

# Dust Exposure in a Quarry

## Exposição a Poeiras numa Pedreira

Ana Campos, Maria Luísa Matos and [J. Santos Baptista](#)  
FEUP

### Abstract

The mining industry is defined, according to the main international legal frameworks as a high risk activity. Among other factors, this work involves exposure to crystalline silica, which is by itself a high risk factor. In this context, this paper aims to evaluate the concentrations of respirable dust and crystalline silica in a quarry. The respirable dust sampling was performed in six workplaces: Rock, Dumper, Track Excavators, two Wheel Loaders, and Crushing Plant. Sampling methodology was based on NIOSH standard 0600 - *Particulates not otherwise regulated, respirable*. The samples were collected through personal air sampling pumps, and in each workplace were performed three sampling campaigns. According to the results obtained it was verified that the worker exposed to the highest concentration of respirable dust is the operator of Rock ( $0.459 \text{ mg.m}^{-3}$ ), followed by the operator of Wheel Loader Volvo ( $0.296 \text{ mg.m}^{-3}$ ). On the other hand, the workplace with the lowest concentration is the Wheel Loader CAT ( $0.079 \text{ mg.m}^{-3}$ ). These results could be justified due to the work locations and routines. The Rock operator is more exposed to fine particulates due to the need to help the work process manually and this equipment has a dust collection system that make regular particulates discharges which are maintained in air environment when the meteorological conditions are favourable. The Wheel Loader Volvo operator is responsible for the trucks loading, so he is exposed to fine particulate matter. On the opposite side, the operator of Wheel loader CAT works with rock blocs with big dimensions, which minimize his exposure to fine particulates. According to the Portuguese standard NP 1796:2007, it was concluded that the Threshold Limit Value of respirable dust,  $3 \text{ mg.m}^{-3}$ , is not exceeded in none of the workplaces. Regarding silica concentration, according to the Portuguese legal framework, the limit value is not exceeded in none of the workplaces. However, according to the Portuguese standard NP 1796:2007, the Threshold Limit Value of silica concentration,  $0.025 \text{ mg.m}^{-3}$ , is exceeded in four of the six studied workplaces, namely: Rock, Wheel Loader (operating in the stock zone), Crushing Plant and Track Excavator. Once again, Rock operator is the most exposed to silica concentration and the lowest one corresponds to the Wheel Loader CAT.

**Keywords:** Mining industry, respirable particles, silica.

### 1. INTRODUÇÃO

No âmbito da indústria extrativa, para além dos riscos físicos inerentes à atividade, há a acrescentar os riscos associados à exposição a agentes químicos como é o caso das poeiras. De entre as poeiras, a sílica cristalina é um dos principais alvos de atenção, devido aos seus efeitos nocivos para a saúde humana. Na Europa estima-se que mais de 2 milhões de trabalhadores estejam expostos à sílica cristalina (excluindo minas de carvão) (Maciejewska, 2008). A exposição à sílica cristalina respirável representa um sério risco para a saúde, podendo causar uma das mais antigas doenças industriais conhecidas, a silicose. Além disso, segundo vários artigos de revisão, a exposição à sílica pode contribuir para o aumento das taxas de prevalência e incidência de doenças respiratórias como bronquite crónica e enfisema pulmonar e perturbações imunológicas; tendo também sido associada ao cancro no pulmão (Sanderson *et al.*, 2000; Maciejewska, 2008; Brown, 2009).

A emissão de poeiras representa um problema em quase todas as indústrias de extração mineira e é produzida em várias das etapas que constituem o processo de mineração, entre os quais se destacam: a extração, como é o caso das poeiras transportadas pelo vento, das explosões, da terraplanagem, do movimento de veículos transportadores, dos processos de carga/descarga, da perfuração, entre outros; a britagem e trituração, principalmente nos processos por via seca; a crivagem e a moagem; o armazenamento, nomeadamente no que respeita às poeiras transportadas pelo vento e devido ao movimento de veículos em torno da zona de armazenamento; o carregamento e transporte, entre outros. (Petavratzi *et al.*, 2005; NEPSI, 2006).

Atendendo à problemática retratada, a presente comunicação visa analisar a exposição dos trabalhadores da indústria extrativa a poeiras. O trabalho apresentado tem como objetivo principal efetuar um estudo piloto para determinar os níveis de exposição dos trabalhadores da indústria extrativa a céu aberto a poeiras respiráveis e, nomeadamente, à sílica cristalina, em diferentes equipamentos e operações.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo desenvolvido foi realizado numa empresa localizada no Norte de Portugal, cuja atividade se caracteriza pela exploração de uma pedreira que se destina principalmente à produção de agregados britados e enrocamento. A empresa na sua generalidade possui cerca de 180 trabalhadores, dos quais aproximadamente 30 estão afetos à pedreira alvo deste estudo, incluindo trabalhadores dos escritórios e operadores dos equipamentos de produção. O número destes operadores ronda os 10.

No processo produtivo de extração da massa mineral são seguidas algumas etapas de trabalho: o desmonte, a seleção de material para enrocamento, o encaminhamento do material para as unidades de transformação (processo automatizado de fragmentação e classificação de agregados britados), o armazenamento das diferentes granulometrias em silos de grande capacidade ou em stocks a céu aberto e, por fim, os sistemas de carga para expedição.

O processo de amostragem de poeiras respiráveis, nomeadamente a seleção do equipamento de amostragem, e dos tempos e dos caudais a utilizar, teve por base a norma NIOSH 0600 – *Particulates not otherwise regulated, respirable*. Para a amostragem e avaliação dos níveis de exposição dos trabalhadores a poeiras respiráveis, utilizaram-se bombas de aspiração pessoal. Estas são ligadas, através de um tubo de plástico, a um ciclone que possui no seu interior uma cassette, onde é colocado o filtro por onde passa o ar aspirado. O ciclone permite fazer a separação das poeiras respiráveis das restantes, sendo função do filtro reter as partículas de interesse, mediante o seu diâmetro aerodinâmico. O filtro utilizado era de PVC com porosidade 5 µm, o ciclone do tipo Higgins-Dewell (HD), o caudal de amostragem selecionado foi de 2,2 l.min<sup>-1</sup> e o tempo de amostragem cerca de 140 minutos.

Para caracterização do local de trabalho e avaliação da exposição a poeiras, foram considerados seis postos de trabalho: operador de *Rock*, operador de *Dumper*, operador de Pá Giratória, operador de Pá Carregadora (×2) e operador da central de britagem, responsável pelo tratamento primário (Britador Primário). De referir que todos os equipamentos mencionados são cabinados, incluindo o local onde se situa o operador da central de britagem.

No início e no final de cada amostragem, procedeu-se à calibração do equipamento. Após calibração, a bomba de aspiração foi colocada na zona mais próxima do sistema respiratório do trabalhador. Neste estudo foram realizadas três amostragens de poeiras respiráveis em cada posto de trabalho de modo a garantir a representatividade dos valores obtidos e apenas foram consideradas válidas as amostragens cujos valores médios, das calibrações iniciais e finais, apresentavam uma variação inferior a 5%. Os filtros utilizados foram pesados cinco vezes, numa balança de precisão, antes e depois da recolha. A massa de amostra foi obtida pela diferença de ambos os valores.

Após recolha dos dados, o volume de amostra foi calculado tendo em conta o tempo de amostragem (fornecido pela bomba de aspiração pessoal) e o caudal médio obtido pelas calibrações inicial e final (Eq. 1). A concentração de poeiras é obtida através da massa e do volume de amostra (Eq. 2). A concentração de sílica foi obtida por Difração de Raios X, através de uma metodologia acreditada pelo IPAC (Instituto Português de Acreditação). A análise em questão foi efetuado no LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia), segundo um procedimento interno baseado em padrões internacionais do NIST (*National Institute of Standards and Technology*).

$$V_{amostra} = t_{amostragem} \times Q_{amostragem} \quad (1)$$

Onde,  $V_{amostra}$  corresponde ao volume de amostra (l),  $t_{amostragem}$  ao tempo de amostragem (min) e  $Q_{amostragem}$  ao caudal de amostragem (l.min<sup>-1</sup>).

$$C_{partículas\ respiráveis} = \frac{m_{amostra}}{V_{amostra} \times 0,001} \quad (2)$$

Onde,  $C_{partículas\ respiráveis}$  corresponde à concentração de partículas respiráveis (mg.m<sup>-3</sup>),  $m_{amostra}$  à massa de amostra (mg) e  $V_{amostra}$  o volume de amostra (l).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios das três amostragens realizadas.

Tabela 1 – Resultados obtidos para cada posto de trabalho: poeiras respiráveis (PR) e sílica.

Equipamento	Marca	Modelo	Concentração média PR (mg.m <sup>-3</sup> )	% média de SiO <sub>2</sub>	Concentração média SiO <sub>2</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
Pá giratória	CAT	374D	0,137	29	0,038
Pá Carregadora	CAT	980H	<b>0,079</b>	48	<b>0,021</b>
Pá Carregadora	Volvo	L150E	0,296	45	0,072
<i>Rock</i>	Atlas Copco	D7	<b>0,459</b>	28	<b>0,113</b>
<i>Dumper</i>	TEREX	TR45	0,124	18	0,022
Britador primário	-	-	0,162	43	0,062

Pela Tabela 1 é possível verificar que o posto de trabalho que se encontra exposto a uma maior concentração de partículas respiráveis é o *Rock*. De facto, observou-se que, embora o equipamento possua cabine e o processo de furação seja automático, o operador tinha necessidade de abrir várias vezes a porta devido ao encravamento das varas que este procurava desencravar manualmente no exterior. Por outro lado, o *Rock* possui um sistema de despoeiramento – captador de poeiras, que ao longo da furação ao descarregar as partículas de granulometria mais fina, estas têm tendência para ficarem em suspensão no ar, por inexistência de recipiente de recolha (saco). Esta situação pode ser agravada/atenuada dependendo das condições meteorológicas.

De seguida, o posto de trabalho com uma concentração mais crítica é a pá carregadora Volvo L150E. Este facto pode ser explicado tendo em conta que o operador, para além de estar muito exposto a diversas granulometrias, uma vez que se encontra sempre na zona de stocks a carregar os camiões, apresenta um ciclo de trabalho muito característico. Em cada

carga o operador tem um momento em que abre a porta para assinar a autorização para a carga do camião, o qual o expõe a uma maior concentração de poeiras, as quais permanecem no ar devido à descarga de stocks para os camiões e à própria movimentação da pá carregadora.

O posto de trabalho menos afetado corresponde à pá carregadora CAT. Este equipamento, tal como os outros destinados à carga e transporte, possui cabine e, pela sua rotina de trabalho não existe a necessidade de abrir a porta frequentemente. Por outro lado, é importante realçar que esta pá carregadora é responsável pelo carregamento de camiões com blocos de grandes dimensões, ao contrário da pá carregadora Volvo que trabalha com stocks de material de pequena granulometria, daí a discrepância de valores entre ambas.

Numa análise global, verifica-se que nenhum dos postos de trabalho ultrapassou o valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP) para Poeiras Sem Outra Classificação (PSOC), recomendado pela NP 1796:2007, que corresponde a  $3 \text{ mg.m}^{-3}$ . Verificou-se ainda que o valor de concentração mais elevado ( $0,459 \text{ mg.m}^{-3}$ ) é 6,5 vezes inferior ao VLE-MP.

Relativamente à concentração de sílica observa-se novamente que o *Rock* e a Pá Carregadora Volvo são os postos de trabalho que apresentam um valor mais elevado. Por outro lado, e em concordância com os valores da concentração de poeiras respiráveis (Tabela 1), verifica-se que é na pá carregadora CAT que se observa uma menor concentração de poeiras respiráveis e também o menor valor da concentração de sílica. Comparando os valores obtidos com os valores que constam no Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio, é possível verificar que em nenhum posto de trabalho o teor de sílica é inferior a 6%; o posto de trabalho com teor de sílica entre 6% e 25% corresponde ao *Dumper* (18% de  $\text{SiO}_2$ ); e os restantes postos inserem-se na categoria de teor de sílica superior a 25%. Segundo o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio, para teores de sílica entre 6% e 25%, a sua concentração não deverá ser superior a  $2 \text{ mg.m}^{-3}$  e para teores superiores a 25%, a concentração não deverá ser superior a  $1 \text{ mg.m}^{-3}$ . Assim, a nível legal verifica-se que nenhum dos postos de trabalho em estudo possui concentrações de sílica acima dos valores permitidos. Por outro lado, tendo em conta o valor recomendado pela NP 1796:2007 verifica-se que apenas a pá carregadora CAT e o *Dumper* se encontram abaixo dos  $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$  (VLE-MP). Através destes resultados verificou-se que o operador do *Rock* está exposto a uma concentração média de sílica mais de quatro vezes superior ao limite recomendado na referida Norma e o da pá carregadora Volvo cerca de três vezes superior.

#### 4. CONCLUSÕES

No presente estudo foram avaliados seis postos de trabalho: *Rock*, *Dumper*, Pá Giratória, duas Pás Carregadoras e uma Central de Britagem. A amostragem de poeiras respiráveis foi realizada de acordo com a norma NIOSH 0600 – *Particulates not otherwise regulated, respirable*, e a análise de sílica cristalina foi efetuada por Difração de Raios X nos laboratórios do LNEG.

Relativamente à concentração de poeiras respiráveis e sílica cristalina, com os resultados obtidos concluiu-se que os postos de trabalho mais afetados correspondem ao *Rock* e à Pá carregadora Volvo. Pelo contrário, o posto de trabalho com menor exposição é a pá carregadora CAT. Embora todos os veículos sejam cabinados, os valores obtidos podem ser explicados tendo em conta as funções desempenhadas pelos operadores em questão e as suas rotinas de trabalho.

Face à reprodutibilidade alcançada através da metodologia utilizada ao longo deste trabalho, a mesma poderá ser aplicada noutras pedreiras, de modo a avaliar diferentes fatores de risco (em função das características da exploração) e desta forma, saber onde implementar medidas para minimizar a exposição dos trabalhadores. Por outro lado, a exposição a poeiras pode ser prevenida através do controlo na fonte de poluição, com a alteração do processo produtivo e uso de diferentes equipamentos de proteção; minimização da dispersão de poeira, melhorando a ventilação do local, usando estruturas de proteção que reduzam a exposição às condições meteorológicas, usando meios de distribuição de água nos principais focos de poluição (frentes de obra), entre outras. Caso a aplicação destas medidas não permita reduzir a concentração de sílica para os valores pretendidos, dever-se-á recorrer ao uso de equipamentos de proteção individual, neste caso concreto de máscaras apropriadas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESHO) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), todo o apoio no desenvolvimento e divulgação do trabalho desenvolvido.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Brown, T. (2009). Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer—complex interactions. *Occupational Medicine*, 59:89–95.
- Maciejewska, A. (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust approach in Poland and Worldwide. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1):1 – 23.
- NEPSI. (2006). *Guia de Melhores Práticas para a proteção da saúde dos trabalhadores através do correcto manuseamento e utilização da sílica cristalina e produtos relacionados*. European Network for Silica.
- Petavratzi, E., Kingman, S., & Lowndes, I. (2005). Particulates from mining operations: A review of sources, effects and regulations. *Minerals Engineering*, 18:1183-1199.
- Sanderson, W. T., Steenland, K., & Deddens, J. A. (2000). Historical Respirable Quartz Exposures of Industrial Sand Workers: 1946-1996. *American Journal of Industrial Medicine*, 38:389-398.