

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL

NHO 08: COLETA DE MATERIAL PARTICULADO SÓLIDO SUSPENSO NO AR DE AMBIENTES DE TRABALHO

PROCEDIMENTO TÉCNICO

MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro do Trabalho e Emprego

Carlos Lupi

FUNDACENTRO

Presidente

Jurandir Boia

Diretor Executivo interino

Jófilo Moreira Lima Júnior

Diretor Técnico

Jófilo Moreira Lima Júnior

Diretora de Administração e Finanças interina

Solange Silva Nascimento

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL
PROCEDIMIENTO TÉCNICO

Norma de Higiene Ocupacional

NHO 08: Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho

Procedimento Técnico

Fundacentro

São Paulo

MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

2009

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.
Disponível também em: www.fundacentro.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço de Documentação e Bibliotecas – CDB / Fundacentro
São Paulo – SP
Erika Alves dos Santos CRB-8/7110

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho.

Norma de higiene ocupacional : procedimento técnico : coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho / Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. – São Paulo : Fundacentro, 2007.

24 p. : il. – (Normas de higiene ocupacional - NHO ; 08)

ISBN 978-85-98117-39-3

A NHO 08 substitui a Norma de higiene do trabalho NHT-02 A/E norma para avaliação da exposição ocupacional a aerodispersóides. São Paulo: Fundacentro, 1985.

1. Poeira respirável – Tomada de amostras – Filtros de membrana.
2. Poeira respirável – Tomada de amostras – Higiene ocupacional. I. Série.

CIS

Fypar Jwls Hufam

Fypar Jwls Ah

CDU

614.715+543.052+621.928.9

614.715+543.052+613.6

CIS – Classificação do “Centre International d’Informations de Sécurité et d’Hygiène du Travail”

CDU – Classificação Decimal Universal

CIS

Poeira respirável – Fypar

Tomada de amostras – Jwls

Filtros de membrana – Hufam

Higiene ocupacional – Ah

CDU

614.715 – Poluição por poeira, fumaça, transportada pelo ar

543.052 – Procedimento de amostragem. Inclusive seleção dos pontos de tomada da amostra. Erros de amostragem

621.928.9 – Separação, extração e coleta de poeira – extratores de poeira

613.6 – Riscos ocupacionais. Higiene e saúde ocupacionais

Ficha técnica

Equipe de elaboração: Alcinéa Meigikos dos Anjos Santos • Ana Maria Tibiriçá Bon • José Geraldo Aguiar • Lênio Sérgio Amaral • Maria Margarida T. Moreira Lima • Norma Conceição do Amaral

Coordenação Editorial: Elisabeth Rossi • Glaucia Fernandes

Revisão gramatical: Karina Penariol Sanches

Normalização: Erika Alves dos Santos

Design capa e miolo: Glaucia Fernandes

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 (NHT), 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 NHT 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 08: 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	11
2 OBJETIVO	11
3 CAMPO DE APLICAÇÃO	11
4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS	11
5 DEFINIÇÕES E CONCEITOS	12
6 SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	15
7 PROCEDIMENTOS	15
7.1 Reconhecimento de riscos	
7.1.1 Informações referentes ao ambiente e ao processo de trabalho	16
7.1.2 Informações referentes aos trabalhadores e aos locais de trabalho	17
7.2 Estabelecimento do objetivo da avaliação quantitativa	17
7.3 Planejamento da coleta	17
7.3.1 Seleção do tipo de coleta	18
7.3.1.1 Coleta individual (pessoal)	18
7.3.1.2 Coleta de área (estática)	18
7.3.2 Tempo de coleta	19
7.3.3 Número e tipo de amostras segundo o período de coleta	19
7.3.4 Seleção de materiais e equipamentos	19
7.3.5 Laboratório para análise das amostras	20
7.4 Coleta das amostras	21
7.5 Cálculos	22
7.5.1 Cálculo do volume de ar amostrado	22
7.5.2 Cálculo da concentração da amostra	22
7.5.3 Cálculo da concentração média ponderada pelo tempo	22
8 RESULTADOS	23
9 RELATÓRIO	23
REFERÊNCIAS	24

ANEXO A	Posicionamento do sistema de coleta	28
ANEXO B	Procedimento para obtenção de um subgrupo de um grupo de exposição similar (GES)	30
ANEXO C	Diagrama representativo do número e tipo de amostras, segundo o período de coleta	31
ANEXO D	Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar	32
ANEXO E	Exemplos de dispositivos de coleta	35
ANEXO F	Eficiência de coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado	39
ANEXO G	Modelo de formulário para registro de dados	41
ANEXO H	Modelos de caixas para transporte de porta-filtros contendo amostras de material particulado	42

PREFÁCIO

Este procedimento faz parte da série de Normas de Higiene Ocupacional elaborada por técnicos da Coordenação de Higiene do Trabalho da Fundacentro.

A NHO 08 substitui a *NHT-02 A/E: Norma para Avaliação da Exposição Ocupacional a Aerodispersóides* e inclui anexos de caráter normativos e informativos para fins de aplicação deste procedimento.

Os anexos A e F são normativos e os demais são informativos.

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 e 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:

- MB 3422: Agentes químicos no ar: coleta de aerodispersóides por filtração.

- NHO 03/2000: Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana.
- NHO 07/2002: Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão.
- NR 15/1978: Atividades e operações insalubres.
- NR 9/1994: Programa de prevenção de riscos ambientais.
- ISO 7708. *Air Quality: particle size fraction definitions for health-related sampling.*
- CEN 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 ex-

posição 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 no turno 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 μ 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 as partículas que exercem efeito adverso quando depositadas 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 25 μ m, capaz de passar pela laringe, entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nas vias aéreas dos pulmões. É apropriada para avaliação do risco ocupacional associado com as partículas que exercem efeito adverso quando depositadas 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 10 μ m, 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 particulado suspenso no ar coletado em porta-filtro de poliestireno de 37 mm de diâmetro, de três peças, com face fecha-

da 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 imunossensibilização 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 por-

ta-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 150 ± 50 mm, medido a partir das narinas do trabalhador.

6 SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

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
L/min	- litros por minuto
m ³	- metro cúbico
µm	- micrômetro
mm	- milímetro
NHO	- Norma de Higiene Ocupacional
NHT	- Norma de Higiene do Trabalho
NIOSH	- National Institute for Occupational Safety and Health
NR	- Norma Regulamentadora
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 dos riscos 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 estabelecer o objetivo da avaliação quantitativa para o planejamento da coleta, conforme itens 7.1 a 7.3.

7.1 Reconhecimento de riscos

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 os 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 a 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 o 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 Estabelecimento do 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 a 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 devem ser definidos os locais de trabalho e as situações de exposição a serem avaliados e os respectivos tipo de coleta, tempo de coleta, número e tipo de amostras, materiais e equipamentos a serem utilizados, assim como o laboratório que realizará a análise.

Para o melhor planejamento da coleta, deve-se realizar uma avaliação quantitativa preliminar. Nesse tipo de avaliação, coleta-se, 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

7.3.1.1 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. Este tipo de coleta deve ser utilizado para estimar a exposição dos trabalhadores.

Na seleção dos trabalhadores para coleta individual, deve-se caracterizar e selecionar o trabalhador de maior risco para cada atividade.

7.3.1.2 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. Este 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.

a) Seleção dos 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 sub-

grupo 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.

7.3.2 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 a quantidade de material particulado dentro da faixa de trabalho do método de análise a ser utilizado.

7.3.3 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, variando conforme 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 e tipo de amostras, segundo o período de coleta.

7.3.4 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 μm com 50% de eficiência de coleta.

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

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

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.

7.3.5 Laboratório para análise das amostras

Antes de iniciar a coleta das amostras, deve-se consultar o labora-

tório 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 vigentes.
- d) que os resultados expressem as incertezas das medições. Os cálculos das incertezas podem ser efetuados conforme o “Guia para a Expressão da Incerteza da Medição” (ISO, 2003).

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) verificar se a entrada de ar do dispositivo de coleta está livre e ligar a bomba de amostragem;
- 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_{total} = 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, 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 e do processo de trabalho, entre outras.

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.

REFERÊNCIAS

ABNT. **MB-3422**: agentes químicos no ar: coleta de aerodispersóides por filtração. Rio de Janeiro, 1991. 22 p.

ACGIH. **TLVs® e BEIs®**: baseados na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®). Tradução ABHO. São Paulo: ABHO, 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 9**: programa de prevenção de riscos ambientais. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2009.

_____. **NR 15**: atividades e operações insalubres. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.asp>. Acesso em: 5 fev. 2009.

CEN. **BS EN 481**: workplace atmospheres: size fraction definitions for measurement of airborne. Brussels: BSI, 1993. 13 p.

COHEN, B. S.; McCAMMON, C. S. (Eds.) **Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants**. 9th ed. Cincinnati: ACGIH, 2001. 740 p.

HSE. **Methods for the determination of hazardous substances (MDHS) guidance**. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/#3253>>. Acesso em: 5 fev. 2009.

ISO. **Guia para a expressão de incerteza da medição**. Tradução ABNT, Inmetro. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT : Inmetro, 2003.

_____. **ISO 7708**: air quality: particle size fraction definitions for health-related sampling. Geneva, 1995. 9 p.

LEIDEL, N. A.; BUSH, K.A.; LYNCH, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: NIOSH, 1977. 132 p.

NIOSH. **NIOSH manual of analytical methods (NMAM)**. Disponível em <<http://www.cdc.gov/NIOSH/NMAM/>>. Acesso em: 5 fev. 2009.

OSHA. **OSHA technical manual (OTM)**. Disponível em: <http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_toc.html>. Acesso em: 5 fev. 2009.

PASTORELLO, N. A. H.; PINTO, T. C. N. O. **Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão**: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2002. 30 p. (Normas de higiene ocupacional, 7). Disponível em: <<http://www.fundacentro>.

gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/I/NHO07.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2009.

SANTOS, A. M. A. Determinação quantitativa de sílica livre cristalizada por difração de Raios-X. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 17, n. 65, p. 55-59, jan./mar. 1989.

_____.; AMARAL, N. C. **Análise gravimétrica de aerodispersóides coletados sobre filtros de membrana: método de ensaio**. São Paulo: Fundacentro, 2001. 34 p. (Normas de higiene ocupacional, 3). Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/I/NHO03.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2009.

FUNDACENTRO. Divisão de Higiene do Trabalho. Norma para avaliação da exposição ocupacional a aerodispersóides. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 13, n. 51, p. 63-68, jul./set. 1985.

Anexo A – Posicionamento do sistema de coleta



Figura A.1 Coleta individual (pessoal) – frente



Figura A.2 Coleta individual (pessoal) – costas

NOTA: Este anexo é normativo.

Anexo A – Posicionamento do sistema de coleta

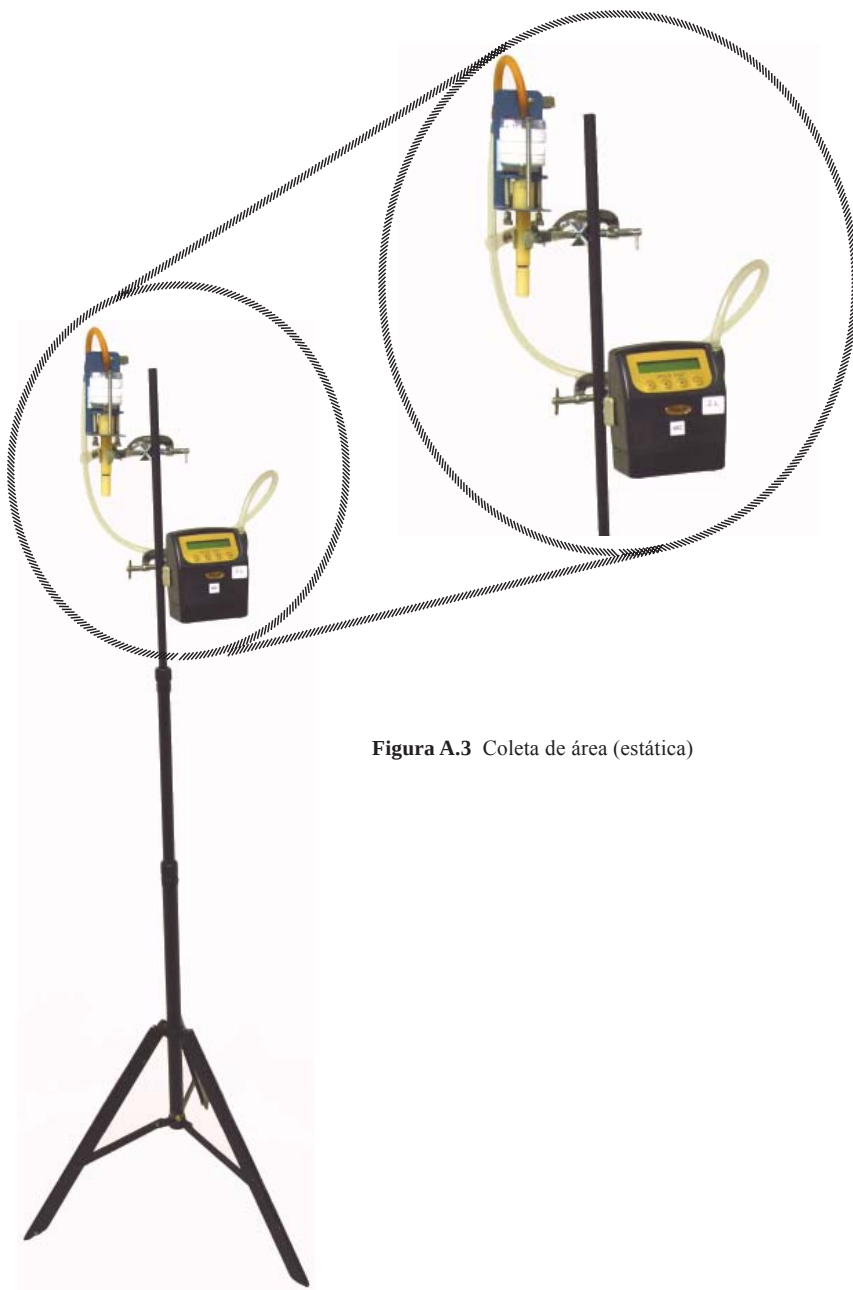


Figura A.3 Coleta de área (estática)

NOTA: Este anexo é normativo.

Anexo B – Procedimento para obtenção de um subgrupo de um grupo de exposição similar (GES)

Para obtenção de um GES, utilizar a Tabela 1, verificando na coluna “N” o número total de trabalhadores por atividade. Em seguida, na coluna “n” encontra-se o número correspondente de trabalhadores para a coleta.

Por meio de sorteio entre os trabalhadores do grupo “N”, identificam-se aqueles que formarão o subgrupo “n”.

Tabela 1 Tamanho do subgrupo de trabalhadores que contém, pelo menos, um trabalhador com alta exposição

N	n
8	7
9	8
10	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18

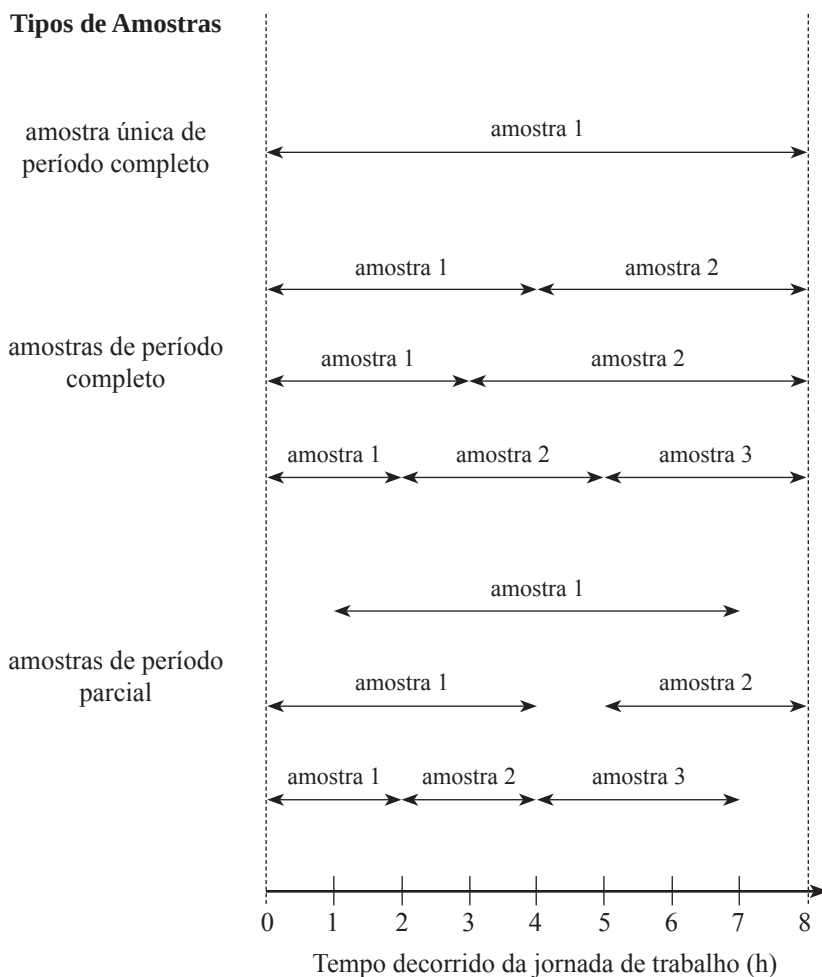
N = número total de trabalhadores do GES.

n = tamanho do subgrupo, se $N < 8$ amostrar todos os trabalhadores.

Fonte: Leidel (1977).

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo C – Diagrama representativo do número e tipo de amostras, segundo o período de coleta



Fonte: adaptação de Leidel (1977).

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo D – Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar

Material particulado	Coleta		Análise	
	Fração	Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem	Técnica analítica	Método de referência*
Sílica cristalina	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro. Verificar a recomendação do método analítico c) Separador de partículas Dorr-Oliver, de nylon, de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min.	Difratometria de raios X	NHO 03 e Santos (1989) NIOSH 7500
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro de 2 ou 3 corpos c) Separador de partículas Dorr-Oliver, com vazão de 1,7 L/min	Difratometria de raios X	OSHA ID-142
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro de 2 corpos c) Separador de partículas Dorr-Oliver, de nylon, de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min	Espectrofotometria no infravermelho	NIOSH 7602
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC ou PVC copolímero de acrilonitrila, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro b) Porta-filtro. No método do HSE-MDHS 14/3, o porta-filtro e o separador de partículas são uma única peça c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou outro tipo, conforme recomendado no método HSE-MDHS 14/3	Espectrofotometria no infravermelho ou Difratometria de raios X	HSE-MDHS-101

PVC – Policloreto de vinila

* Considerar sempre a última revisão dos métodos de referência.

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo D – Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar

Material particulado	Coleta		Análise	
	Fração	Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem	Técnica analítica	Método de referência*
Metais	Total	a) Filtro de membrana de EC, 0,8 µm de poro, ou de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro com face fechada de 2 ou 3 corpos, com vazão de 1 L/min a 4 L/min	ICP-AES	NIOSH 7300
	Total	a) Filtro de membrana de EC, 0,8 µm de poro, ou de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro com face fechada, de 2 ou 3 corpos, com vazão de 2 L/min	ICP-AES	OSHA ID-125G
	Inalável	a) Filtro de membrana de EC, 0,8 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o porta-filtro tipo IOM, ou 37 mm de diâmetro para o dispositivo cônico. Verificar a recomendação do método analítico b) Porta-filtro tipo IOM, com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min	Espectrofotometria de absorção atômica	OSHA ID-121
	Inalável	a) Filtro de membrana de EC, 0,8 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o porta-filtro tipo IOM, ou 37 mm de diâmetro para o dispositivo cônico. Verificar a recomendação do método analítico b) Porta-filtro tipo IOM, com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min	HSE-MDHS Existem vários métodos específicos	
Carvão vegetal Negro de fumo Madeira Cereais	Total	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro b) Porta-filtro com face fechada de 3 corpos, com vazão de 1 L/min a 2 L/min	Gravimetria	NHO 03 e NIOSH 0500
Farinha	Inalável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o porta-filtro tipo IOM ou 37 mm de diâmetro para o dispositivo cônico b) Porta-filtro tipo IOM, com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min.	Gravimetria	HSE-MDHS 14/3

ICP-AES – Espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma induzido (“Inductively coupled argon plasma, atomic emission spectroscopy”).

PVC – Policloreto de vinila
EC – Éster de celulose

* Considerar sempre a última revisão dos métodos de referência.

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo D – Parâmetros para coleta e análise de material particulado suspenso no ar

Material particulado	Coleta		Análise	
	Fração	Dispositivo de coleta e vazão da bomba de amostragem	Técnica analítica	Método de referência *
Partículas não especificadas de outra maneira (PNOS)	Inalável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o porta-filtro tipo IOM ou 37 mm de diâmetro para o dispositivo cônico b) Porta-filtro tipo IOM, com vazão de 2 L/min; ou dispositivo cônico, com vazão de 3,5 L/min	Gravimetria	HSE-MDHS 14/3
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 25 mm de diâmetro para o separador de partículas HD ou 37 mm de diâmetro para os outros separadores b) Porta-filtro c) Separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou Dorr-Oliver de nylon de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou GK2.69, com vazão de 4,2 L/min		
	Respirável	a) Filtro de membrana de PVC, 5 µm de poro, 37 mm de diâmetro. b) Porta-filtro c) Separador de partículas Dorr-Oliver de nylon de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min; ou Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min; ou de alumínio, com vazão de 2,5 L/min		

PVC – Policloreto de vinila

* Considerar sempre a última revisão dos métodos de referência.

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo E – Exemplos de dispositivos de coleta

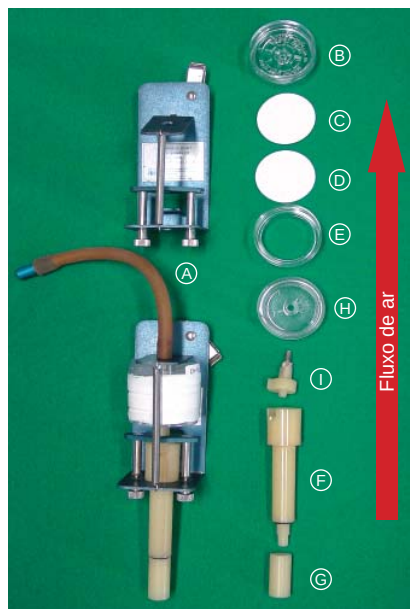


Figura E.1 Dispositivo de coleta para particulado respirável (Dorr-Oliver)

- (A) Suporte para o dispositivo de coleta
- (B) Parte inferior do porta-filtro
- (C) Suporte do filtro
- (D) Filtro de membrana
- (E) Anel central do porta-filtro
- (F) Separador de partículas
- (G) Porta-resíduos
- (H) Parte superior do porta-filtro
- (I) Parte superior do separador de partículas
- (J) Adaptador para o porta-filtro

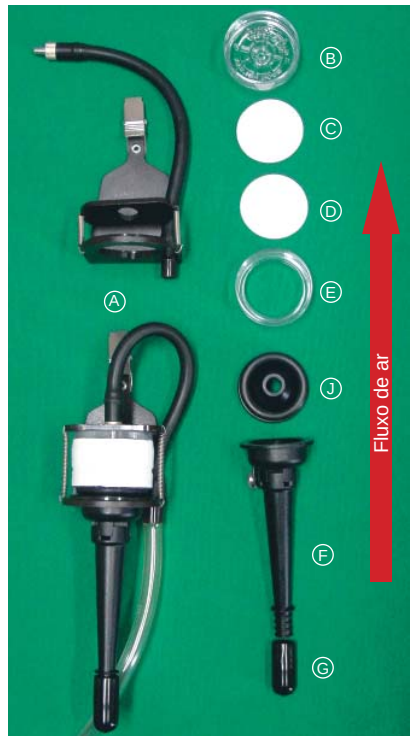


Figura E.2 Dispositivo de coleta para particulado respirável

Anexo E – Exemplos de dispositivos de coleta

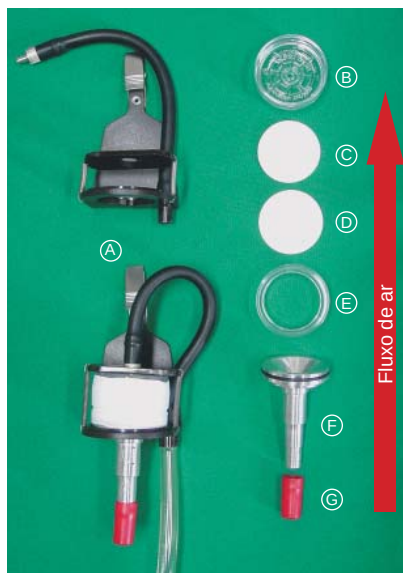


Figura E.3 Dispositivo de coleta para particulado respirável (alumínio)

(A) Suporte para o dispositivo de coleta

(B) Parte inferior do porta-filtro

(C) Suporte do filtro

(D) Filtro de membrana

(E) Anel central do porta-filtro

(F) Separador de partículas

(G) Porta-resíduos

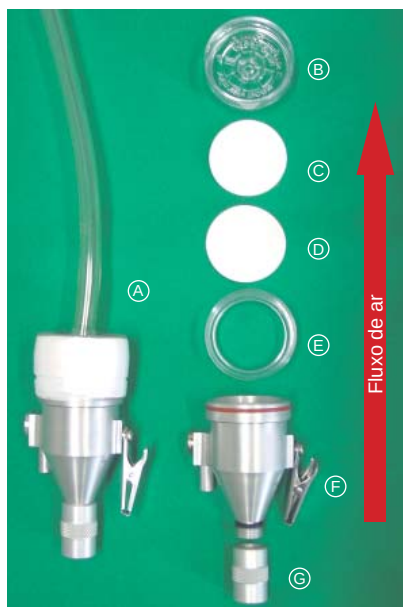


Figura E.4 Dispositivo de coleta para particulados torácico e respirável

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo E – Exemplos de dispositivos de coleta



Figura E.5 Dispositivo de coleta tipo IOM para particulado inalável

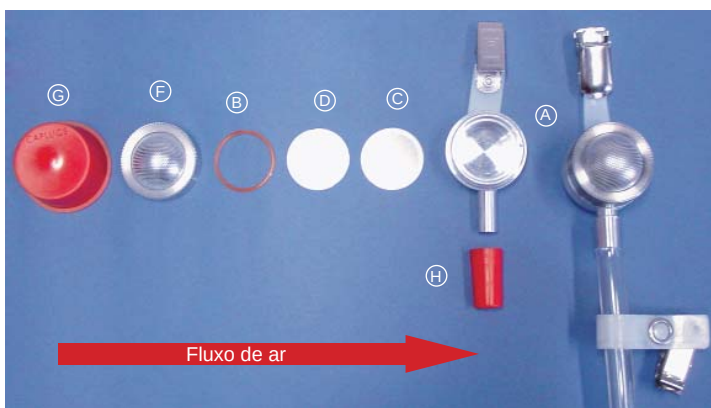


Figura E.6 Dispositivo de coleta tipo BOTTON para particulado inalável

- | | |
|------------------------------------|---|
| (A) Parte inferior do porta-filtro | (F) Parte superior do porta-filtro com orifício de entrada de 4 mm. |
| (B) Anel de vedação | (G) Tampa do porta-filtro |
| (C) Suporte do filtro | (H) Plugue |
| (D) Filtro de membrana | |
| (E) Parte central do porta-filtro | |

Anexo E – Exemplos de dispositivos de coleta

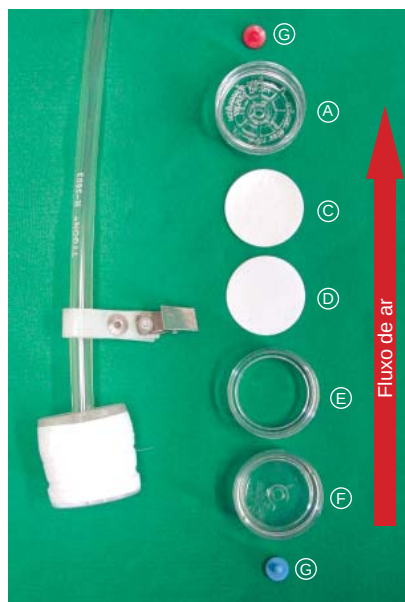


Figura E.7 Dispositivo de coleta para particulado total (cassete)

- Ⓐ Parte inferior do porta-filtro
- Ⓒ Suporte do filtro
- Ⓓ Filtro de membrana
- Ⓔ Parte central do porta-filtro
- Ⓕ Parte superior do porta-filtro com orifício de entrada de 4 mm.
- Ⓖ Plugue

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo F – Eficiência de coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado

Tabela F.1 Fração de particulado inalável

<i>Diâmetro aerodinâmico da partícula (μm)</i>	<i>% Massa de particulado inalável (I)</i>
0	100
1	97
2	94
5	87
10	77
20	65
30	58
40	54,5
50	52,5
100	50

Tabela F.2 Fração de particulado torácico

<i>Diâmetro aerodinâmico da partícula (μm)</i>	<i>% Massa de particulado torácico (T)</i>
0	100
2	94
4	89
6	80,5
8	67
10	50
12	35
14	23
16	15
18	9,5
20	6
25	2

Fonte: ACGIH® (2007).

NOTA: Este anexo é normativo.

Anexo F – Eficiência de coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado

Tabela F.3 Fração de particulado respirável

<i>Diâmetro aerodinâmico da partícula (μm)</i>	<i>% Massa de particulado respirável (R)</i>
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

Fonte: ACGIH® (2007).

NOTA: Este anexo é normativo.

Anexo G – Modelo de formulário para registro de dados

Dados de coleta																
Empresa		Responsável pela coleta				Data da coleta										
Setor		Material particulado				Nº da bomba de amostragem		Código do filtro								
Atividade/Equipamento/Local avaliados		Nome do trabalhador				Horário de trabalho										
Tipo de coleta		Tipo do dispositivo de coleta		Fração coletada		Tempo de coleta										
Individual					Respirável	Horário	1º	2º	3º	4º	Tempo total (min)					
												Liga				
												Desliga				
Estática					Inalável	Subtotal(min)										
												Total				
Descrição da atividade/equipamento						Observações gerais quanto às medidas de controle, sistema de exaustão, substâncias presentes, entre outras										
Bomba de amostragem																
Calibração inicial						Calibração final										
Tempo inicial (s)		Tempo inicial médio (s)	Vazão inicial (L/min)			Tempo final (s)	Tempo final médio (s)	Vazão final (L/min)								
Variação média:						Variação da vazão:										

NOTA: Este anexo é informativo.

Anexo H – Modelos de caixas para transporte de porta-filtros contendo amostras de material particulado



Figura H.1 Caixa de papelão contendo espuma com cortes circulares no tamanho do porta-filtro de coleta

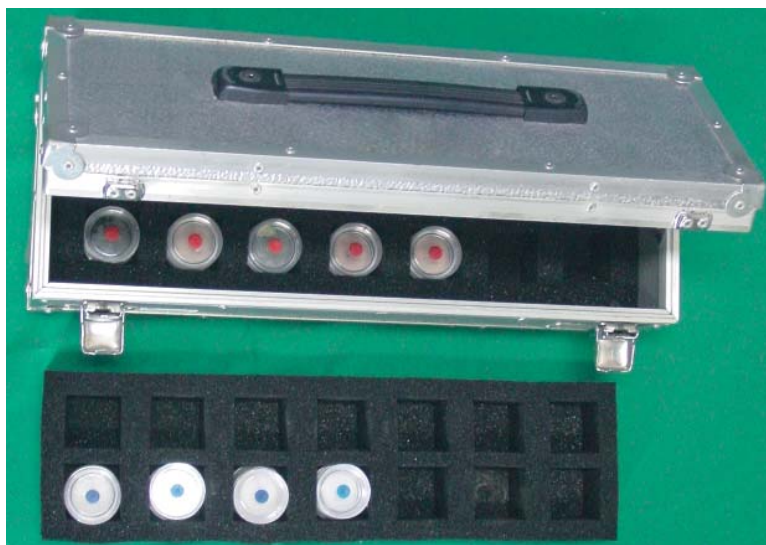


Figura H.2 Caixa de alumínio contendo mais uma camada de espuma

NOTA: Este anexo é informativo.

Sobre o livro

Composto em Times 11 (textos)
em papel offset 90g/m² (miolo)
e cartão supremo 250g/m² (capa)
no formato 16x23 cm

Impressão: Gráfica da Fundacentro

1ª edição: 2009

Tiragem: 5.000

MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710
São Paulo - SP
05409-002
tel.: 3066-6000

www.fundacentro.gov.br

ISBN 978-85-98117-39-3



9 788598 117393