sua forma amorfa é utilizada como dessecante, adsorvente, carga e componente catalisador. Na sua forma vítreia é muito utilizada na indústria de vidro e como componentes óticos. Sílica é um material básico na indústria de vidro, cerâmicas e refratários, e é uma importante matéria prima na produção de silicatos solúveis, silício e seus derivados carbeto de silício e silicones.

Pela sua abundância na crosta terrestre, a sílica é largamente utilizada como constituinte de inúmeros materiais. Desta forma, trabalhadores podem ser expostos a sílica cristalina em uma grande variedade de indústrias e ocupações.

Diferentes arranjos estruturais (polimorfos) do  $\text{SiO}_2$  ocorrem na natureza, no entanto sete dentre esses são mais importantes nas condições da crosta terrestre: quartzo, cristobalita, tridimita, moganita, keatita, coesita e stishovita.

As três formas mais importantes da sílica cristalina, do ponto de vista da saúde ocupacional são o quartzo, a tridimita e a cristobalita. Estas três formas de sílica também são chamadas de sílica livre ou sílica não combinada para distingui-las dos demais silicatos.

### **2.3.2 – Exposição ocupacional**

A exposição ocupacional dá-se por meio da inalação, pelo trabalhador, de poeira contendo sílica livre cristalizada.

Poeira é toda partícula sólida de qualquer tamanho, natureza ou origem, formada por Trituração ou outro tipo de ruptura mecânica de um material original sólido, suspensa ou capaz de se manter suspensa no ar. Essas partículas geralmente têm formas irregulares e são maiores que 0,5  $\mu\text{m}$ .

O local de deposição das partículas no sistema respiratório humano (figura 01) depende diretamente do tamanho das partículas:

- As inaláveis - partículas menores que 100  $\mu\text{m}$ , são capazes de penetrar pelo nariz e pela boca;
- As torácicas - partículas menores que 25  $\mu\text{m}$ , são capazes de penetrar além da laringe;
- As respiráveis - partículas menores que 10  $\mu\text{m}$ , são capazes de penetrar na região alveolar.

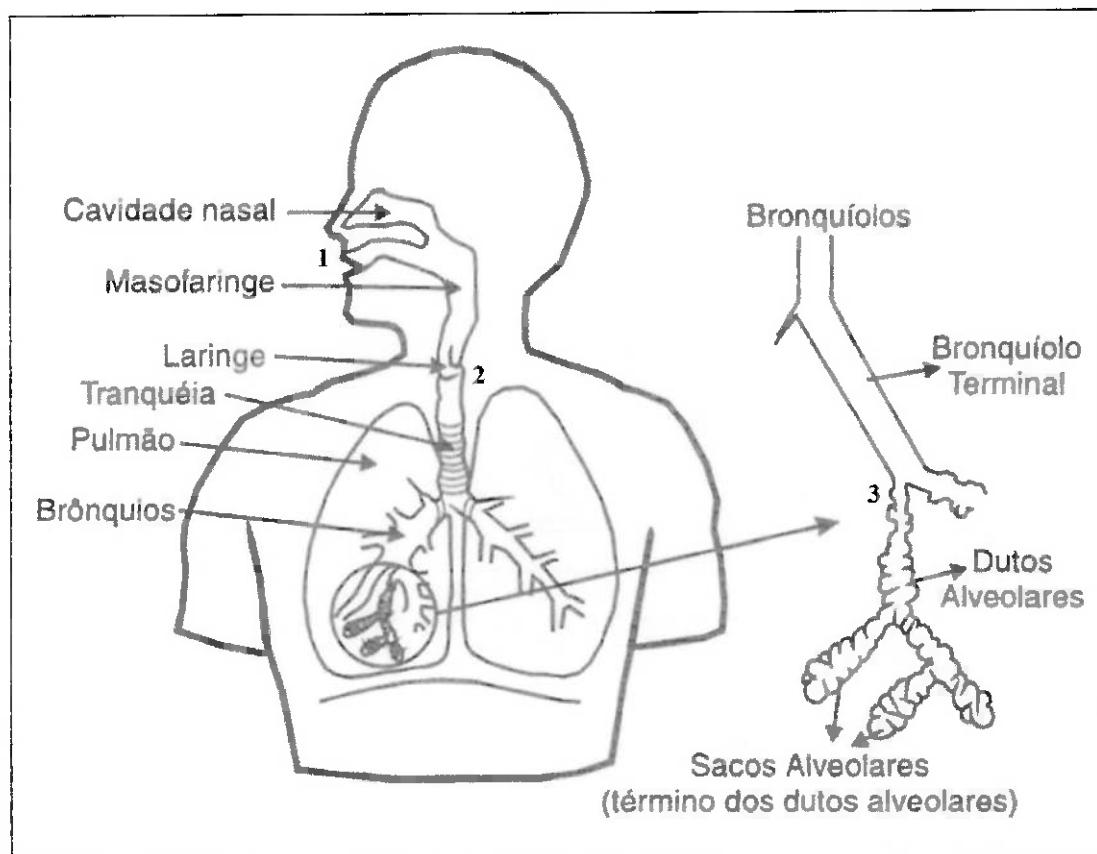


Figura 01: Esquema do sistema respiratório. 1. Fração Inalável (Entrada pelo nariz e boca); 2. Fração Torácica (Penetração além da laringe); 3. Fração Respirável (Penetração além dos Bronquíolos). Adaptado do livro de Torloni e Vieira, 2003.

O caminho que as partículas de poeira percorrem dentro do sistema respiratório é constituído pelo nariz, boca, faringe, laringe, árvore traqueobronquial e alvéolos pulmonares, e se depositam em diferentes regiões dependendo do seu diâmetro aerodinâmico. Em situações normais, o aparelho respiratório intercepta a maioria das partículas inaladas, através da ativação dos mecanismos de defesa e restauração. Entretanto, essa capacidade de auto-proteção e reparo de danos tem um limite.

As poeiras podem ser classificadas de várias formas. No entanto, a classificação quanto ao tamanho da partícula, têm importância fundamental quando trata-se de poeira que contém sílica, pois a avaliação do risco de se desenvolver silicose, depende da quantidade de sílica livre cristalizada inalada e depositada na região dos bronquíolos respiratórios e alvéolos pulmonares. Os fatores determinantes são: a concentração atmosférica de fração respirável de poeira e seu teor de sílica livre cristalina, duração da exposição do trabalhador e a suscetibilidade individual.

### 2.3.3 – Efeitos tóxicos

Os efeitos tóxicos sobre o organismo humano devido a exposição à poeiras contendo sílica livre cristalina dependem de uma série de variáveis:

- *Tipo de exposição:* composição da fração respirável, concentração de poeira ambiental, concentração de sílica livre cristalina, outros minerais presentes na fração respirável, tamanho da partícula e o tempo de exposição;
- *Tipo de resposta orgânica:* integridade do sistema mucociliar e das respostas imunológicas; concomitância de outras doenças respiratórias; hiperreatividade brônquica.

Durante a exposição ocupacional, a deposição excessiva de poeira, provocada pela inalação freqüente e contínua desse agente, causa diversos efeitos adversos dentro do aparelho respiratório. Na região traqueobronquial a presença da poeira estimula um aumento na produção de muco para auxiliar o trabalho de condução dos cílios ali existentes na remoção das partículas. A estimulação prolongada das células e das glândulas de secreção do muco pode induzir a hipertrofia dessas estruturas.

As partículas que penetram além do bronquíolo terminal são rapidamente ingeridas por células chamadas macrófagos, cuja função é destruir o material estranho. Alguns dos macrófagos, com suas partículas ingeridas, são transportados sobre a lâmina mucociliar. Outros macrófagos morrem, liberando partículas, substâncias ativas e restos celulares, que são ingeridas por novos macrófagos, e esse processo é repetido indefinidamente. A vida do macrófago sob circunstâncias normais é medida em termos de semanas ou talvez um mês ou mais. Sua vida é encurtada se a partícula ingerida é especialmente tóxica, como é o caso da sílica livre cristalina, que devido às suas propriedades de superfície, mata o macrófago em um período de horas ou dias.

Partículas de poeira que se alojam nos alvéolos estimulam o recrutamento e acúmulo dos macrófagos nessa área provocando reações do tecido pulmonar. Estudos têm

demonstrado um aumento nos indicadores de inflamação principalmente nos pulmões de pessoas silicóticas. A formação de colágeno acompanha a inflamação prolongada ou crônica na maioria dos órgãos do corpo. É uma parte da familiar formação de cicatriz nos tecidos, que pode agir tanto sobre a pele como dentro do pulmão. A fibrose pulmonar é uma seqüela comum da inflamação pulmonar crônica. Além disso, as células do pulmão que estão em contato com o ar, possuem uma alta taxa de reposição ou renovação, onde as células com a superfície parcialmente danificada são, rapidamente trocadas por células novas. Devido à rápida regeneração das células do pulmão, há provavelmente maior vulnerabilidade às alterações carcinogênicas pela presença da poeira.

O termo silicose, empregado pela primeira vez por Visconti, em 1870, é o nome dado à fibrose pulmonar causada pela inalação de poeira contendo sílica cristalina, sendo a mais freqüente das pneumoconioses. (Filho & Santos, 2006)

### **Epidemiologia**

Filho & Santos (2006) discutiram a epidemiologia da silicose, bem como suas alterações funcionais, o diagnóstico e o seu tratamento, como descrito abaixo.

A silicose é a principal causa de invalidez entre as doenças respiratórias ocupacionais. Nos EUA foi responsável por 14.824 óbitos entre 1968 e 1994, 207 deles em indivíduos com idades entre 15 e 44 anos. No Brasil, em um estudo com 687 cavadores de poços no Ceará, encontrou-se uma prevalência de silicose de 27%, indicador que pode ser inferior em atividades profissionais que acarretem menor exposição.

O risco de desenvolvimento de silicose depende da concentração, da superfície, do tamanho da partícula (partículas menores do que 1  $\mu\text{m}$  são mais tóxicas), da duração da exposição, do tempo de latência (tempo decorrido desde o início da exposição), da forma de sílica cristalina (tridimita e cristobalita são menos freqüentes, mas mais tóxicas do que o quartzo) e do fato das partículas serem recém quebradas (perfuração

de poços, jateamento), provavelmente pelo maior número de radicais na superfície, que seriam responsáveis por um maior estímulo à produção de substâncias oxidantes.

#### **a) Alterações funcionais**

Os indivíduos com silicose podem não apresentar alterações funcionais nas fases iniciais, evoluindo para um padrão obstrutivo, restritivo ou misto. Nos casos mais avançados de fibrose, ou na presença de enfisema, há importante redução da capacidade de difusão de monóxido de carbono.

Na forma aguda, predomina o padrão restritivo e nas formas crônicas, o obstrutivo, em geral pouco ou não responsivo ao uso de broncodilatadores. A obstrução é atribuída a diversos fatores, como irritação brônquica pela poeira, distorção e compressão das vias aéreas pelos nódulos silicóticos e pela fibrose e existência de enfisema. Não existe boa correlação entre os achados de imagem e os funcionais, muito embora a correlação entre a tomografia computadorizada de alta resolução e a função pulmonar seja melhor do que a observada com a radiografia, sendo freqüente o achado de extensas alterações de imagem com discretas repercussões funcionais.

#### **b) Diagnóstico**

O diagnóstico da silicose baseia-se na história de exposição à sílica e nas alterações radiológicas supracitadas. O advento da tomografia computadorizada permitiu a identificação de alterações mais precoces do que o observado com o uso da radiografia nos indivíduos expostos à sílica. A identificação de micronódulos, a presença de coalescência de nódulos e a existência de enfisema, que habitualmente ocorrem nas regiões superiores e posteriores dos pulmões, são melhor visualizadas na tomografia computadorizada de tórax de alta resolução, quando comparada com a radiografia e a tomografia convencional.

Entretanto, seu emprego deve ser reservado como método de diagnóstico complementar nos casos duvidosos (Classificação OIT 0/1 ou 1/0) ou para auxiliar

no diagnóstico diferencial com outras doenças, especialmente a sarcoidose e a linfangite carcinomatosa.

A biópsia pulmonar só está indicada na presença de alteração radiológica com ausência de dados na história ocupacional que sugiram a associação. Nestes casos, pode contribuir para o diagnóstico de outra doença, confirmar uma apresentação atípica (por exemplo, fibrose difusa, não granulomatosa), ou ainda para a diferenciação da doença crônica por berílio, cujo diagnóstico etiológico tem implicações no tratamento.

Nas situações de litígios judiciais, recomenda-se a biópsia se existir dúvida quanto ao diagnóstico e quando o paciente puder se beneficiar com sua obtenção. Considerando-se que a silicose é uma doença que acomete o interstício peribroncovascular, deve-se tentar primeiro uma abordagem através da broncoscopia, antes da realização de biópsia a céu aberto por minitoracotomia ou videotoracoscopia.

O encontro de partículas birrefringentes no tecido pulmonar ao exame microscópico com luz polarizada não apresenta muito valor para o diagnóstico de silicose. As partículas depositadas no tecido pulmonar são muito pequenas, o que dificulta sua caracterização por este tipo de iluminação. Além deste aspecto, a sílica apresenta fraca birrefringência, semelhante ao colágeno, exibindo uma aparência branca e irregular, de difícil visualização. Partículas fortemente birrefringentes, visualizadas em tecido com silicose, podem representar silicatos ou cristais com elevado conteúdo de cálcio. A certeza de tratar-se de sílica só é possível através da microscopia com o emprego de outros métodos, como a difração de raios X.

A espirometria não é útil para o diagnóstico de silicose, servindo apenas para avaliar a presença de alteração funcional e monitorar a evolução do paciente. O teste de exercício cardiopulmonar também não é adequado para a determinação diagnóstica, entretanto apresenta maior sensibilidade para avaliar a incapacidade funcional quando comparado com a prova de função pulmonar, e pode também auxiliar na

distinção da causa de dispneia: cardíaca, pulmonar ou por descondicionamento físico.

### **c) Tratamento**

Quanto mais precoce for o diagnóstico e a interrupção da exposição, melhor é o prognóstico do paciente. Diversos tratamentos, utilizando corticoesteróides, tetandrina e inalação de pó de alumínio, estão sendo testados, mas ainda sem sucesso reconhecido.

A lavagem broncoalveolar tem sido proposta como método para a remoção de partículas do pulmão em indivíduos com silicose crônica e nos casos de silicoproteinose, embora não tenha sua eficácia bem estabelecida. Uma das razões levantadas relaciona-se ao fato das partículas que se encontram no interstício pulmonar serem pouco alcançáveis por este procedimento, já que o retorno de partículas do interstício para o espaço alveolar é discreto.

Finalmente, o transplante pulmonar deve ser lembrado como uma possível forma de tratamento para casos selecionados.

#### **2.3.4 – Outras doenças relacionadas à exposição à sílica**

Filho & Santos, (2006) também discutiram outras doenças relacionadas à exposição à sílica, como a tuberculose, o câncer e as doenças auto-imunes:

##### **a) Tuberculose**

O risco de tuberculose pulmonar é maior em indivíduos com história presente ou passada de exposição à sílica com ou sem silicose. Alguns autores observaram aumento do risco de 3,5 vezes entre expostos e sem silicose, com mais de 25 anos de exposição, sugerindo a importância da carga de sílica inalada em relação ao aumento do risco. Outros estudos revelaram elevado risco relativo (30 vezes) e alta taxa de

incidência de tuberculose (68 casos/1.000 pessoas-ano) em indivíduos silicóticos com teste tuberculínico positivo. Outros autores, estudando mineiros de ouro na África do Sul, encontraram incidência de tuberculose de 16,1/1.000 pessoas-ano entre indivíduos silicóticos com sorologia positiva para o vírus da imunodeficiência humana e de 4,9/1.000 pessoas-ano em indivíduos com sorologia positiva para o vírus da imunodeficiência humana sem silicose.

Em nosso meio não existem estudos que tenham avaliado risco aumentado de tuberculose em expostos a sílica e a eficiência do emprego da profilaxia. O fato de a tuberculose apresentar elevadas mortalidade e incidência - estima-se em 6.000 o número de óbitos, em 130.000 casos novos por ano e em 50 milhões o número de infectados pelo bacilo - não permite o emprego da sua profilaxia sem controvérsia, exceto se ocorrer viragem do teste intradérmico. A conduta recomendada pelo Ministério da Saúde é o emprego de quimioprofilaxia com isoniazida, por seis meses, para indivíduos expostos à sílica e que apresentem reação intradérmica ao PPD superior a 10 mm. Indivíduos com silicose e tuberculose podem apresentar maior deterioração da função pulmonar decorrente das alterações provocadas pelas duas doenças.

### **b) Câncer**

A sílica livre cristalina inalada na forma de quartzo ou cristobalita a partir de exposições ocupacionais é carcinogênica para humanos segundo a IARC (*International Agency for Research on Cancer*), instituição ligada a Organização Mundial da Saúde.

Um Grupo de Trabalho da IARC analisou uma série de estudos epidemiológicos realizados em diversos ramos de atividade tais como: mineração, extração e trabalhos com granito, cerâmica, olaria, refratário, processos industriais com terra diatomácea, fundição entre outros.

Nos estudos epidemiológicos que relacionavam silicose e risco de câncer de pulmão

verificou-se que um silicótico possui 1,5 a 6 vezes mais risco de adquirir câncer de pulmão do que um não silicótico.

Em grande parte dos estudos o aumento do gradiente de risco foi observado em relação a dose, a exposição cumulativa, a duração da exposição ou a presença de silicose definida radiologicamente.

O Grupo de Trabalho concluiu que as evidências encontradas nestes estudos foram suficientes para comprovar o aumento do câncer de pulmão a partir de inalação de sílica livre cristalina resultante da exposição ocupacional.

Os mecanismos que induzem a formação do câncer provocado pela sílica livre cristalizada ainda estão sendo estudados. Existe um número maior de evidências demonstrando que o persistente processo de inflamação dos pulmões gera substâncias oxidantes que resultam nos efeitos genotóxicos no parênquima pulmonar.

### **c) Doenças auto-imunes**

A ocorrência de doenças auto-imunes, como esclerodermia, artrite reumatóide, lúpus eritematoso sistêmico e vasculite com comprometimento renal, é maior em indivíduos expostos à sílica com e sem silicose, com risco médio cinco vezes maior em relação à população de não expostos.

A primeira associação entre esclerodermia e exposição à sílica foi feita em 1957. A associação com artrite reumatóide foi descrita inicialmente em 1958 e confirmada posteriormente por diversos estudos. Quanto à associação com lúpus e doença mista do tecido conjuntivo, os resultados são menos evidentes, sendo considerada relevante apenas na presença de silicose acelerada.

O aumento do risco de vasculite sistêmica ou renal (6,5 a 14 vezes) associada à exposição à sílica foi descrito em recente revisão. O encontro de anticorpo

anticitoplasma de neutrófilo positivo nestes casos sugere o envolvimento de mecanismo autoimune no desenvolvimento da doença.

Estudos recentes, confirmando descrições anteriores, revelaram aumento de risco para insuficiência renal crônica, atribuída principalmente a glomerulonefrite ou nefrite intersticial, entre indivíduos expostos à silica com ou sem silicose.

## 2.4 – Tecnologias de extração

### 2.4.1 – Corte com maçarico “Jet Flame”.

Corte feito através de uma lança com a chama na temperatura de 1.600°C; isto provoca dilatação diferencial dos minerais (principalmente quartzo) que vão se soltando e são soprados sob forma de areia. Forma-se assim uma fenda de 10 a 20cm de largura e de até 6 m de profundidade. Várias fendas formam o corte em forma de gaveta composto de 2 fendas laterais, verticais, distanciadas de 1,2m, de lado e outro, e da fenda, também vertical, de fundo. Observe-se que o exemplo é apenas para rochas graníticas, pois o jet flame é limitado às rochas com quartzo. (figura 02)



Figura 02: Corte com jet flame.

#### 2.4.2 – Técnica de linha de furos.

Execução de furos verticais ou horizontais de levante espaçados de 8-10cm, onde são carregados e detonados (figura 03).

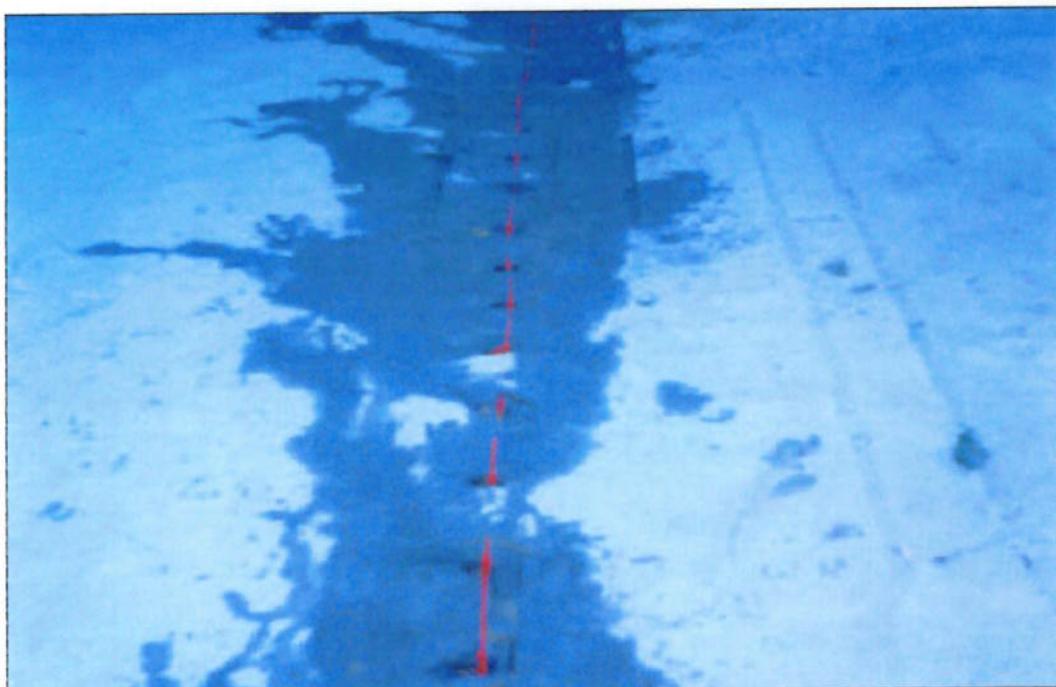


Figura 03: Furos verticais realizados com perfuratrizes manuais, carregados com cordel detonante NP 05.

Para a perfuração destes furos, espaçados de 10 cm, utilizam-se marteletes pneumáticos leves, individuais ou vários marteletes montados em paralelo em suporte que os dirija.

Para desdobramento dos blocos, os furos podem ser expandidos por cunhas ou por expansores hidráulicos ao invés de explosivos.

#### 2.4.3 – Técnica com fio diamantado

Os fios diamantados são compostos por cabo de aço inox de tipo flexível, composto de fios torcidos, com diâmetro de 5 mm, sobre o qual são enfiadas pérolas (beads) diamantadas, de 11 mm de diâmetro, separadas por anéis de borracha e/ou molas espaçadoras. O número de pérolas pode variar de 32 a 40 por metro. Os trechos de

cabo são emendados por conexões de rosca ou conexões de pressão (figura 04). O cabo pode variar em comprimentos de 50 a 70 metros com trechos de 5 a 10 metros. (Rozes, 1985).

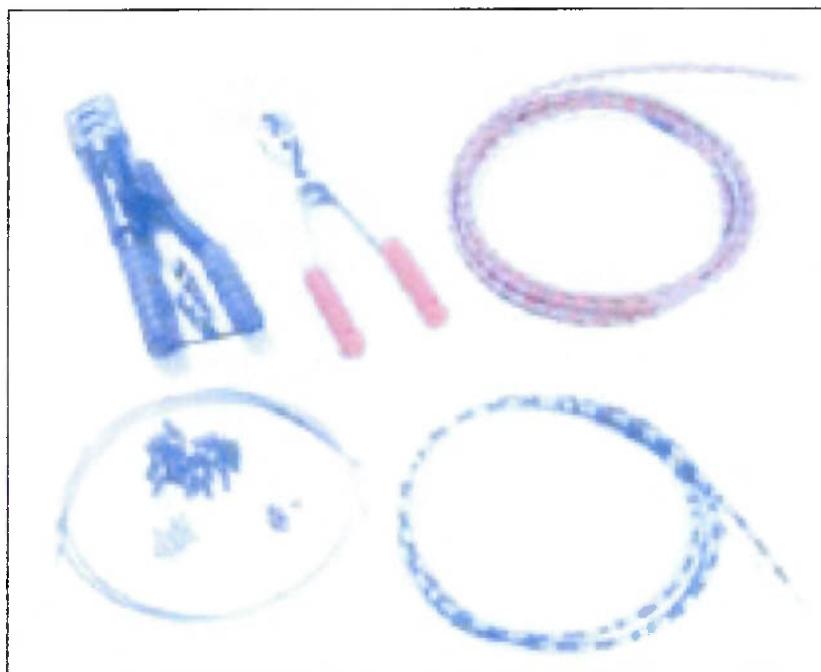


Figura 04: Fio diamantado e acessórios.

O fabricante Tyrolit dá as seguintes indicações sobre a performance de seus produtos, mostrando a faixa extensa de aplicações (tabela 01).

Tabela 01 – Especificação e Aplicações

Especificação Tyrolit	Pérolas/m	Aplicação
MS30	32	Corte fácil de mármore
MS40	32	Longa vida em rocha mole
MS60	40	Vida mais longa que MS40
MS70	40	Longa vida em rocha cristalina
GS40	40	Corte fácil de rochas duras
GS60	40	Longa vida em rochas duras
GS80	40	Para rochas duras e abrasivas
GS90	40	Vida mais longa que GS80
SS40	40	Rochas abrasivas

Parte-se de um degrau de bancada. Na base do degrau faz-se um furo na horizontal, no nível da bancada inferior, com perfuratriz de 90 a 140mm de diâmetro. No alto do degrau, no nível da bancada superior executa-se furo vertical, que irá encontrar o furo anterior. Passa-se então o cabo diamantado pelos dois furos, fazendo uma alça que é esticada e açãoada por uma roldana motriz no nível da bancada inferior.

A roldana motriz é movida por um guincho, em torno de 50 HP, montado sobre trilhos inclinados ao contrário da frente, de forma a manter o cabo esticado; isto pode ser obtido, também, através de cremalheira, de sistema hidráulico ou de sistema de contrapesos com regulagem, automática ou não, da tensão do cabo (figura 05).

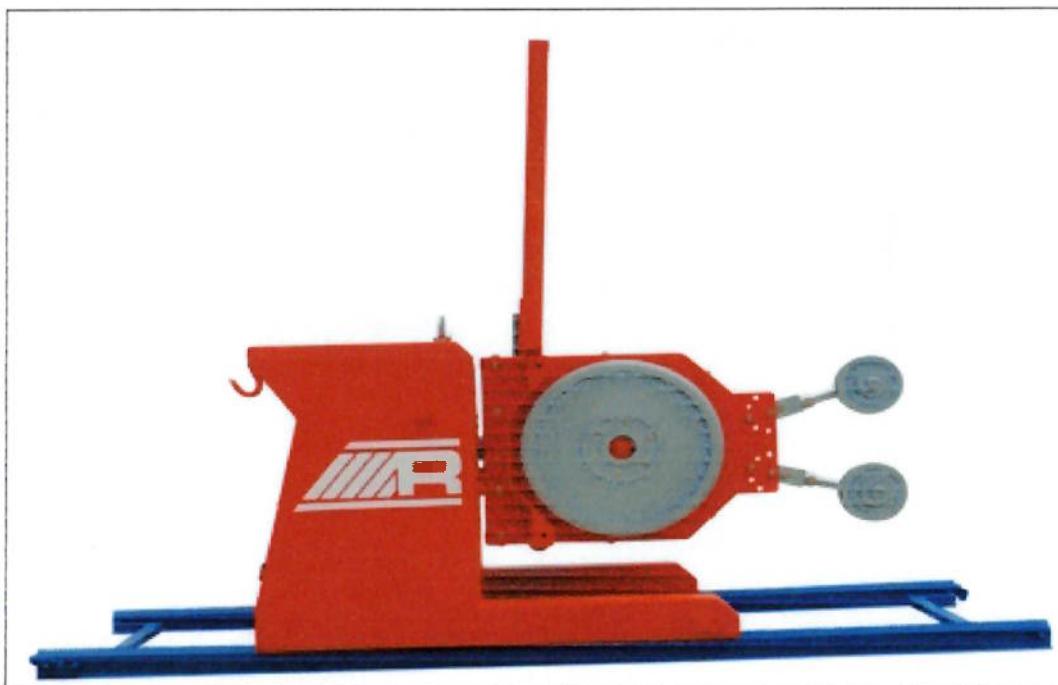


Figura 05: Máquina utilizada para corte a fio diamantado.

O fio diamantado pode ser utilizado em cortes verticais em bancada, em corte horizontal em bancada ou no esquadrejamento após desmonte.

A seguir apresentamos desenhos ilustrativos das operações realizadas para realização dos cortes com este equipamento (figuras 06, 07, 08 e 09):

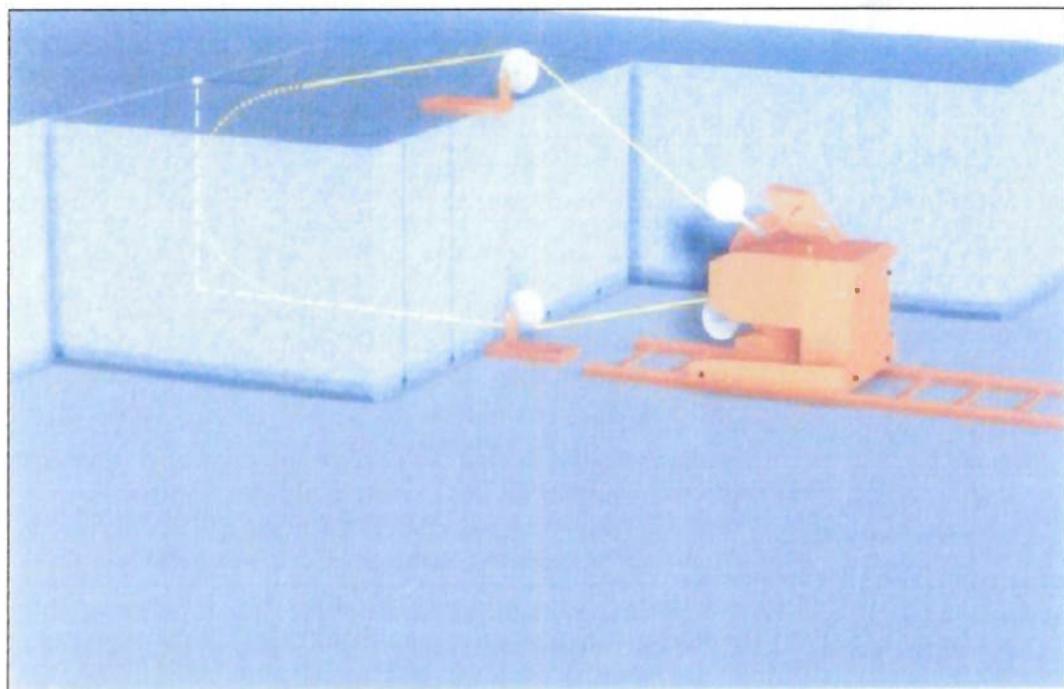


Figura 06: Corte vertical da bancada.

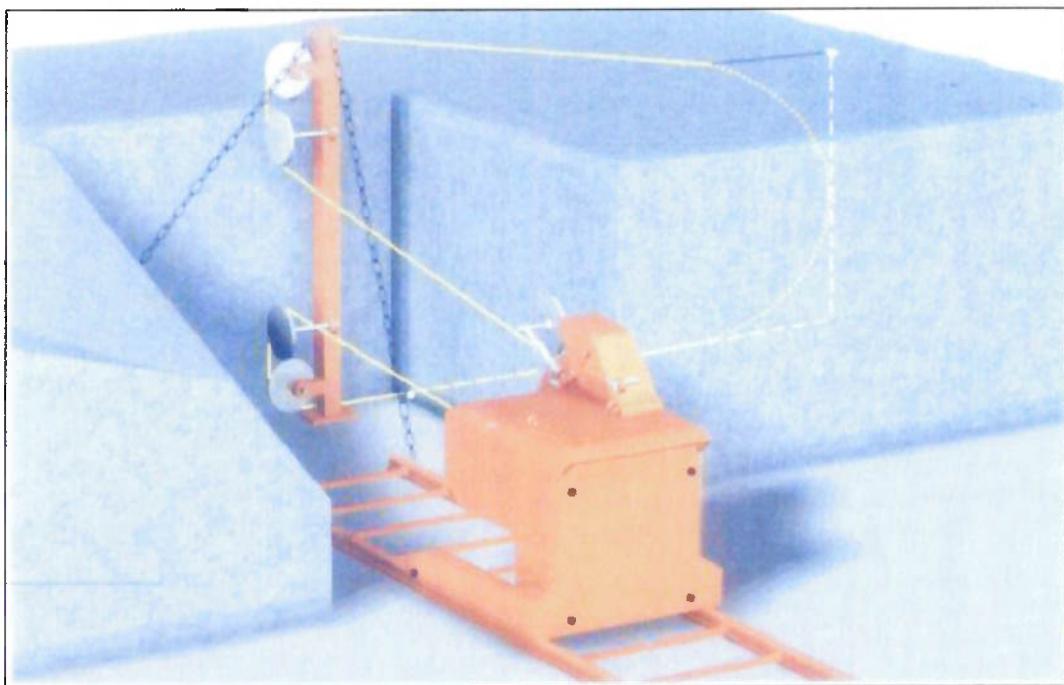


Figura 07: Corte lateral da bancada.

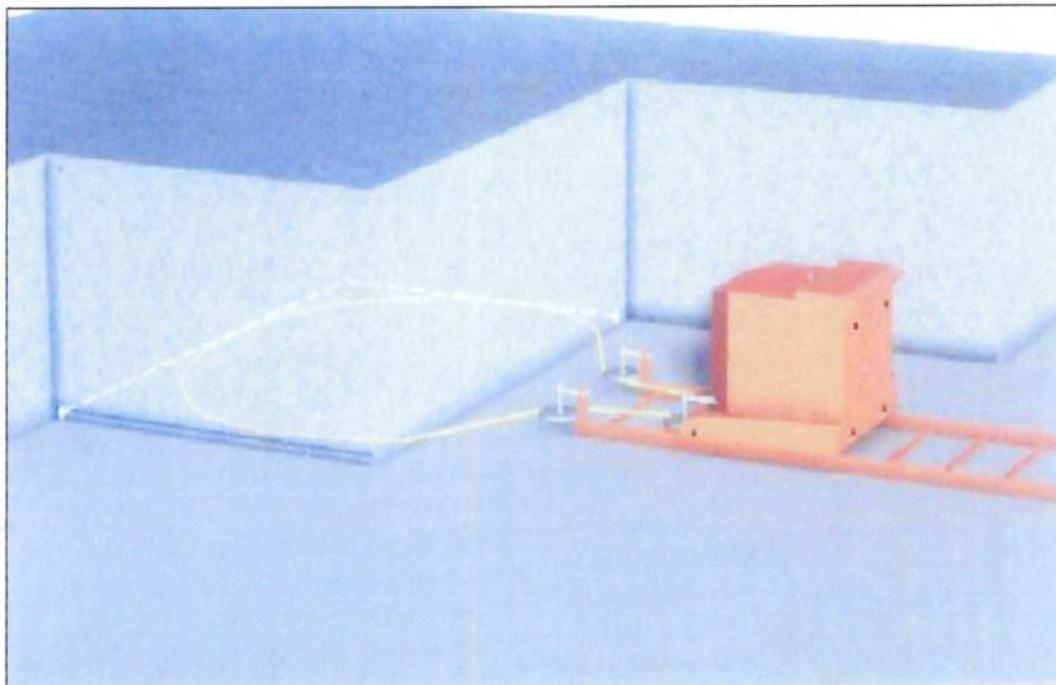


Figura 08: Corte da base (levante) da bancada.

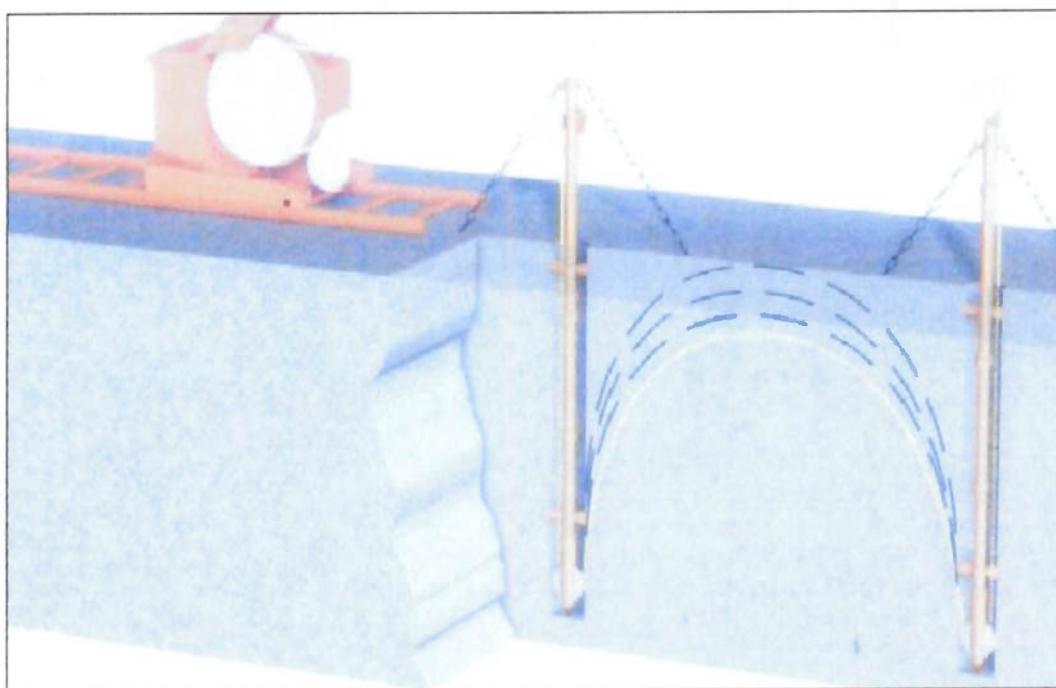


Figura 09: Corte de fundo da bancada

Duas grandezas caracterizam o desempenho do fio diamantado (tabelas 02, 03 e 04): a velocidade de corte e a durabilidade do cabo. Para uma determinada rocha o

rendimento no corte varia com a velocidade e com a tensão aplicada ao fio e, portanto com a potência aplicada.

Tabela 02 – Vida útil do fio diamantado.

Tipo de Mármore	Vida do fio (m <sup>2</sup> )
Duro	1.000
Carrara Macio	1.500

Fonte: Rozes, 1985.

Tabela 03 – Custo por m<sup>2</sup> de mármore serrado, baseando-se em FF (francos franceses) de 1984 convertidos para US\$.

Item	Índice	Custo unitário	Custo total
Perfuração	0,2 m/m <sup>2</sup>	10 \$/m	2,0 \$/m <sup>2</sup>
Mão de Obra	0,5 h/m <sup>2</sup>	6,7 \$/h	3,3 \$/m <sup>2</sup>
Fio	0,07 m/m <sup>2</sup>	150 \$/m <sup>2</sup>	10,6 \$/m <sup>2</sup>
Água	500 l/m <sup>2</sup>	0,0003 \$/m <sup>2</sup>	0,2 \$/m <sup>2</sup>
Energia	10 kWh/m <sup>2</sup>	0,07 \$/kWh	0,7 \$/m <sup>2</sup>
Amortização	5 anos		1,2 \$/m <sup>2</sup>
TOTAL			18,0 \$/m <sup>2</sup>

Fonte: Rozes, 1985.

Tabela 04 – Para mármore de 160 MPa de resistência à compressão teremos: Vida média de 70 m de fio.

Potência kW	Velocidade do fio (m/s)	Rendimento de corte (m <sup>2</sup> /h)
18	20	2,5
40	30	5,5
70	50	Ótimo

Fonte: Rozes, 1985.

#### **2.4.4 – Serras diamantadas de cinta ou de corrente:**

Tais serras podem ser de corrente, com pastilhas de metal duro ou diamantadas e são de forma semelhante a moto-serras, montadas em suporte fixo. Podem ser também de cinta diamantada que são mais estreitas para o caso de rochas mais duras como granitos.

Estas serras são constituídas por um braço que pode trabalhar na horizontal e/ou na vertical. São utilizadas para cortes verticais de 1,9 m a 4 metros e cortes horizontais de 1,9m a 3 metros.

#### **2.4.5 – Tecnologia de jato de água (Water Jet)**

Esta tecnologia é de uso recente existindo, inclusive, uma entidade que busca divulgá-la a *International Society of Water Jet Technology (ISWJT)*.

Power (1994), descreve sucintamente essa tecnologia referindo-se à utilização de jato de água pulsante em pressões na faixa 96 a 276 MPa. Seria utilizada na Rocky Mountain Rose Red, Inc. de Lyons, CO. A Elberton Granite Association na Georgia teria também testado um equipamento, mas com menos sucesso que com serras diamantadas.

O *Data Base Committee on the Waterjet Excavation and Drilling Technology in Mining and Civil Engineering Fields* da *Tohoku University, Sendai, Japão* publicou em 1996 um handbook: *The Mining and Materials Processing Institute of Japan: Waterjet Excavation and Drilling Engineering*.

#### **2.4.6 – Tecnologia Ned-Jet**

Um equipamento anunciado nos Estados Unidos é o Ned-Jet 2000 utilizado na *Cold Springs Granite Co., Millbank, ND*. Numa face horizontal de pedreira de granito, três máquinas cortam com 5,4m de profundidade e até uma extensão de 30m. As

máquinas lembram perfuratrizes verticais com torre perfurando para baixo, montadas em esteiras, puxando motor e bombas. Segundo o fabricante, com o uso deste equipamento diminuem as perdas, o custo, o barulho, a poeira e as detonações.

As seguintes pedreiras estariam utilizando esse mesmo sistema: Massachussets Chelmsford Gray, Milford Park, Sardinia, Italy, New Hampshire Mason Madison Tapestry Kit Gray, South Dakota Carnelian South Carolina Kershaw, Georgia Oconee Quarry Enterprises Gold Eagle Quarry Willis Mining Willis Dimension Sacrad Blue Quarry.

Segundo afirma o fabricante o uso do Ned Jet melhorou a recuperação em 30% e cortou o custo dos blocos em 40%. O trabalho feito em 1 dia levaria de 2 a 4 dias por outros métodos. Não há relatos da utilização desta tecnologia em pedreiras no Brasil.

#### **2.4.7 – Argamassa expansiva**

A argamassa expansiva é um agente demolidor não explosivo, em pó, cujo componente majoritário é a cal virgem. Em contato com água, iniciam-se reações de hidratação, com aumento de volume durante o progresso dessas reações, promovendo, quando em confinamento, grandes pressões sobre as paredes confinantes, as quais chegam aproximadamente a 78 MPa. Essas tensões geram fissuras no meio confinante (rocha), cuja magnitude e direção dependerão do balanço de esforços atuantes no referido meio.

Assim, furos adequadamente alinhados e preenchidos permitem o corte de maciços rochosos de modo mais controlado do que aquele obtido por explosivos. A evolução dos esforços é lenta e são necessárias cerca de 8 a 24 horas para a completa ação de desmonte, dependendo da temperatura ambiente.

A concentração mássica de sólidos recomendada é de 77%. O consumo unitário de material expansivo fica em torno de 80 kg/m<sup>3</sup>, para desmonte industrial em pedreiras (Pinheiro, 1999). As vantagens de seu emprego, citadas nos catálogos (por exemplo,

o de FRACT-AG e o de DEMOX), em relação ao uso de explosivos, são: não requer permissão especial para seu manejo; não há vibrações, explosões ou emanação de gases; não há poluição acústica; obtém-se ganho de recuperação, pois há minimização de microfissuras interiores ao maciço.

Estima-se o custo operacional de aproximadamente US\$16.00/m<sup>2</sup>, para aplicação industrial em pedreiras de rochas ornamentais (*apud* Villaschi Filho & Sabadini, 2000).

#### **2.4.8 – Eliminador de pó via úmido**

O equipamento funciona com reaproveitamento do ar, consumido pelo martelo. Utiliza o ar do escapamento do martelo misturando-o com água. O sistema é simples, de fácil manuseio, fácil de instalar, simples de operar e eficiente em seu objetivo de eliminar o pó em suspensão, outra grande vantagem é que diminui consideravelmente o ruído provocado pelo martelo.

O equipamento funciona com uma coifa de borracha, colocada sobre a rocha no ponto a ser furado, a broca atravessa a coifa no furo e ao penetrar produz o pó que é retido nesta coifa que está acoplada no sugador (figuras 10 e 11). Este sugador cria um vácuo na sua parte traseira e dentro da coifa, onde está sendo retido o pó, assim todo o pó gerado na furação é sugado com eficiência por este sugador, que recebe entrada de água. Esta água começa a se misturar com o pó na parte da frente do sugador, a partir de onde é expelida uma completa mistura do pó com a água (figura 12).

Este aparelho tem-se mostrado muito eficiente na prática, ele é individual para cada perfuratriz.

Na entrada da água tem uma válvula para regular o volume ideal da mesma, cujo consumo varia de acordo com o tipo de rocha.



Figura 10 – Eliminador de pó via úmido.



Figura 11 – Eliminador de pó via úmido em operação.



Figura 12: Eliminador de pó via úmido em operação, ressalta-se a saída da mistura de pó e água.

Observa-se na figura 12 que a mistura de pó e água é lançada na própria rocha, onde foram realizados os furos, o que não é correto. Nesses casos é necessária que a mistura seja lançadas em barragens de decantação para o reaproveitamento da água no processo.

## 2.5 – Método de lavra adotado pela empresa

Em função das características geológicas e topográficas do maciço rochoso, a lavra é realizada a céu aberto pelo método de lavra por bancadas em meia encosta.

As principais etapas do processo produtivo de blocos de rochas ornamentais são:

### 2.5.1 – Operação de desmonte

O desmonte consiste no ato de desmontar o material “*in situ*”, sem obter a fragmentação, sendo utilizado duas operações: partição e desdobramento.

A partição é realizada em duas etapas. A primeira relativa à geração da face livre da bancada, consistirá no desmonte e extração dos corpos de produção. Estes são desagregados do maciço, através de cortes com “jet flame” (figura 13) e com perfuratrizes pneumáticas utilizando explosivos, originando os lances de bancadas e os painéis de produção.



Figura 13: Para o corte frontal foi utilizado perfuratrizes e explosivo, e o para corte lateral foi utilizado “jet flame”. A trinca visível na parte frontal deve-se ao mal dimensionamento do Plano de Fogo.

Na segunda etapa, os painéis são fracionados em prismas com faces paralelas, através de perfuração pneumática e rompimento utilizando explosivos.

Os prismas formados pela partição dos painéis são tombados sobre um colchão de areia (figura 14).

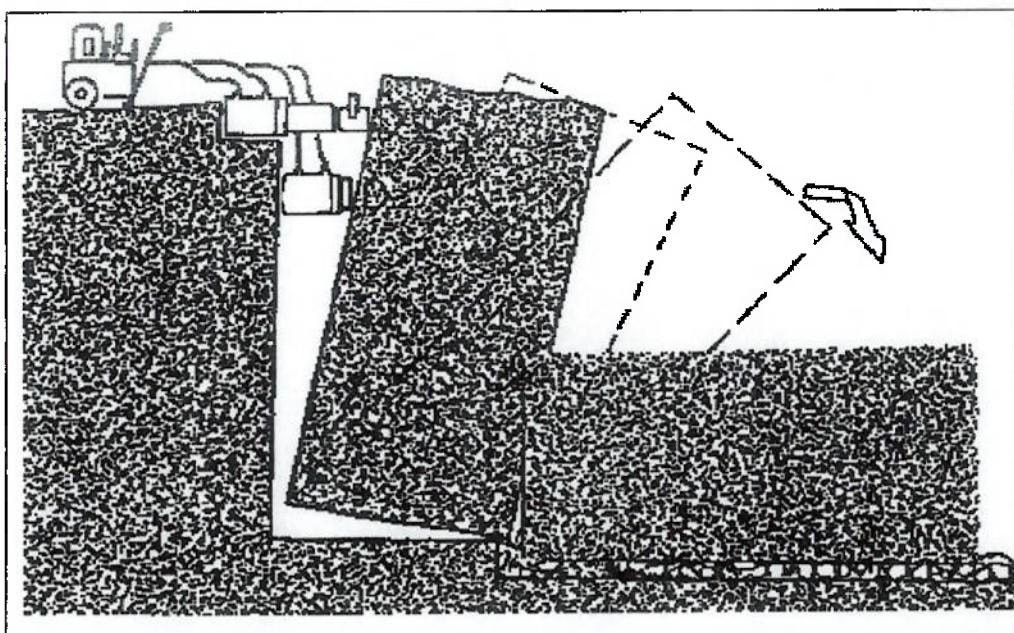


Figura 14: Tombamento de prisma (prancha), com a utilização de macaco hidráulico.

A face superior do painel é esquadrejada e dividida em tamanho adequado para desdobramento dos blocos finais. Esta fase é realizada pela perfuração dos planos secundários dos blocos finais, com marteletes pneumáticos (figura 15).



Figura 15: Realização de perfuração secundária.

Conforme mostra a figura 15, há uma grande quantidade de poeira contendo sílica livre cristalizada sendo emitida na operação de perfuração da rocha, porém todos os funcionários estão utilizando os EPIs.

O rompimento das respectivas faces é realizado com cunhas metálicas pressionadas no interior dos furos (figura 16).

O tamanho ideal de um bloco final é 3,0 m x 1,8 m x 1,7 m, comprimento, largura e altura, respectivamente.



Figura 16: Utilização de cunhas metálicas para desdobramento dos blocos.

Finalmente, é necessário realizar-se o acabamento das faces do bloco, quando então se dá início ao processo de canteiramento, que consiste em retirar-se manualmente com auxílio de marreta e ponteiro, todas as irregularidades e saliências das faces dos blocos.

O processo de desdobramento dos painéis produz blocos de tamanhos variados não aproveitáveis. Os blocos maiores são submetidos a detonação secundária. A finalidade desta segunda detonação é reduzir as dimensões dos blocos de forma a serem compatíveis com a capacidade do equipamento de carregamento.

### 2.5.2 – Movimentação dos blocos

O transporte dos blocos já individualizados é realizado com o auxílio de carregadeira. Este transporte será realizado do local onde é confeccionado o bloco até o “pau de carga”, para posterior carregamento no caminhão, ou para a praça de manobras, onde será estocado.

Para pequenas distâncias, o transporte dos blocos poderá ser realizado por tombamentos consecutivos com o auxílio da pá carregadeira, evitando-se manobras excessivas com cabo de aço. (figura 17).



Figura 17: Carregadeira transportando o bloco através de tombamentos consecutivos.

### 2.5.3 – Estocagem

Obtido o bloco, o mesmo não pode permanecer dentro da praça de manobras, devendo ser transportado para carregamento na área do “pau de carga”, ou para o adequado setor da praça de manobras para estocagem.

Em razão de não possuir área suficiente na praça, os blocos são estocados em filas paralelas (figura 18), permitindo não só uma boa vistoria para o comprador, mas também fácil movimentação para carregamento.



Figura 18: Pátio de estocagem de blocos.

#### 2.5.4 – Carregamento

Uma vez disposto na área de varredura do “pau de carga”, o bloco é amarrado com um cabo de aço de 2” de diâmetro, com o auxílio de uma carregadeira o bloco é içado em lento movimento ascendente, para posteriormente em movimento descendente, o bloco ser disposto sobre o caminhão (figura 19), retirando-se em seguida o cabo de aço do mesmo, encerrando-se assim a fase de carregamento.



Figura 19: Carregamento do bloco em carreta, utilizando “pau de carga”.

#### 2.5.5 – Transporte

O transporte dos blocos é realizado por caminhões e carretas.

### **3. MATERIAIS e MÉTODOS**

O trabalho em tela está baseado nas normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

#### **3.1 – Quanto aos fins**

Trata-se de uma pesquisa aplicada. Aplicada, pois a empresa ora em estudo, já apresenta um sistema de monitoramento de emissão de poeiras.

#### **3.2 – Quanto aos meios**

Quanto aos meios, a pesquisa está classificada como bibliográfica, documental e estudo de caso. Bibliográfica, pois foi baseado em material publicado em livros e redes eletrônicas. Documental, porque utilizou alguns documentos internos da empresa em estudo. A pesquisa é um estudo de caso, porque coletou dados em pedreira de granito localizadas no nordeste de Minas Gerais.

#### **3.3 – Coleta de dados**

Os dados foram coletados por meio de:

- a. Pesquisa bibliográfica em livros, artigos, dissertações, Internet e estudos de casos com dados pertinentes ao assunto. Serão complementados com a experiência profissional e observações do pesquisador. Durante essa pesquisa foram levantadas as principais abordagens teóricas que serviram para o embasamento do trabalho em estudo, permitindo assim maior compreensão sobre o tema, bem como facilitou a observação dos elementos que foram estudados.
- b. Pesquisa de campo – realizada em pedreira de granito. Para o monitoramento foi utilizada uma bomba de amostragem de fluxo de ar, calibrada para avaliação de poeira respirável. O equipamento foi afixado ao trabalhador, com porta filtro instalado próximo ao seu aparelho respiratório, acompanhando-o na jornada de

trabalho em ciclo completo de atividade, sendo registrado o tempo total de coleta, com objetivo de se determinar o volume amostrado.

A amostragem é individual, sendo a vazão da amostragem de 1,7 L/min e um volume de ar amostrado compreendido entre 0,225 a 0,510 m<sup>3</sup>. O tempo de coleta do material variou de 02h30min a 05h00min.

O material coletado foi enviado posteriormente ao laboratório para determinação de percentual de sílica ou sua ausência. O método analítico utilizado para a avaliação em laboratório foi “Difratometria de Raio X”.

O equipamento utilizado para as análises gravimétricas foi a balança analítica com precisão de 0,01 mg.

### **3.3.1 Equipamentos utilizados para coleta de poeira**

#### **3.3.1.1 – Bomba de amostragem de ar**

As bombas de amostragem possuem um sistema de controle de vazão volumétrica constante, que consiste de um sensor de variação de pressão instalado na tomada de ar e de um sensor de rotação por minuto da bomba.

- Finalidade: permitir o fluxo da vazão de ar de acordo com o critério de amostragem utilizado de 1,7 l/min para poeira respirável.
- Especificação: Fabricante Gilian, Modelo: BDX2

#### **3.3.1.2 – Filtros**

Apesar da especificação do filtro apresentar porosidade de 5 µm, essa medida não é a dimensão física dos orifícios da superfície do filtro, mas é a perda de carga equivalente a um filtro de 5 µm de poro. O filtro retém partículas bem menores, pois

o processo de filtração não se faz simplesmente pela retenção na superfície, como se fosse uma peneira.

- Finalidade: capturar as partículas para análise.
- Para amostras de poeiras: Filtro de PVC, 5µm de poro e 37 mm de diâmetro;

### **3.3.1.3 – Porta filtros (cassetes)**

- Finalidade: acondicionar os filtros.
- Cassetes constituídos de poliestireno vedados com fita teflon, para se evitar a contaminação e a umidade.

### **3.3.1.4 – Suporte**

- Finalidade: Apoiar os filtros dentro do cassete.
- Suporte de papelão de 37 mm de diâmetro descartáveis.

### **3.3.1.5 – Calibrador**

- Finalidade: Calibrar a vazão (fluxo de ar) do amostrador gravimétrico.
- Calibrador tipo bolha de sabão.

A etapa de coleta das amostras foi realizada pela empresa Hiest, e supervisionada pela contratante.

## **3.3.2 Identificação dos fatores de riscos por grupos homogêneos de exposição à poeira mineral.**

Neste item foi utilizado o conceito de grupo homogêneo e a relação do número de trabalhadores com o número de trabalhadores amostrados, constantes na NR 22, item 22.17.1.1 e quadro I.

Considerando as características das atividades, equipamentos utilizados e área de atuação dos grupos de trabalho, determinou-se a homogeneidade de exposição de cada grupo (tabela 05).

A divisão dos grupos homogêneos de riscos foi realizada pela empresa responsável pelo monitoramento de poeira.

Foi adotada a seguinte classificação para efeito de identificar e avaliar os fatores de risco:

Tabela 05: Grupo homogêneo, funções desenvolvidas, número de funcionários da pedreira e caracterização da exposição.

Grupo	Funções	Número de Trabalhadores	Caracterização da Exposição
Manutenção Administração	Técnico de segurança Topógrafo Engenheiro de Minas Soldador Encarregado de mecânica Mecânico	08	Trabalhadores que desempenham suas tarefas em áreas de manutenção/ escritório e eventualmente vão a mina.
Operação	Marteleteiro Op. de pá carregadeira Op. de trator de esteira Ajudante geral Cortador Bláster Canteirador	35	Trabalhadores que desempenham suas atividades, diretamente em áreas da mina.

Para os grupos homogêneos, administração/manutenção, definiu-se o número de amostragens a serem realizadas (tabela 06).

Tabela 06: Avaliação de poeira conforme grupo homogêneo de exposição.

Grupos	Número de amostragens
I - Administração / manutenção	07
II - Operação	16
Total	23

### **3.4 – Tratamento dos dados**

Os dados coletados foram tabelados e comparados com limites de tolerância calculado pela Norma Regulamentadora 15 e pelo valor tabelado pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (2003).

### **3.5 – Limitações do método**

Algumas informações, consideradas sigilosas pela empresa, não foram fornecidas e, portanto, não puderam ser analisadas nesse estudo.

Por ser uma pesquisa bibliográfica e contar com a experiência profissional do pesquisador, o trabalho pode sofrer a interferência da interpretação deste.

Embora houvesse dificuldades na captação de material informativo por parte da empresa, esta foi, em grande parte, superada pelo esclarecimento de funcionários da área estudada.

## 4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

### Resultado da amostragem de poeira

Nas tabelas 07 e 08 estão apresentados os resultados das análises de concentração de poeira referente a amostragem realizada na pedreira. Foi considerada a atividade desenvolvida pelos funcionários, tempo de amostragem, volume da amostra de poeira, peso e concentração de sílica, obtidos através de coleta realizada na pedreira em estudo.

Ressalta - se que as amostras sem resultado, correspondem a amostras com massa insuficiente para análise (<0,01 mg).

Tabela 07: Resultados das análises de concentração de poeira no **grupo homogêneo I** (Manutenção, oficina e escritório).

Função	Tempo de Amostragem (h)	Volume de ar (m <sup>3</sup> )	Peso da amostra (mg)	Teor de sílica (%)
Frentista	03:00	0,270	0,10	-
Mecânico	03:10	0,285	0,30	-
Soldador	03:50	0,345	1,30	-
Topógrafo	03:00	0,306	0,10	-
Técnico	04:00	0,408	1,10	4,90
Engenheiro	03:00	0,306	0,10	-
Ajud. Mecânico	03:30	0,315	0,50	-

Analizando a Tabela 07, grupo homogêneo I, somente o Técnico em Segurança do Trabalho teve o teor de sílica detectado após análise das amostras coletadas nos funcionários. Isso provavelmente deve-se ao fato de que no dia em que houve a amostragem, somente o técnico estava realizando atividades junto à frente de lavra.

Tabela 08: Resultados das análises de concentração de poeira no **grupo homogêneo II (Operação)**.

Função	Tempo de Amostragem (h)	Volume de ar (m <sup>3</sup> )	Peso da amostra (mg)	Teor de Silica (%)
Motorista	02:30	0,225	0,10	-
Encarregado	03:55	0,400	0,10	-
Op. Carregadeira	05:00	0,510	0,10	-
Ajudante	02:30	0,225	0,90	12,90
Ajudante	02:30	0,225	1,10	8,20
Marteleteiro	04:00	0,360	3,89	10,70
Marteleteiro	04:00	0,360	1,50	20,70
Marteleteiro	04:30	0,459	1,50	16,00
Marteleteiro	04:30	0,459	2,00	11,30
Marteleteiro	03:00	0,270	0,70	10,70
Marteleteiro	03:00	0,270	0,60	10,40
Marteleteiro	03:55	0,353	6,60	17,50
Marteleteiro	03:55	0,400	1,10	7,50
Op. Retro	03:55	0,400	0,70	2,40
Bláster	04:30	0,459	5,30	21,50
Cortador	04:55	0,502	1,40	3,40

Na tabela 08, os maiores teores de sílica detectados foram identificados na perfuração de rocha pelos marteleteiros. A exceção é o bláster, que apresentou um teor de sílica de 21,50 %. Isso deve-se ao fato que o bláster além de desempenhar a sua função ele também realiza operação de perfuração de rocha junto aos marteleteiros.

Na tabela 09 são apresentados os resultados referentes às concentrações de poeira e teor de sílica das amostras e o respectivo Limite de Tolerância para poeira respirável conforme estabelecido no Anexo 12 da NR – 15.

Tabela 09 – Resultados das análises de concentração de poeira e teor de sílica.

Grupo Homogêneo	Função	Conc. de Poeira (mg/m <sup>3</sup> )	Teor de sílica (%)	Limite de tolerância (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>
I	Frentista	0,37	ND	-
	Mecânico	1,05	ND	-
	Soldador	3,77	ND	-
	Topógrafo	0,33	ND	-
	Técnico	2,70	4,90	1,16
	Engenheiro	0,33	ND	-
	Ajud. Mecânico	1,59	ND	-
II	Ajudante	4,00	12,90	0,54
	Ajudante	4,89	8,20	0,78
	Marteleteiro	10,81	10,70	0,63
	Marteleteiro	4,17	20,70	0,35
	Marteleteiro	3,27	16,00	0,44
	Marteleteiro	4,36	11,30	0,60
	Marteleteiro	2,59	10,70	0,63
	Marteleteiro	2,22	10,40	0,65
	Marteleteiro	18,72	17,50	0,41
	Marteleteiro	2,75	7,50	0,84
	Op. Retro	2,40	2,40	1,82
	Motorista	0,44	ND	-
	Bláster	11,55	21,50	0,34
	Encarregado	0,25	ND	-
	Cortador	2,79	3,40	1,48
	Op. carregadeira	0,20	ND	-

Na tabela 10 são apresentados os dados referentes às concentrações de sílica das amostras e o respectivo TLV (mg/m<sup>3</sup>) conforme estabelecido na ACGIH.

Tabela 10 – Análise comparativa entre o valor da concentração de poeira com o TLV (2003).

Grupo Homogêneo	Função	Peso de quartzo (mg)	Conc. de “sílica”(mg/m <sup>3</sup> )	TLV (mg/m <sup>3</sup> )	TLV corrigido <sup>a</sup>
I	Frentista	ND	-	0,05	0,04
	Mecânico	ND	-	0,05	0,04
	Soldador	ND	-	0,05	0,04
	Topógrafo	ND	-	0,05	0,04
	Técnico	0,05	0,13	0,05	0,04
	Engenheiro	ND	-	0,05	0,04
	Ajud. Mec.	ND	-	0,05	0,04
II	Ajudante	0,12	0,52	0,05	0,04
	Ajudante	0,09	0,40	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,42	1,16	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,31	0,86	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,24	0,52	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,23	0,49	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,07	0,28	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,06	0,23	0,05	0,04
	Marteleteiro	1,16	3,28	0,05	0,04
	Marteleteiro	0,08	0,21	0,05	0,04
	Op. retro	0,02	0,06	0,05	0,04
	Motorista	ND	-	0,05	0,04
	Bláster	1,14	2,48	0,05	0,04
	Encarregado	ND	-	0,05	0,04
	Cortador	0,05	0,09	0,05	0,04
	Op. Carreg.	ND	-	0,05	0,04

Obs.: a Valor corrigido de acordo com o modelo de Brief & Scala (1975).

Dentre as atividades amostradas, as maiores concentrações de poeira foram observadas na perfuração de rocha, junto ao marteleteiro. Esta operação é realizada a seco, diariamente, e sem nenhuma medida de prevenção coletiva para redução da geração de poeira. Além da poeira provocada por esta operação (maior concentração respirável obtida de 18,72 mg/m<sup>3</sup>), o operador do martelete também está exposto simultaneamente ao ruído e vibração provocados pelo próprio equipamento. Essa não é a única atividade na pedreira onde os trabalhadores estão expostos simultaneamente a vários agentes, mas é potencialmente, a condição de trabalho mais agressiva e penosa observada. Os trabalhos são realizados ao ar livre, havendo exposição de carga solar.

Na operação que utiliza perfuração com marteletes pneumáticos, as amostras apresentam altas variações na porcentagem de sílica, variando de 7,5% a 20,7 %. Essa variação pode ser justificada, principalmente devido à existência de xenólitos e/ou autólitos ricos em minerais ferro-magnesianos que apresentam em sua composição baixos índices de sílica, quando comparados a quartzo e feldspato. Em decorrência dessas inclusões, as propriedades físicas das rochas também são alteradas, apresentando diferentes resistências à furação e consequente geração de poeira.

Os trabalhos são realizados diariamente e nenhuma operação de perfuração possui sistema de umidificação ou sistema de coleta das partículas de poeira.

Para todos os marteleteiros e ajudantes a concentração de poeira respirável foi superior ao Limite de Tolerância calculado pela Norma Regulamentadora 15 da Portaria 3214/78 e superior também ao limite de referência (TLV, 2003) proposto pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienist – ACGIH* (2003).

A única medida de controle para a poeira de sílica, adotada pela empresa é a utilização de Equipamento de Proteção Individual, tipo respirador purificador de ar, com peça semifacial filtrante para partículas PFF1 (CA 11187), a qual não é suficiente para proteção dos funcionários.

O grupo homogêneo administração/manutenção apresentaram a concentração de poeira respirável abaixo do Limite de Tolerância estabelecido pela NR-15 da Portaria 3214/78. O escritório e a oficina estão localizados a aproximadamente 10 km de distância da pedreira. Os trabalhadores que desempenham essas tarefas eventualmente vão à pedreira, o que explica a baixa concentração de sílica livre cristalizada incidente nesses funcionários.

O método de lavra da pedreira em estudo, na qual são utilizados basicamente “jet flame” e martelete, resultou alta concentração de poeira, imprópria para os trabalhadores como descrito anteriormente.

Em análise aos dados da tabela 11 e considerando que a melhor medida de redução da emissão de poeira é reduzir a perfuração em rocha através de marteletes, o fio diamantado se mostra um bom método, e apresenta várias vantagens, como:

- A operação de corte é realizada via úmido.
- Diminuição considerada do ruído, comparado com métodos utilizando “jet flame” e perfuração.
- Acabamento: A face do bloco apresenta maior regularidade em relação aos blocos extraídos com outros métodos.
- Alto rendimento;

Tabela 11: Comparação dos métodos utilizados na lavra de rochas ornamentais (modificado de Jimeno, 1996).

Sistema	A	B	C	D
Velocidade de corte (m <sup>2</sup> /h)	-----	1 – 2	3 – 4	1 – 4
Abertura do corte (mm)	-----	80 – 100	11 – 12	30 – 50
Rugosidade	5 – 8	4 – 6	2 – 4	1 – 2
Custo de corte m <sup>2</sup> (pta)	2.3 – 3	7.5 – 9	6 – 9	3.5 – 6

A – Corte utilizando perfuratrizes; B – Jet Flame; C – Fio Diamantado; D – Web Jet

Estes resultados são viáveis para a pedreira em estudo, pois o material extraído absorve o alto custo do fio diamantado, entretanto, em materiais de baixo custo, e na etapa de “desdobramento”, que consiste na retirada do bloco de medidas econômicas (3x2,4x1,8) a partir de um bloco com dimensões de 6x7x1,8, a solução seria minimizar a própria emissão de poeira dos marteletes, e nesse sentido, eliminadores de poeira via úmido, descritos no item tecnologia de extração, se tornam essenciais.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu avaliar as concentrações de poeiras respiráveis contendo sílica cristalina nas operações de lavra de rocha ornamental, realizadas em uma empresa localizada na região nordeste de Minas Gerais.

Os resultados das concentrações de sílica cristalina obtidos apresentam fortes evidências de que o ambiente de trabalho é inadequado principalmente para o grupo homogêneo II, os funcionários de operação da pedreira.

O risco ocupacional à poeira respirável que contém sílica cristalina, é considerado inaceitável no sentido de serem inconsistentes com as definições apresentadas sobre limites de exposição. Porém isso não significa que todos que ficarem expostos abaixo do limite de exposição estão seguros e isentos de quaisquer efeitos adversos à saúde.

Nas atividades de lavra onde ocorre a dispersão de poeira de sílica cristalina, o controle de exposição deve ser considerado prioridade para a empresa e para os trabalhadores.

As medidas que eliminam ou reduzem os riscos através de controle de engenharia, alterando o ambiente de trabalho de forma permanente, incluindo processos e equipamentos, e que dispensam a necessidade de uma opção ou decisão por parte do trabalhador para controlar o risco, são medidas preventivas preferenciais.

Dentre essas medidas preventivas preferenciais para a redução da poeira em lavra de rochas ornamentais, sugere-se: utilização de fio diamantado nos cortes das bancadas; utilização de eliminadores de poeira via úmido como exaustor na perfuração de desdobramento; aspersão de água nas vias de acesso e utilização de máquinas de carregamento e transporte dotadas com sistema de ar condicionado.

Outras medidas de controle preventivas de caráter administrativo ou de organização do trabalho incluem: formação, informação, treinamentos, controle médico, asseio pessoal e das roupas de trabalho, EPI e limitação do tempo de exposição.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 10.151: avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. 2003 Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs). São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 2003.

BRIEF, R.S. & SACALA, R.A. Occupational exposure limits for novel work schedules. American Industrial Hygiene Association Journal. Chicago, v.36, p.467-469, 1975.

CHIAVENATO, I. Manual de Reengenharia: um guia para reinventar e humanizar a sua empresa com a ajuda das pessoas. São Paulo: Makron Books, 1995.

CRUZ, T. Manual de sobrevivência empresarial: depois da reengenharia. São Paulo: Atlas, 1996.

FILHO, M.T. & SANTOS, U.P. J Bras Pneumol, São Paulo, 2006.

FILHO, W.S. <<http://www.uai.com.br>>. Acessado em: 25/11/2007.

GRUENZNER, G. Avaliação da poeira de sílica: um estudo de caso em uma pedreira na região metropolitana de São Paulo. 2003. 93p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

JIMENO, L. C. Manual de Rocas Ornamentales; prospección, explotación, elaboración, colocación. Madrid: Mostoles, 1996, 696p.

\_\_\_\_\_.MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria 3214 de jul. 1978 Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. Brasília.1978. Disponível em <http://www.mte.gov.br/temas/seg.sau/legislação/normas/default.asp>. Acesso em 15 de jul 2007.

MORGAN, G. Imagens da organização. Tradução Cecília Whitaker Bergamim, Roberto Coda. São Paulo: Atlas, 1996.

PATTERSON, R.E. Sílica. In: Kirk-othner Encyclopédia of chenical technology. 4.ed. New York: Johnwiley & Sons, 1997. v. 21. p.977-1005.

PAVÉSIO, L. O papel do instituto nacional da previdência social nos acidentes do trabalho. Revista de saúde pública, São Paulo, p.51-61, 1973.

PINHEIRO, J. R. O emprego da argamassa expansiva na extração de rochas ornamentais. Rochas de Qualidade, v. 28, n. 145, março/abril, 199p.

SALIBA, T.M.; SALIBA, S.C.R. Legislação de segurança, acidentes do trabalho e saúde do trabalhador. 1.ed. São Paulo: LTR, 2002. 454p

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO: lei 6514/77 e Portaria 3214/78. 56 ed. São Paulo: Atlas; 2005. [Manual de Legislação Atlas].

TORLONI, M. (Coord.). Programa de Proteção Respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores. São Paulo: Fundacentro, 2002. 127p.

TORLONI, M. E VIEIRA, A.V. Manual de Proteção Respiratória. São Paulo. 2003.

TODESCHINI, R. <<http://www.uai.com.br>>. Acessado em: 25/11/2007.

## 7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 10.151: avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

ALMEIDA, I.T. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

CONSTITUIÇÃO (1988). Texto constitucional de 5 de Outubro de 1988 com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais 1/96 a 26/00 e Emendas Constitucionais de revisão de 1 a 6/94 – Ed. Atual em 2000, - Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000.

CUCHIERATO, G. Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da região metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico. 2000. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. Department of Health and Human Services. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Hazard Review Health Effects of occupational exposure to respirable crystalline silica. Cincinnati, 2002.

FREITAS, J.B.P. et al. Avaliação de ambientes de trabalho em trabalhadores expostos a poeira de sílica e fibras de asbesto. Rede, São Paulo, v.3, 1998. Edição especial.

NOGUEIRA, D. P. Pneumoconioses. Revista CIPA, São Paulo, v.6, n. 64, 1984.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Programa Internacional de Segurança Química. Segurança química: fundamentos de toxicologia aplicada [e] características dos riscos causados por agentes químicos; trad. de E. S. Nascimento. São Paulo: Fundacentro, 1994.

REM: Ver. Esc. Minas vol.56 no.3 Ouro Preto July/Sept.2003 - Emprego de Argamassa Expansiva e Termoconsolidação de peças em cantaria - José Aurélio Medeiros da Luz; Francisco Javier Montenegro Balarezo; Carlos Alberto Pereira.

SANTOS, A.M.A.; AMARAL, N.C. Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana. Método de ensaio NHO 03. São Paulo: Fundacentro, 2001.

SEGURANÇA e Medicina no Trabalho, Coordenação e Supervisão da Equipe Atlas, 48. ed. São Paulo, 2001.

NETO, T. L. A. Problemas gerados pela extração de rochas e propostas para mitigação do impacto sonoro. Rio de Janeiro, Brasil. Jun 2006.