

# As diferentes metodologias de recolha e análise de Poeiras Ocupacionais: Equipamentos e Técnicas

Barbosa, Fernando<sup>1</sup>; Matos, Luísa<sup>2</sup>; Santos, Paula<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Formação Profissional da Indústria de Fundição  
Rua Delfim Ferreira n.º 800, 4100-199 Porto;  
fernando.barbosa@cifu.pt

<sup>2</sup>Unidade de Investigação, Ciência e Tecnologia Mineral – Laboratório do LNEG  
Rua da Amieira, Apartado 1089, 4466-956 S. Mamede de Infesta;  
luisa.matos@ineti.pt

<sup>3</sup>A.Ramalhão – Consultoria, Gestão e Serviços, Lda,  
Rua Senhora do Porto n.º 825, 4250-456 Porto;  
paulasantos@aramalhao.com

## RESUMO

Um dos requisitos obrigatórios referidos na legislação nacional, na área de higiene e segurança ocupacional, é a avaliação da exposição profissional dos trabalhadores aos agentes químicos no ambiente de trabalho. Medir a concentração dos agentes químicos e comparar com os valores limite de exposição (VLE) estabelecidos é uma das formas para se proceder a essa avaliação. Os processos industriais são muito diversificados, assim como, os agentes químicos que podem estar presentes no ar ambiente ocupacional. O problema para os técnicos que irão fazer as amostragens e conduzir a análise posterior reside nesta diversidade de processos e agentes químicos. Este obstáculo assume maior dimensão quando o técnico que vai realizar a amostragem é externo à empresa e não dispõe de dados suficientes para a preparação do trabalho.

Como guia para uma adequada preparação poderá ser seguida a recente NP EN 689:2008. As poeiras ocupacionais são um tipo de agente químico que se encontra presente regularmente no ar ambiente de muitos sectores de actividade. Estas podem-se apresentar em diferentes fases granulométricas, como exemplo, poeiras totais, torácicas e respiráveis. As poeiras ocupacionais não são todas iguais, ou seja, apresentam características morfológicas/químicas diferentes que fazem com que a selecção das metodologias de amostragem e análise sejam diferenciadas. Com este artigo pretendemos apontar algumas orientações para um melhor reconhecimento do tipo de poeiras que pretendemos amostrar e medir, apresentando também diferentes metodologias de amostragem e técnicas analíticas associadas.

**Palavras-chave:** Agente químico, Poeiras Ocupacionais, Equipamentos de Amostragem, Metodologias/Técnicas Analíticas

## ABSTRACT

One of the national legislation mandatory requirements in the occupational hygiene and safety domain is the assessment of workers professional exposure to chemical agents in their workplace. One of the methods to make this assessment is to measure the concentration of chemical agents and compare the results with the Threshold Limit Values (TLVs). Industrial processes and chemical agents which can exist in the occupational air are both very diversified. This diversity constitutes a problem for the technicians who do the sampling and subsequent analysis. The obstacle becomes even bigger when the technician is not a worker

from the company where he is doing the sampling and does not have enough data to plane his work. In order to make proper planning NP EN 689:2008 which was recently published can be consulted for guidance. Occupational dusts are a type of chemical agent that is usually found in ambient air of many working sectors. Dusts can be found in various particle sizes, for example, as total dust, thoracic dust and breathable dust. Not all occupational dusts are equal, that is, they have different morphologic/chemical features which result in a different selection of both sampling methodology and analysis. With this paper we intend to point out some guidelines to better identify the type of dust that we want to sample and measure, providing also different methods of sampling and their associated analytical techniques.

**Keywords:** Chemical agents, Occupational Dust, Sampling Equipment, Methods and Analytical Techniques.

## 1. INTRODUÇÃO

Actualmente, a avaliação da exposição profissional dos trabalhadores aos agentes químicos no ambiente de trabalho é uma das preocupações dos técnicos de higiene e segurança, quer pela obrigatoriedade legal, quer pelo risco que os agentes químicos podem apresentar para a saúde dos trabalhadores.

Essa avaliação consiste na determinação da concentração desses agentes no ar dos locais de trabalho através de metodologias e equipamentos indicados em normas e a sua posterior comparação com valores de referência, que representam níveis de exposição aceitáveis. Recomenda-se que para valores de referência se utilizem os VLE definidos na Norma Portuguesa 1796 (2007) [1].

Nesta norma os requisitos dos tamanhos das fracções para medição das partículas em suspensão no ar baseiam-se nas definições na norma NP EN 481 (2004) [2], utilizando a terminologia da norma NP EN 1540 (2004) [3]. Os VLE constantes da NP1796 (2007) [1] foram estipulados com base nos TLVs – Threshold Limit Values, da ACGIH (2006) (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Quando algum agente não esteja referenciado nesta norma, poderão ser considerados os REL (Recommended Exposure Limit) da NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ou os PEL (Permissible Exposure Limits) da OSHA (Occupational Safety & Health Administration).

## 2. METODOLOGIA

O técnico de higiene e segurança que procede a essa avaliação, perante a diversidade de processos produtivos e de agentes químicos em suspensão no ar ambiente, poderá apoiar-se na NP EN 689 (2008) [4] para definir a sua estratégia de medição. No entanto, a comunicação focaliza-se em agentes químicos sólidos, vulgarmente denominados poeiras ocupacionais, que existem no ar ambiente, numa vasta gama de dimensões, resultantes de processos produtivos. As partículas

podem resultar de fontes estacionárias ou de fontes móveis, estando a sua dimensão directamente relacionada com o seu potencial para causar danos na saúde.

A estratégia da avaliação da exposição profissional poderá ser desenvolvida em 2 fases, a apreciação e a medição.

## 2.1 Estratégia de Apreciação

Esta estratégia inclui 3 fases:

- a) Lista de agentes químicos;
- b) Identificação dos factores inerentes ao local de trabalho;
- c) Apreciação das exposições.

### 2.1.1 Lista de agentes químicos

O técnico poderá solicitar uma listagem de todos os agentes químicos presentes no local de trabalho.

Para elaboração da lista será necessário solicitar uma série de elementos: matérias-primas, produtos intermédios, produtos finais, produtos de reacção, produtos secundários e fichas de dados de segurança.

Com base nos dados anteriores e sendo que os valores obtidos vão ser comparados com os VLE definidos na NP 1796 (2007) [1] recorre-se à classificação das poeiras ocupacionais, de acordo com esta norma. Os tamanhos das partículas são classificados das seguintes formas:

- › partículas inaláveis (PI): partículas que se depositam em qualquer região do tracto respiratório com um diâmetro aerodinâmico médio  $d_{50}=100$   $\mu\text{m}$ ;
- › partículas torácicas (PT): partículas que se depositam na região dos canais pulmonares e na zona de troca gasosa, de dimensão na gama 0 a 25  $\mu\text{m}$ , com um diâmetro aerodinâmico médio  $d_{50}=10$   $\mu\text{m}$ ;
- partículas respiráveis (PR): partículas que se depositam na região das trocas gasosas, de dimensão na gama 0 a 10  $\mu\text{m}$ , com um diâmetro aerodinâmico médio  $d_{50}=4$   $\mu\text{m}$ .

### 2.1.2 Identificação dos factores inerentes ao local de trabalho

Nesta fase os processos e procedimentos de trabalho são avaliados para determinar o potencial para a exposição a agentes químicos através de uma revisão detalhada de alguns factores, como por exemplo:

- › actividades;
- › padrões de trabalho e técnicas (contínuo, pausas);
- › processos de produção;
- › configuração do local de trabalho;
- › medidas de segurança e procedimentos;
- › sistemas de ventilação e outras formas de controlo de engenharia;
- › fontes de emissão;
- › tempos de exposição;
- › tipo de trabalho (leve, moderado ou pesado).

### 2.1.3 Apreciação das exposições

Esta fase de apreciação da exposição integra a identificação das exposições potenciais, os factores do local de trabalho e as respectivas interligações e requer uma abordagem estruturada e que pode ser conduzida em três estádios:

- › análise inicial:
  - \*listagem de todos os agentes químicos;
  - \*factores inerentes ao local de trabalho;

\*variáveis que interferem afectando a concentração dos agentes químicos;

\*variáveis relacionadas com as acções e comportamentos individuais dos trabalhadores.

- › estudo preliminar;
- › estudo detalhado.

Nestes estádios de desenvolvimento da apreciação da exposição profissional dos trabalhadores aos agentes químicos, iremos evoluir no conhecimento dos agentes presentes no local de trabalho, não sendo necessário, na grande maioria das situações, utilizar todos os estádios da apreciação.

Após a análise inicial, o estádio seguinte, denominado estudo preliminar, visa já, a obtenção de informação quantitativa, que pode ser adquirida através de medições anteriores ou pela comparação com trabalhos realizados em processos semelhantes, fruto da experiência do técnico. O estudo detalhado, tem como objectivo fornecer informação fiável e validade sobre a exposição, quando esta está próxima do valor limite.

## 2.2 Estratégia de Medição

Esta fase da estratégia de medição é proposta e fará sentido ser efectuada, quando se suspeita que a exposição profissional dos trabalhadores aos agentes químicos no ambiente de trabalho estará perto dos valores limite, sendo então, necessário desenvolver uma investigação mais precisa e direccionada, fazendo uso de técnicas instrumentais e analíticas.

De forma a permitir desenvolver e concretizar da forma mais completa e economicamente rentável a estratégia de medição, quer em termos de recursos humanos para a empresa prestadora do serviço, quer para a empresa para a qual se está a desenvolver o trabalho, há factores que têm uma contribuição muito elevada e que podem contribuir para a representatividade da amostragem/medição.

De entre vários factores, consideramos de maior relevância os seguintes:

- › a selecção dos trabalhadores, de entre a totalidade dos trabalhadores expostos, para a medição, através do estudo criterioso dos padrões de trabalho e avaliação dos resultados de amostragens preliminares, incorrendo ainda assim no risco de haver variações, quer aleatórias, quer sistemáticas, desses padrões;
- › a definição do tipo de amostragem, entre medições efectuadas num posto fixo (estacionário), na vizinhança imediata dos trabalhadores ou directamente nos trabalhadores, tendo sempre o cuidado de o fazer, tanto quanto possível, à altura da respiração;
- › distribuição do tempo de amostragem, que deve ser estabelecida de modo a cobrir a maioria das actividades desenvolvidas, sendo a situação ideal, mas na prática, pouco viável a colheita de amostras durante todo o período de trabalho.

## 3. METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E MONITORIZAÇÃO

### 3.1 Métodos de ensaio

Os métodos de ensaio aplicados às amostragens poderão seguir os métodos da NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), da OSHA (Occupational Safety & Health Administration), os MDHS

(Methods for the Determination of Hazardous Substances - Health and Safety Laboratory) ou outros equivalentes. Na tabela 1 apresentam-se alguns exemplos de métodos adequados à determinação de alguns parâmetros/agentes químicos presentes no ar dos locais de trabalho.

Agentes químicos	Método
Partículas sem outra classificação (PSOC): Partículas inaláveis Partículas respiráveis	NIOSH 0500 [5] NIOSH 0600 [6]
Métodos gerais para amostragem e análise gravimétrica de poeiras respiráveis e inaláveis	MDHS 14/3 [7]
Sílica Cristalina por DRX	NIOSH 7500 [8]
Sílica Cristalina por IR	NIOSH 7602 [9]
Sílica Cristalina em poeiras respiráveis em suspensão	MDHS 101 [10]

**Tabela 1 – Normas de ensaio de alguns agentes químicos (exemplificativos)**

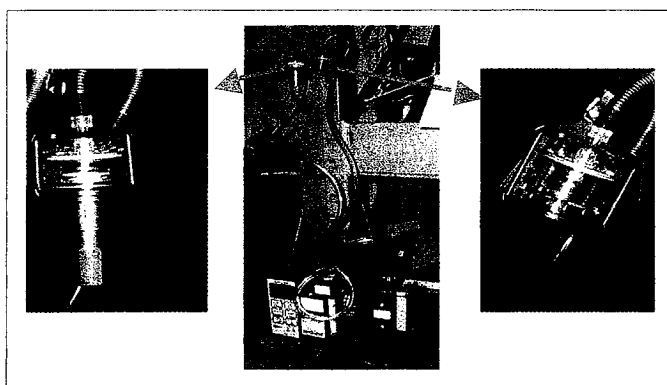
Nestes métodos encontram-se definidos os caudais de ar a amostrar, volumes máximos e mínimos, características dos filtros a usar na recolha da amostra, entre outras, como sejam os equipamentos de recolha e as metodologias analíticas a empregar especificamente para cada agente a avaliar.

### 3.2 Equipamentos de recolha

Os equipamentos de amostragem de poeiras devem simular, da forma mais aproximada possível, o que acontece no tracto respiratório, quando da instalação de partículas, isto é, o material recolhido devem ser as partículas que tenham a possibilidade de penetrar no tracto respiratório. Só assim a amostragem será representativa da exposição ocupacional.

Partindo do pressuposto e conforme referido no início do artigo, nos estarmos a focar especificamente em agentes químicos sólidos, vulgarmente denominados, poeiras ocupacionais que existem no ar ambiente, falaremos de equipamento de recolha para este tipo de amostras.

A amostragem deverá ser realizada, conforme indicação da norma e tendo em conta o facto anterior, com equipamentos que permitam a amostragem da fracção inalável em cassetes de PVC e da fracção respirável em ciclones (Higgins-Dewell (HD), de alumínio ou nylon). Apresenta-se na Figura 1 um exemplo de montagem destes equipamentos. As bombas de amostragem deverão ser calibradas antes e depois dos ensaios utilizando um calibrador, de forma a garantir a qualidade dos resultados, conforme indicação da NP EN 482 (2008) [11].



**Figura 1 – Exemplo de montagem com 2 bombas de amostragem para recolha da fracção respirável em ciclone de alumínio (detalhe à esquerda) e fracção inalável em cassette (detalhe à direita).**

### 3.3 Determinações analíticas

As determinações analíticas de cada agente químico encontram-se descritas na metodologia a utilizar. Por exemplo, a determinação de

partículas inaláveis e respiráveis é realizada por gravimetria; os teores em metais por espectrofotometria, etc. Em todos os casos deverão ser seguidas as recomendações dos métodos, nomeadamente o tipo de balanças, qualidade dos reagentes, etc.

Norma de ensaio	Amostragem					Método Analítico	VLE-MP (NP1796:2007)
	Tipo de filtro	Suprte do filtro	Caudal (l/min)	Volume (litros)	Nº de brancos		
NIOSH 0600	PVC 5µm	Ciclone HD Nylon Alumínio	2,2 1,7 2,5	Min. 20 Máx. 400	2 a 10	Gravimetria	3 mg/m <sup>3</sup> (anexo B)
NIOSH 0500	PVC 5µm	Cassete	1 a 2	Min. 7 Máx. 133	2 a 10	Gravimetria	10 mg/m <sup>3</sup> (anexo B)
NIOSH 7300	PVC 5µm ou MCE 0,8µm	Cassete	1 a 4	Tabelado em função do agente	2 a 10	ICP – AES ou AAS	1,5 mg/m <sup>3</sup> (Ni)
NIOSH 7500	PVC 5µm	Ciclone HD Nylon Alumínio	2,2 1,7 2,5	Min. 400 Máx.1000	2 a 10	DRX	0,025 mg/m <sup>3</sup> (Ni)

(I) – Fracção inalável; (R) – Fracção Respirável

ICP - AES - Espectrometria de emissão óptica com acoplamento de plasma induzido; AAS - Espectrofotometria de absorção atómica  
DRX – Difraccção de Raio X

**Tabela 2 – Aplicação de Exemplos de Normas de ensaio para alguns agentes químicos.**

## 4. CONCLUSÕES

Para viabilizar um trabalho representativo, correctamente executado e conclusivo, é importante aplicar uma estratégia bem fundamentada e suportada em dados precisos.

A escolha da norma ou métodos de ensaio é determinante tendo implicações directas quer, a nível técnico (equipamentos, consumíveis, tempos de medição, técnica analítica, limite de quantificação, etc) quer, a nível económico.

Neste tipo de avaliações o histórico de medições e a experiência acumulada são importantes, em particular, para a decisão do número de pontos a amostrar (representatividade/custos) e qual a melhor técnica de recolha (estacionária ou pessoal)

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NP 1796 (2007) – Segurança e Saúde no Trabalho. Valores limites de exposição profissional a agentes químicos.
- [2] NP EN 481 (2004) – Atmosferas dos locais de trabalho. Definição do tamanho das fracções para medição das partículas em suspensão no ar.
- [3] NP EN 1540 (2004) – Atmosferas dos locais de trabalho. Terminologia.
- [4] NP EN 689 (2008) – Atmosferas dos locais de trabalho. Guia para a apreciação da exposição por inalação a agentes químicos por comparação com valores limite e estratégia de medição.
- [5] NIOSH 0500 (2ª Edição de 15/08/94) – Particulates not otherwise regulated, Total
- [6] NIOSH 0600 (3ª Edição de 15/05/98) – Particulates not otherwise regulated, Respirable
- [7] MDHS 14/3 (February 2000) – General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust
- [8] NIOSH 7500 (3ª Edição de 15/01/98) – Silica, Crystalline, by XRD
- [9] NIOSH 7602 (2ª Edição de 15/08/94) – Silica, Crystalline, by IR
- [10] MDHS 101 (February 2005) – Crystalline silica in respirable airborne dusts
- [11] NP EN 482 (2008) - Atmosferas dos locais de trabalho. Requisitos gerais de desempenho dos procedimentos de medição de agentes químicos.