

**NORMA DE HIGIENE
OCUPACIONAL
PROCEDIMENTO TÉCNICO**

**COLETA DE MATERIAL PARTICULADO SÓLIDO
SUSPENSO NO AR DE AMBIENTES DE TRABALHO**

NHO 08

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL

PROCEDIMENTO TÉCNICO

Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho

Equipe de elaboração:

Alcinéa Meigikos dos Anjos Santos
Ana Maria Tibiriçá Bon
José Geraldo Aguiar
Lênio Sérvio Amaral
Maria Margarida T. Moreira Lima
Norma Conceição do Amaral

2007

APRESENTAÇÃO

A Coordenação de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO deu início na década de 1980, à publicação de uma série de normas técnicas denominadas anteriormente Normas de Higiene do Trabalho – NHTs, entre elas a NHT-02 A/E: Norma para Avaliação da Exposição Ocupacional a Aerodispersóides, publicada em 1985.

Diante das transformações tecnológicas e da necessidade de atualização dos procedimentos de identificação, avaliação e controle da exposição dos trabalhadores aos agentes ambientais, a revisão das NHTs tornou-se imprescindível. Para diferenciá-la da antiga, a nova série de normas passou a ser intitulada de Normas de Higiene Ocupacional – NHO.

Em continuidade a esse processo de revisão, apresenta-se aos profissionais que atuam na área de higiene ocupacional a NHO N° 8 - Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho, resultado da experiência acumulada por técnicos da Fundacentro nos últimos anos e da atualização de conceitos utilizados como base para a coleta de material particulado sólido, divulgados internacionalmente.

Acredita-se que esta norma possa efetivamente contribuir como ferramenta na identificação e na quantificação da exposição ocupacional a aerodispersóides, na forma das poeiras, atualmente denominados materiais particulados sólidos, com o intuito de colaborar no controle da exposição e na prevenção de doenças ocupacionais.

ALCINÉA MEIGIKOS DOS ANJOS SANTOS
Gerente da Coordenação de Higiene do Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	OBJETIVO	01
3	CAMPO DE APLICAÇÃO	01
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	01
5	DEFINIÇÕES E CONCEITOS	02
6	SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	04
7	PROCEDIMENTOS	04
	7.1 Reconhecimento de risco	
	7.1.1 Informações referentes ao ambiente e ao processo de trabalho.....	05
	7.1.2 Informações referentes aos trabalhadores e aos locais de trabalho.....	05
	7.2 Objetivo da avaliação quantitativa	06
	7.3 Planejamento da coleta	06
	7.3.1 Seleção do tipo de coleta.....	06
	7.3.2 Seleção dos trabalhadores para coleta individual.....	07
	7.3.3 Tempo de coleta.....	07
	7.3.4 Número e tipo de amostras, segundo o período de coleta.....	07
	7.3.5 Seleção de materiais e equipamentos.....	08
	7.3.6 Laboratório para análise das amostras.....	09
	7.4 Coleta das amostras	09
	7.5 Cálculos	10
	7.5.1 Cálculo do volume de ar amostrado.....	10
	7.5.2 Cálculo da concentração da amostra.....	10
	7.5.3 Cálculo da concentração média ponderada pelo tempo.....	10
8	RESULTADOS	11
9	RELATÓRIO	11
10	BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	11
	ANEXOS	
A	Posicionamento do sistema de coleta.....	15
B	Procedimento para obtenção de um subgrupo de um grupo de exposição similar (GES).....	16
C	Diagrama representativo do número e tipo de amostras, segundo o período de coleta.....	17
D	Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar.....	18
E	Exemplos de dispositivos de coleta.....	20
F	Eficiência de coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado.....	22
G	Modelo de formulário para registro de dados.....	23
H	Modelos de caixas para transporte de porta-filtros contendo amostras de material particulado.....	24

PREFÁCIO

Este procedimento faz parte da Série de Normas de Higiene Ocupacional (NHO) elaborada por técnicos da Coordenação de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO.

A NHO 08 substitui a Norma de Higiene do Trabalho “NHT-02 A/E: Norma para avaliação da exposição ocupacional a aerodispersóides”(FUNDACENTRO/1985).

1 INTRODUÇÃO

Estudos anteriormente desenvolvidos pela FUNDACENTRO demonstram que materiais particulados suspensos no ar, provenientes de vários processos ou condições de trabalho, representam sério risco à saúde dos trabalhadores, quando se apresentam em concentrações elevadas em ambientes sem controle, implicando no surgimento de doenças respiratórias.

Sempre que a exposição dos trabalhadores a esses materiais particulados é avaliada quantitativamente, a metodologia utilizada deve ser baseada em critérios que relacionem a medição com o risco à saúde que está sendo estudado. Esta norma adotou como referência o critério harmonizado pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®), pela International Organization for Standardization (ISO) e pelo Comité Européen de Normalisation (CEN), visando atender às necessidades para a coleta com dispositivos que classificam as partículas por seleção de tamanhos correspondentes a regiões específicas de deposição no trato respiratório.

2 OBJETIVO

Esta norma estabelece um procedimento padronizado para coleta de material particulado sólido em filtros de membrana com a finalidade de obter amostras representativas das partículas suspensas no ar dos ambientes de trabalho.

3 CAMPO DE APLICAÇÃO

Este procedimento se aplica à coleta de partículas de origem mineral, metálica, vegetal, animal, de negro de fumo e de partículas insolúveis não especificadas de outra maneira.

NOTA: Não se aplica para partículas na forma de fibras.

4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Na aplicação deste procedimento, poderá ser necessário consultar:

- NHO-03/2000: Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana. FUNDACENTRO.
- NHO-07/2002: Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. FUNDACENTRO.
- NR-15/1978: Atividades e operações insalubres. Ministério do Trabalho.
- NR-9/1994: Programa de prevenção de riscos ambientais. Ministério do Trabalho.
- *ISO Standard 7708. Air Quality: particle size fraction definitions for health-related sampling.*
- *CEN Standard EN-481. Workplace Atmospheres: size fraction definitions for measurements of airborne particles in the workplace.*

NOTA: Havendo edições mais recentes, recomenda-se a sua utilização.

5 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Para efeito deste procedimento técnico, aplicam-se as seguintes definições e conceitos:

5.1 Bomba de amostragem

Instrumento portátil e leve, que forneça uma vazão de até 6,0 L/min, com bateria recarregável e blindada contra explosão. A bomba deve possuir um sistema automático de controle de vazão com capacidade para mantê-la constante, dentro de um intervalo de $\pm 5\%$, durante o tempo de coleta.

5.2 Dispositivo de coleta

Conjunto composto por porta-filtro, suporte do filtro, filtro de membrana e, quando necessário, um separador de partículas.

5.3 Exposição ocupacional

Situação onde um ou mais trabalhadores podem interagir com agentes ou fatores de risco no ambiente de trabalho.

5.4 Filtro de membrana

Filtro de malha rígida, uniforme e contínua, de material polímero, com tamanhos de poro determinados precisamente durante a fabricação.

5.5 Grupo de exposição similar (GES)

Grupo de trabalhadores que experimentam situações de exposição semelhantes, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador desse grupo seja representativo da exposição dos demais trabalhadores.

5.6 Jornada de trabalho

Refere-se ao período durante o qual o trabalhador exerce, efetivamente, a sua atividade. Exemplos: jornada diária de 8 horas; turno noturno de 6 horas; jornada semanal de 48 horas.

5.7 Local de trabalho

Corresponde à área onde o trabalhador desenvolve suas atividades.

5.8 Material particulado

Partículas sólidas produzidas por ruptura de um material originalmente sólido, suspensas ou capazes de se manterem suspensas no ar.

5.9 Particulado inalável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que $100\mu\text{m}$, capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no trato respiratório durante a inalação. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com os materiais suspensos no ar que exercem efeito adverso quando depositados no trato respiratório como um todo.

5.10 Particulado torácico

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 25µm, capaz de passar pela laringe e entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nas vias aéreas dos pulmões. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com os materiais suspensos no ar que exercem efeito adverso quando depositados nas regiões traqueobronquial e de troca de gases.

5.11 Particulado respirável

É a fração de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10µm, capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais e se depositar na região de troca de gases dos pulmões, causando efeito adverso nesse local.

5.12 Particulado total

É o material suspenso no ar coletado em porta-filtro de poliestireno de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fechada e orifício para a entrada do ar de 4 mm de diâmetro, conhecido como cassete. A coleta de particulado total deve ser utilizada somente quando não houver indicação específica para coleta de particulado inalável, torácico ou respirável.

5.13 Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS)

Partículas para as quais ainda não há dados suficientes para demonstrar efeitos à saúde em concentrações geralmente encontradas no ar dos locais de trabalho. Essa definição se refere às partículas que não tenham um limite de exposição estabelecido; que sejam insolúveis ou fracamente solúveis em água ou nos fluidos aquosos dos pulmões; não sejam citotóxicas, genotóxicas ou quimicamente reativas com o tecido pulmonar; não emitam radiação ionizante; causem imuno sensibilização ou outros efeitos tóxicos que não a inflamação ou a deposição excessiva.

5.14 Porta-filtro

Componente do dispositivo de coleta que abriga e sustenta o suporte do filtro e o filtro de membrana.

5.15 Registro de campo

É o registro de todos os dados ou ocorrências observados durante a avaliação do ambiente de trabalho. As informações devem ser tomadas de maneira organizada e anotadas em formulários apropriados de modo que possam contribuir para as conclusões da avaliação.

5.16 Risco ocupacional

É a possibilidade de um trabalhador sofrer um determinado dano à saúde, em virtude das condições de trabalho. Para qualificar um risco, de acordo com a sua gravidade, avaliam-se conjuntamente a probabilidade de ocorrência e a severidade do dano.

5.17 Separador de partículas

Componente do dispositivo de coleta utilizado para separar partículas dentro de uma faixa de tamanhos pré-determinada.

5.18 Sistema de coleta

Sistema composto por bomba de amostragem, dispositivo de coleta e mangueira.

5.19 Suporte do filtro

Disco de celulose, metal ou outro material adequado ao tipo de porta-filtro em uso. Sua função é facilitar a distribuição do fluxo de ar e sustentar o filtro de membrana impedindo que o mesmo se rompa.

5.20 Vazão de ar

Volume de ar, em litros, que passa através do dispositivo de coleta, por unidade de tempo, em minutos.

5.21 Zona respiratória

Região hemisférica com um raio de, aproximadamente, 150 ± 50 mm das narinas do trabalhador.

6 SÍMBOLOS E ABREVIATURA

ACGIH®	- American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CEN	- Comité Européen de Normalisation
CMPT	- Concentração Média Ponderada pelo Tempo
GES	- Grupo de Exposição Similar
ISO	- International Organization for Standardization
LEO	- Limite de Exposição Ocupacional
L/min	- litros por minuto
m³	- metro cúbico
µm	- micrometro
mm	- milímetro
NHO	- Norma de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO
NHT	- Norma de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO
NIOSH	- National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	- Occupational Safety & Health Administration
PNOS	- Particles (insoluble or poorly soluble) Not Otherwise Specified

7 PROCEDIMENTOS

Na aplicação deste procedimento, deve-se incluir a análise de todas as informações disponíveis que caracterizam a magnitude e a importância de um determinado risco à saúde dos trabalhadores, com a finalidade de formular recomendações significativas para a eliminação ou a redução desses riscos. Essas informações são obtidas por meio de pesquisa bibliográfica, de observação do local de trabalho, de entrevistas com trabalhadores e de obtenção de resultados de concentração de material particulado suspenso no ar, para fins de comparação com referências apropriadas, entre outras.

Para aplicação deste procedimento, deve-se realizar o reconhecimento de riscos e definir o objetivo da avaliação quantitativa para o planejamento da coleta, conforme itens 7.1 a 7.3.

7.1 Reconhecimento de risco

Nesta etapa, devem ser obtidas informações sobre o ambiente e o processo de trabalho, as operações, as matérias-primas e os produtos químicos utilizados ou gerados, produtos finais, sub-produtos e resíduos, assim como as possíveis interações entre os agentes presentes no local de trabalho e o organismo humano e os efeitos associados à saúde.

7.1.1 Informações referentes ao ambiente e ao processo de trabalho

Devem ser verificados:

- a) os materiais que podem ser usados ou produzidos, e lançados no ar do ambiente de trabalho, durante as operações ou processos sob investigação, com sua composição, toxicidade e quantidade;
- b) as possíveis fontes de geração de material particulado, como, por exemplo, processos que envolvam moagem, peneiramento, lixamento, polimento, serragem, corte, furação, gravação, esmagamento, operações de limpeza a seco ou que produzam material particulado ou suspendam aquele depositado;
- c) o fluxograma e o *layout* das instalações da empresa;
- d) as etapas do processo produtivo enfatizando as circunstâncias ou procedimentos que podem contribuir para a contaminação dos ambientes de trabalho;
- e) as condições do ambiente de trabalho, enfatizando se é aberto ou fechado, se possui ventilação natural ou forçada;
- f) as condições climáticas e as possíveis variações de direção e intensidade de correntes de ar, temperatura e umidade;
- g) a interferência de áreas vizinhas aos locais de trabalho;
- h) as medidas preventivas adotadas, coletivas e/ou individuais;
- i) o programa de manutenção das máquinas/equipamentos e limpeza dos locais de trabalho;
- j) a existência de resultados de monitoramentos anteriores referentes à exposição a material particulado, incluindo avaliações realizadas para acompanhamento da eficácia de medidas de controle.

7.1.2 Informações referentes aos trabalhadores e aos locais de trabalho

Devem ser verificados:

- a) o número total de trabalhadores expostos a material particulado;
- b) as funções dos trabalhadores, observando os procedimentos e as atividades inerentes a essas funções e como ocorre a exposição a material particulado;
- c) a posição dos trabalhadores em relação às fontes de emissão de material particulado em seus locais de trabalho;
- d) o tempo e a frequência de cada operação ou procedimento realizado pelo trabalhador;

- e) a duração da jornada e regime de trabalho;
- f) o número de trabalhadores para os quais se presume maior risco de exposição a material particulado;
- g) o número de trabalhadores com atividades idênticas, que possam ser separados por grupos de exposição similar;
- h) dados indicativos de possível comprometimento da saúde decorrente da exposição a material particulado, como dados médicos e queixas de saúde dos trabalhadores.

7.2 Objetivo da avaliação quantitativa

Entre os objetivos para avaliação quantitativa, incluem-se:

- a) estimar a exposição dos trabalhadores ao longo de suas jornadas de trabalho;
- b) subsidiar projetos de implantação de medidas de controle e avaliar a eficácia das já adotadas;
- c) verificar a conformidade dos ambientes de trabalho com exigências legais;
- d) informar sobre a localização e intensidade das fontes de material particulado;
- e) monitorar a exposição dos trabalhadores para registros e estudos epidemiológicos;
- f) obter amostras para investigações analíticas e toxicológicas.

7.3 Planejamento da coleta

No planejamento da coleta das amostras há necessidade de se estabelecer os locais de trabalho e as situações de exposição a serem avaliados, com os respectivos tipos de coleta, os tempos de coleta e o número e tipo de amostras, assim como o laboratório que realizará a análise das amostras.

Recomenda-se uma avaliação quantitativa preliminar para um melhor planejamento da coleta. Neste tipo de avaliação deve-se coletar, pelo menos, uma amostra em cada situação de exposição ou local de trabalho a ser avaliado para determinar o tempo de coleta de cada amostra, a quantidade de amostras e o período total da coleta.

7.3.1 Seleção do tipo de coleta

a) Coleta individual (pessoal)

Quando o sistema de coleta é colocado no próprio trabalhador, posicionando-se o dispositivo de coleta na altura da zona respiratória, conforme apresentado no Anexo A, Figuras A1 e A2. Esse tipo de coleta deve ser utilizado para estimar a exposição dos trabalhadores.

b) Coleta de área (estática)

Quando o sistema de coleta é posicionado em um ponto fixo no ambiente de trabalho, conforme apresentado no Anexo A, Figura A3. Esse tipo de coleta pode ser utilizado, por exemplo, para verificar a eficácia das medidas de controle.

NOTA: A coleta individual e a coleta de área podem ser realizadas ao mesmo tempo, uma vez que são complementares.

7.3.2 Seleção dos trabalhadores para coleta individual

a) Trabalhadores de maior risco

Para a identificação desses trabalhadores é necessário observar a sua proximidade com relação à fonte geradora de material particulado, o tempo de exposição, a sua mobilidade, as diferenças em hábitos operacionais e a movimentação do ar no ambiente de trabalho.

b) Seleção aleatória de trabalhadores dentro de um grupo de exposição similar

Quando não for possível caracterizar e selecionar um trabalhador de maior risco para cada atividade, define-se, estatisticamente, um subgrupo de tamanho adequado, de tal maneira que essa amostra aleatória tenha elevada probabilidade de incluir pelo menos um trabalhador com alta exposição. A seleção desse subgrupo de trabalhadores pode ser realizada conforme o Anexo B.

7.3.3 Tempo de coleta

O tempo de duração da coleta de cada amostra de ar deve ser o necessário para amostrar um volume de ar adequado e obter uma quantidade suficiente de material particulado para a análise.

7.3.4 Número e tipo de amostras, segundo o período de coleta

O número de amostras a serem coletadas está relacionado com o dispositivo de coleta a ser utilizado e a capacidade de retenção do filtro de membrana, e varia com o tipo de amostra, podendo ser:

a) Amostra única de período completo

Uma única amostra de ar é coletada continuamente, cobrindo um período de coleta correspondente à jornada diária de trabalho.

b) Amostras consecutivas de período completo

Várias amostras de ar são coletadas, sendo que o período de coleta deverá corresponder à jornada diária de trabalho.

c) Amostras de período parcial

Uma única amostra de ar é coletada continuamente ou várias amostras são coletadas com iguais ou diferentes tempos de coleta. O período total de coleta deverá corresponder a, pelo menos, 70% da jornada diária de trabalho.

O Anexo C apresenta um diagrama representativo do número de amostras, segundo o período de coleta.

7.3.5 Seleção de materiais e equipamentos

a) Filtro de membrana

A seleção do filtro de membrana deve atender aos requisitos do método a ser aplicado para a análise do material particulado. O Anexo D indica os tipos de filtros de coleta compatíveis com os métodos analíticos a serem utilizados.

b) Porta-filtro

A seleção do porta-filtro depende da fração de material particulado a ser coletada, conforme exemplificado no Anexo E.

c) Separador de partículas

Para a **coleta de material particulado inalável**, utilizar um dispositivo de coleta projetado para selecionar partículas com diâmetro aerodinâmico de até 100 μ m com 50% de eficiência de coleta.

Para a **coleta de material particulado torácico**, utilizar um separador projetado para selecionar partículas menores que 25 μ m com 50% de eficiência de coleta em partículas com diâmetro aerodinâmico de 10 μ m.

Para a **coleta de material particulado respirável**, utilizar um separador, do tipo ciclone, projetado para selecionar partículas menores que 10 μ m com 50% de eficiência de coleta em partículas com diâmetro aerodinâmico de 4 μ m.

O Anexo E fornece exemplos de dispositivos de coleta disponíveis, atualmente, para a coleta das diversas frações de material particulado.

O Anexo F apresenta os valores de eficiências de coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado.

Para a coleta de **material particulado total**, utilizar porta-filtro de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fechada e orifício para a entrada do ar de 4 mm de diâmetro, até que outra recomendação seja especificada.

NOTA: A coleta de material particulado total deve ser efetuada quando não houver indicação de coleta de material particulado nas frações inalável, torácica ou respirável.

d) Bomba de amostragem

Selecionar uma bomba de amostragem que atenda às características técnicas definidas nesta norma.

A calibração da bomba deve ser realizada a partir de um padrão primário de calibração, ou um padrão secundário devidamente calibrado, conforme a norma NHO-07. A vazão da bomba deve ser ajustada de acordo com orientações definidas para o desempenho correto do dispositivo de coleta utilizado.

e) Mangueira

Utilizar mangueiras flexíveis de material plástico, de preferência inerte, tipo Tygon[®], com diâmetro e comprimento adequados, a fim de evitar a interrupção do fluxo de ar ou vazamentos.

7.3.6 Laboratório para análise das amostras

Antes de iniciar a coleta das amostras, deve-se consultar o laboratório que realizará a análise sobre: os métodos analíticos utilizados, o fornecimento de dispositivos e filtros para a coleta, prazo de validade dos filtros, acondicionamento e transporte das amostras, entre outros.

O laboratório deve utilizar métodos analíticos específicos para a determinação da concentração de material particulado em ambientes de trabalho. Podem ser utilizados métodos desenvolvidos ou sugeridos por organismos nacionais e internacionais de referência na área de higiene ocupacional, como os citados no Anexo D.

Solicitar, ainda, ao laboratório:

- a) os parâmetros de validação dos métodos, tais como: precisão, exatidão, limite de detecção, limite de quantificação, sensibilidade e possíveis interferentes;
- b) os dados de desempenho do laboratório em programas de garantia da qualidade, intra e interlaboratorial;
- c) que os resultados sejam expressos nas unidades adequadas para a realização de cálculos de concentração e comparação com os limites de exposição ocupacional (LEOs) vigentes.

7.4 Coleta das amostras

- a) calibrar a bomba de amostragem;
- b) montar o sistema de coleta acoplando o dispositivo de coleta à bomba de amostragem por meio da mangueira.
- c) instalar o sistema de coleta no trabalhador ou posicioná-lo por meio de um tripé no local de trabalho a ser avaliado, conforme ilustrado no Anexo A;
- d) ligar a bomba de amostragem e verificar se a entrada de ar do dispositivo de coleta esta livre;
- e) anotar: data, horário do início da coleta, código do filtro, número da bomba de amostragem e demais dados, em um formulário de registro, conforme modelo apresentado no Anexo G;
- f) acompanhar e observar o processo e as atividades de trabalho, assim como as ocorrências que podem interferir nos resultados durante o período de coleta;
- g) desligar a bomba de amostragem após concluído o período de coleta e anotar o horário;
- h) desconectar, cuidadosamente, a mangueira da bomba de amostragem e, posteriormente, do dispositivo de coleta;
- i) retirar o porta-filtro do sistema de coleta, tampar o orifício de entrada do ar e, em seguida, o de saída do ar com os plugues adequados. Guardar o porta-filtro com a face amostrada voltada para cima, em caixa apropriada para transporte, de maneira a evitar o desprendimento do material coletado, conforme ilustrado no Anexo H.
- j) transportar a bomba de amostragem para local adequado e verificar a variação da vazão, considerando para análise somente as amostras coletadas com bombas que apresentaram variação de vazão (ΔQ) inferior a 5%, conforme descrito na NHO-07.

7.5 Cálculos

7.5.1 Cálculo do volume de ar amostrado

O volume de ar amostrado deve ser calculado para cada amostra, de acordo com a seguinte expressão:

$$V = \frac{Q_m \times t}{1000}$$

sendo:

- V = volume de ar amostrado, em m^3
- Q_m = vazão média, em L/min
- t = tempo total de coleta, em minutos

NOTA: Calcular a vazão média (Q_m) conforme descrito na NHO-07.

7.5.2 Cálculo da concentração da amostra

A concentração de material particulado no ar deve ser calculada para cada amostra, de acordo com a seguinte expressão:

$$C = \frac{m}{V}$$

sendo:

- C = concentração da amostra, em mg/m^3
- m = massa da amostra, em mg
- V = volume de ar amostrado, em m^3

7.5.3 Cálculo da concentração média ponderada pelo tempo

Os resultados de concentração de material particulado de cada amostra são utilizados para o cálculo da concentração média ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho, conforme a seguinte expressão:

$$C_{MPT} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_{total}}$$

sendo:

- C_{MPT} = concentração média ponderada pelo tempo
- C_n = concentração de material particulado obtida na amostra n
- t_n = tempo de coleta da amostra n
- t_t = tempo total de coleta = $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

NOTA: No caso de amostra única, o tempo total de coleta é igual ao período de coleta. Portanto, a concentração de material particulado dessa amostra já é a concentração média ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho.

8 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da aplicação deste procedimento são estimativas das concentrações de material particulado suspenso no ar de ambientes de trabalho.

Estes resultados podem ser utilizados para: avaliar a exposição dos trabalhadores; subsidiar a tomada de decisões quanto à implantação de medidas de controle preventivas e corretivas nos ambientes de trabalho; estudos epidemiológicos e de análise de risco, entre outros.

Na interpretação dos resultados, além da comparação dos valores de concentração com os limites de exposição ocupacional (LEOs), deve-se levar em consideração as informações obtidas na literatura, o objetivo da avaliação quantitativa, a variabilidade das concentrações (especialmente em ambientes sem controle), as características específicas do material particulado avaliado, a organização do processo de trabalho e a aplicação Boas Práticas de Higiene Ocupacional, entre outras.

NOTA: Os resultados obtidos devem expressar as incertezas das medições.

Como referência, o NIOSH, estipula, para todo o seu procedimento de coleta e análise uma incerteza total de $\pm 25\%$.

Os cálculos de incertezas podem ser efetuados conforme “Guia para a Expressão da Incerteza da Medição” (ABNT; INMETRO, 2003).

9 RELATÓRIO

Recomenda-se que no relatório técnico sejam abordados, no mínimo, os aspectos a seguir apresentados:

- Introdução, incluindo objetivos do trabalho, justificativa e datas ou períodos em que foram desenvolvidas as avaliações quantitativas;
- Materiais e equipamentos utilizados (tipo, marca e modelo de bombas e dispositivos de coleta);
- Metodologias utilizadas (estratégia de coleta, métodos de coleta e métodos analíticos);
- Descrição das situações de exposição avaliadas;
- Resultados obtidos;
- Conclusões e recomendações;
- Referências bibliográficas.

10 - BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **MB-3422: Agentes químicos no ar – Coleta de aerodispersóides por filtração**. Rio de Janeiro, 1991. 22 p.
2. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants**. 9th ed. Cincinnati, 2001. 740 p. ISBN: 1-882417-39-9.
3. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **Advances in air sampling**. Industrial Hygiene Science Series. Michigan: Lewis Publishers, 1990. 409 p.
4. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **Particle size-selective sampling for health-related aerosols**. Cincinnati: ACGIH, Air Sampling Committee, 1993-94. ISBN 1-1882417-30-5. 240 p.

5. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **Guide to occupational exposure values 2000**. 5th edition, Cincinnati, 2000.
6. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **2005 TLVs® e BEIs® - Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®)**. São Paulo: ABHO, 2005. Tradução de: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO. (atualizada anualmente).
7. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH®. **2006 TLVs® e BEIs® – Limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®)**. São Paulo: ABHO, 2006. Tradução de: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais – ABHO. (atualizada anualmente). 246 p.
8. AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION - AIHA. **A Strategy for assessing and managing occupational exposures**. 2th ed. Fairfax: AIHA Press, 1998.
9. BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. Portaria n. 3214, de 08 de junho de 1978. Norma Regulamentadora n.15: NR-15 - Atividades e operações insalúbres. In: **Manuais de Legislação Atlas – Segurança e Medicina do Trabalho**. 60 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
10. BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 3214, de 8 de junho de 1978. Norma Regulamentadora n. 9: NR-9 - Programa de prevenção de riscos ambientais. (com alterações da Portaria n. 25, de 29 de dezembro de 1994, da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho). In: **Manuais de Legislação Atlas – Segurança e Medicina do Trabalho**. 60 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
11. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION - CEN. **Workplace atmospheres: size fraction definitions for measurements of airborne particles in the workplace**. CEN Standard EN-481. Brussels, 1993. 13 p.
12. FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Análise gravimétrica de aerodispersóides coletados sobre filtros de membrana (Método de ensaio). NHO-03**. São Paulo, 2001. 34 p. (Normas de Higiene Ocupacional).
13. FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. (Procedimento técnico). NHO-07**. São Paulo, 2002. 30 p. (Normas de Higiene Ocupacional).
14. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – HSE. **Crystalline silica in respirable airborne dusts. Direct-on-filter analyses by infrared spectroscopy and X-ray diffraction. MDHS 101**. London, 2005. (Methods for the Determination of Hazards Substances). Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/pdfs/mdhs101.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2005.
15. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – HSE. **General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust. MDHS 14/3**. London, 2000. (Methods for the Determination of Hazards Substances). Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/pdfs/mdhs14-3.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2005.

16. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. **Silica and some silicates, coal dust and para-aramid fibrils**. Lyon: 1997. 506 p. (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, v. 68).
17. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION -ISO. **Air quality: particle size fraction definitions for health-related sampling**. ISO Standard 7708. Geneva, 1995. 9 p.
18. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION -ISO. **Guia para a expressão de incerteza da medição**. Terceira edição brasileira em língua portuguesa. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.
19. JOHNSON, D., SWIFT, D. Sampling and sizing particles. In: American Industrial Hygiene Association. **The Occupational Environment: Its Evaluation and Control**. Virginia: AIHA Press, 1998. p. 243-261.
20. LEIDEL, N. A., BUSH, K.A., LYNCH, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: NIOSH, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service Centers for Disease Control, 1977. 132 p.
21. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH Chapter E, Quality Assurance. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th rev. ed., 3rd Suppl. 2003-154. Cincinnati, 2003. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/chapter-e.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2006.
22. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH. Silica, Crystalline, by XRD (filter deposition). Method 7500, issue 4. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th rev. ed., 3rd Suppl. 2003-154. Cincinnati, 2003. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/7500.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2005.
23. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH. Silica, Crystalline, by IR (KBr pellet). Method 7602, issue 3. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th rev. ed., 3rd Suppl. 2003-154. Cincinnati, 2003. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/7602.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2005.
24. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH. Elements by ICP: Method 7300, issue 3. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th rev. ed., 3rd Suppl. 2003-154. Cincinnati, 2003. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/7300.pdf>. Acesso em: 07 de jul. 2005.
25. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH. Particulates not otherwise regulated, total. Method 0500, issue 2. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th rev. ed., Cincinnati, 1994. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0500.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2005.
26. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - NIOSH. Particulates not otherwise regulated, respirable. Method 0600, issue 3. In: SCHELECH, P.C.; O'CONNOR, P.F. (Eds.). **NIOSH Manual of analytical methods (NMAM[®])**. 4th ed., Cincinnati, 1998. [DHHS (NIOSH) Publication n. 94-113]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0600.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2005.

27. OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION - OSHA. **OSHA Technical Manual. Quartz and cristobalite in workplace atmospheres. Method ID-142.** OSHA, 1981. Disponível em: <http://www.osha-slc.gov/dts/osta/otm/otm_ii/otm_ii_1.html>. Acesso em: 28 jun. 2005.
28. OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION - OSHA. **OSHA Technical Manual. Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP Analysis). Method ID-125G.** OSHA, 1998. [Review September, 2002]. Disponível em: <<http://www.osha-slc.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id142/id142.html>>. Acesso em: 01 jul. 2005.
29. OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION - OSHA. **OSHA Technical Manual. Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (Atomic Absortion). Method ID-121.** OSHA, 1985. [Review February, 2002]. Disponível em: <<http://www.osha-slc.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id121/id121.html>>. Acesso em: 01 jul. 2005.
30. SANTOS, A. M. A. Determinação quantitativa de sílica livre cristalizada por difração de Raios-X. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.** v. 17, n. 65, p. 55-59, 1989.
31. SANTOS, A. M. A. et al. **Avaliação ambiental de sílica livre cristalizada realizada no laboratório de classificação de areia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT.** Relatório Técnico RT/02. São Paulo: FUNDACENTRO, 1998.
32. SANTOS, A. M. A. **O Tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho.** São Paulo: FUNDACENTRO, 2001. 96p.
33. WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Hazard prevention and control in the work environment: airborne dust.** Prevention and control exchange (PACE). Geneva, 1999. (Protection of the Human Environment Occupational and Environmental Health Series. WHO/SDE/OEH/99.14).