

**MANUAL PRÁTICO
DE AVALIAÇÃO E
CONTROLE DE POEIRA
E OUTROS PARTICULADOS**

— PPRA —

1ª edição — 2000
2ª edição — 2002
3ª edição — 2007
4ª edição — 2010
5ª edição — 2012
6ª edição — 2013
7ª edição — 2014
8ª edição — 2016

TUFFI MESSIAS SALIBA

*Engenheiro Mecânico. Engenheiro de Segurança do Trabalho.
Advogado. Mestre em meio ambiente. Ex-pesquisador da FUNDACENTRO-MG.
Professor dos cursos de pós-graduação de Engenharia de Segurança e Medicina
do Trabalho. Diretor Técnico da ASTEC — Assessoria e Consultoria
em Segurança e Higiene do Trabalho Ltda.*

MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE POEIRA

E OUTROS PARTICULADOS

— PPRA —

8ª edição





EDITORIA LTDA.

© Todos os direitos reservados

Rua Jaguaribe, 571
CEP 01224-003
São Paulo, SP — Brasil
Fone (11) 2167-1101
www.ltr.com.br
Janeiro, 2016

Versão impressa — LTr 5407.5 — ISBN 978-85-361-8671-9
Versão digital — LTr 8856.1 — ISBN 978-85-361-8697-9

Produção Gráfica e Editoração Eletrônica: RLUX
Projeto de capa: FÁBIO GIGLIO
Impressão: ORGRAFIC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Saliba, Tuffi Messias

Manual prático de avaliação e controle de
poeira e outros particulados : PPRA / Tuffi
Messias Saliba. — 8. ed. — São Paulo : LTr, 2016.

Bibliografia.

1. Medicina do trabalho 2. Partículas 3. Poeira —
Medição 4. Programa de Prevenção de Riscos
Ambientais 5. Segurança do trabalho I. Título.

15-10685

CDD-363.11

Índices para catálogo sistemático:

1. Particulados : Ambiente de trabalho : Riscos :
Bem-estar social 363.11
2. Poeira : Ambiente de trabalho : Riscos :
Bem-estar social 363.11

AGRADECIMENTOS

Aos profissionais, relacionados a seguir, que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste manual:

Márcia Angelim Chaves Corrêa — Engenheira de Segurança do Trabalho

Lênio Sérgio Amaral — Engenheiro de Segurança do Trabalho

Marcos Roberto de Paula — Técnico de Segurança do Trabalho

Sofia Conceição Reis Saliba — Auditora Fiscal do Trabalho

Maria Beatriz de Freitas Lanza — Engenheira de Segurança do Trabalho

SUMÁRIO

PARTE I

DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

1. Considerações gerais.....	11
2. Definições.....	12
2.1. Classificação quanto à formação	12
2.2. Classificação quanto ao tamanho da partícula.....	13
2.3. Classificação quanto ao efeito no organismo.....	14
3. Tipos de particulados, efeitos e ocorrência no ambiente de trabalho	14
3.1. Sílica.....	14
3.2. Asbestos	15
3.3. Algodão.....	16
3.4. Caulim	16
3.5. Madeira.....	17
3.6. Grãos (trigo, cevada).....	17
3.7. Partículas (insolúveis ou de baixa solubilidade) não especificadas de outra maneira — PNOS.....	18
3.8. Partículas metálicas	19
3.9. Negro de fumo.....	19

PARTE II

PARÂMETROS UTILIZADOS NAS AVALIAÇÕES DE PARTICULADOS

1. Tamanho das partículas	20
2. Contagem de partículas	21
3. Análise gravimétrica	22
4. Estratégia de amostragem	22

5. Grupo homogêneo de exposição	22
6. Tipos de amostragem	24
7. Unidades de medida.....	25

PARTE III

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

1. Bomba gravimétrica de poeira.....	26
2. Meio de coleta (filtros, porta-filtros e suportes)	27
3. Sistema separador de tamanho de partículas (ciclone)	29
4. Calibradores tipo bolha de sabão.....	34
5. Calibrador eletrônico	36
6. Elutriador vertical para poeira de algodão.....	37

PARTE IV

AVALIAÇÃO OCUPACIONAL DOS PARTICULADOS

1. Limites de tolerância da NR-15. Portaria n. 3.214/78 do MTE.....	39
2. Limites de tolerância recomendados pela ACGIH.....	42
3. Procedimento de avaliação	45
3.1. Poeira contendo sílica livre cristalizada.....	45
3.2. Asbestos.....	56
3.3. Fumos e poeiras metálicas.....	57
3.4. Fumo total.....	62
3.5. Poeira de algodão	63
3.6. Negro de fumo.....	66
3.7. Partículas (insolúveis ou de baixa solubilidade) não especificadas de outra maneira — PNOS	67
3.8. Caulim	68
3.9. Cereais	69
3.10. Poeira de madeira	69
4. Avaliação de poeira para fins de PPRA.....	69

5. Avaliação de poeira para fins do PGR (Programa de Gerenciamento de Risco) e tratamento estatístico dos dados	73
6. Avaliação de poeira para fins de insalubridade e aposentadoria especial	74
6.1. Insalubridade	74
6.2. Aposentadoria especial	76

PARTE V

ATMOSFERAS EXPLOSIVAS POR POEIRA

1. Risco de explosão	77
2. Áreas classificadas	82
3. Medidas de proteção contra explosão.....	83

PARTE VI

MEDIDAS DE CONTROLE

1. Medidas relativas ao ambiente.....	89
2. Medidas relativas ao homem.....	96

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
---	-----

APÊNDICES

Apêndice I — Exemplo de avaliação estatística de particulados	105
Apêndice II — Laudo técnico de avaliação de exposição à poeira	113
Apêndice III — Quadro/Resumo dos métodos	115
Apêndice IV — Normas Regulamentadoras (NR-9 e NR-15), Portaria n. 3.214, referentes à poeira	116

PARTE I

DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

1. Considerações Gerais

Desde que os primeiros animais começaram a habitar a superfície terrestre, sua respiração se fez por meio dos pulmões, e tinham de respirar um ar no qual existiam partículas em suspensão. Daí o sistema respiratório ter sido moldado de modo que fosse possível eliminar inofensivamente essa quantidade de partículas presentes no meio ambiente. O problema aparece quando essas partículas são inspiradas a uma velocidade tal que nosso sistema respiratório é incapaz de eliminá-las. Isso ocorre quando a concentração de partículas no ambiente é grande e o tempo de exposição é bem superior àquele de que o nosso organismo dispõe para ser capaz de eliminá-las. Essa alta concentração de poeira nociva e a longa exposição podem ser observadas principalmente quando o homem realiza seu trabalho nas indústrias, vez que as partículas mais prejudiciais aparecem quando geradas por um processo artificial.⁽¹⁾

Para evitar a exposição nociva à saúde, é necessário um estudo sistemático dos locais de trabalho, com avaliação quantitativa dos particulados e comparação com os limites de tolerância normalizados, além da adoção de medidas de controle, normas de procedimentos seguros e vigilância médica.

Desde a Antiguidade, encontramos estudos sobre a nocividade da poeira, os quais remontam a Hipócrates (IV a.C.). Posteriormente, Plínio citou a utilização de bexigas (balão) pelos refinadores de chumbo, que as usavam sobre a face para evitar a inalação de poeira. Ao longo da história, vários pesquisadores (Galeno, Platão, Marcial, dentre outros) tratam de alguma maneira o problema da nocividade da poeira. Em

(1) RODRIGUEZ, José M.; AMILLO, Javier Gomes-Hortiguela. *Curso de evaluación y control de ambiente pulvigenos*. IX Congreso Nacional de Medicina Higiene y Seguridad del Trabajo, Palma de Mallorca y 10 de Octubre de 1980.

1672, Van Diemberbroeck estudou vários cortadores de pedra mortos e comprovou na autópsia, ao dissecá-los, que seus pulmões pareciam feitos de areia. Em 1700, B. Ramazzini estudou os sintomas clínicos e lesões ocasionadas pela inalação de pó. Nos dias atuais, os estudos da exposição e controle dos particulados evoluíram bastante e, neste trabalho, procuramos informar e explicar os aspectos mais importantes da matéria.

2. Definições

De forma ampla, o material particulado contaminado é todo aquele aerossol que se encontra em suspensão no ar e que pode ser nocivo à saúde. De acordo com sua formação, os particulados podem ser classificados como sólidos ou líquidos. Como particulados líquidos, temos as névoas e neblinas, e como particulados sólidos, as poeiras (fibras) e os fumos.

2.1. Classificação quanto à formação

A. Poeira

São partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de um sólido, seja pelo simples manuseio (limpeza de bancadas), seja em consequência de uma operação mecânica (trituração, moagem, peneiramento, polimento, dentre outras).

Exemplos: Poeira de sílica, asbesto e carvão.

B. Fumos

São partículas sólidas resultantes da condensação de vapores ou reação química, geralmente após a volatilização de metais fundidos.

Exemplo: Fumos de ferro gerados em uma operação de solda elétrica.

C. Névoas e neblinas

Névoas e neblinas são partículas líquidas produzidas por ruptura mecânica de líquido ou por condensação de vapores de substâncias que são líquidas à temperatura ambiente.

Exemplo: Névoa de tinta — resultante de pintura a pistola.

D. Fibras

São partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de sólidos que se diferenciam das poeiras porque têm forma alongada, com um comprimento de 3 a 5 vezes superior a seu diâmetro.

Exemplos: {
Animal — lã, seda, pelo de cabra e camelo
Vegetal — algodão, linho, cânhamo
Mineral — asbesto, vidro e cerâmica

Deve-se salientar que essa classificação é apenas para facilitar a compreensão, pois, do ponto de vista da Higiene, não é muito significativa a maneira como as partículas são originadas para fins de avaliação e controle.

2.2. Classificação quanto ao tamanho da partícula

Quanto ao tamanho das partículas, temos a seguinte classificação:

TIPO DE PARTICULADO	TAMANHO APROXIMADO (μm)
Sedimentável	$10 < \varnothing < 150$
Inalável	$\varnothing < 100$
Respirável	$\varnothing < 10$
Visível	$\varnothing > 40$

Nessa tabela, observa-se que as partículas mais perigosas, inaláveis e respiráveis, não podem ser avaliadas usando-se somente nossos sentidos, pois não são visíveis, sendo necessário recorrer a aparelhos de medição.

O tempo de permanência das partículas no ar depende de:

- tamanho;
- peso específico;
- velocidade de movimentação do ar.

Do ponto de vista da Higiene do Trabalho, o tamanho das partículas é fundamental para avaliação quantitativa e controle.

2.3. Classificação quanto ao efeito no organismo

A classificação quanto ao tipo de dano que a poeira pode produzir no organismo é a seguinte:

— *Pneumoconiótica*: aquela que pode provocar algum tipo de pneumoconiose. Ex.: silicose, asbestose, antracose, bissinose.

— *Tóxica*: pode causar enfermidade tanto por inalação quanto por ingestão. Ex.: metais como chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, manganês, cromo etc.

— *Alérgica*: aquela que pode causar algum tipo de processo alérgico. Ex.: poeira de resina epóxi e algumas poeiras de madeira.

— *Inerte*: produz enfermidades leves e reversíveis, causando geralmente bronquite, resfriados etc.

3. Tipos de Particulados, Efeitos e Ocorrência no Ambiente de Trabalho

3.1. Sílica

A sílica é encontrada na natureza em abundância, pois constitui a maior parte da crosta terrestre. Sua fórmula química é constituída por um átomo de silício e dois de oxigênio (SiO_2).

Esses átomos, por sua vez, unem-se a outros formando diversas estruturas cristalizadas, resultando em diferentes classes de sílicas cristalizadas. Desse modo, a sílica cristalizada pode apresentar-se em forma de quartzo, cristobalita, tridmita, amorfa. A nocividade das partículas de SiO_2 é maior de acordo com a sua forma. Assim, a sílica amorfa e a fundida são menos nocivas que as cristalizadas.

De maneira geral, vários são os fatores que influenciam na maior ou menor intensidade fibrogênica de determinado tipo de particulado, dentre os quais se destacam:

- concentração de poeira inalada;
- teor de sílica;
- forma cristalizada das partículas;
- tamanho das partículas;
- duração da exposição.

O dano direto provocado pelo particulado é proporcional à concentração de particulado inalado e duração de exposição.

A sílica nas formas cristalinas, ou seja, não combinada com nenhum elemento químico, é a substância causadora da doença silicose (KULSCAR NETO, 1992) e, evidentemente, quanto maior o percentual de sílica, maior será a nocividade da poeira.

Outro fator importante na ocorrência da silicose é o tamanho das partículas. As partículas maiores são selecionadas pelo sistema respiratório, enquanto as menores podem chegar aos alvéolos pulmonares.

Ocorrência

A exposição ocupacional à poeira contendo sílica ocorre em diversos ambientes de trabalho e ramos de atividade, tais como: mineração de ouro, ferro, extração de calcário, dentre outros. Nessas indústrias, tanto na extração como no beneficiamento, há presença de particulados que podem conter sílica. Outros ramos de atividade em que há a presença de poeira sílica: construção civil, fundição, indústria de refratários, siderúrgicas.

3.2. Asbestos

Recentemente, houve um aumento dos estudos sobre as fibras de asbesto.

De acordo com as mais recentes teorias sobre os mecanismos de dano dessas fibras, foi indicado que a causa é o formato da partícula, dependendo do qual podem ser encontradas propriedades cancerígenas. As fibras se classificam em naturais ou artificiais.

Os perigos para a saúde relacionados com os asbestos encontram-se, na maioria das vezes, circunscritos ao aspecto da atividade profissional. A inalação das fibras de asbesto por pessoas submetidas à exposição prolongada e a concentrações relativamente elevadas pode provocar insuficiência respiratória, causando até mesmo um câncer bronquial ou um mesotela.

Ocorrência

A exposição às fibras de asbestos ocorre principalmente nas indústrias de fabricação de telhas, chapas, caixas-d'água e de amianto;

na fabricação de guarnições de freio e embreagem, lonas de freios; na confecção de roupas protetoras para bombeiros e pilotos de carro de corrida. Nas indústrias de papel e papelão, o amianto é usado como isolante térmico.

3.3. Algodão

A exposição à poeira de algodão produz uma enfermidade denominada bissinose. Os sintomas dessa doença são: dor no peito, tosse, dificuldade respiratória, dispneia. Além disso, a exposição a esse agente pode produzir também diminuição da força respiratória, bronquite, febre, além de sintomas respiratórios frequentes. A bissinose também é produzida por outros tipos de fibra, como o linho ou o cânhamo.

A causa principal dessa doença está associada à quantidade de poeira inalada e ao tempo de exposição. Há, também, outras causas que influem, como a poluição atmosférica, o hábito do tabaco e as afecções respiratórias.

A bissinose é uma enfermidade difícil de detectar, pois não apresenta alterações radiográficas ou patológicas específicas.

Ocorrência

A exposição ocupacional à poeira de algodão ocorre mais frequentemente na fabricação de tecidos. Nos setores de abertura, cardas e fiação a exposição é maior do que na tecelagem, revisão e expedição. Em outros ramos de atividade também pode ocorrer exposição, como, por exemplo, na indústria de confecção.

3.4. Caulim

Segundo a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), a inalação de quantidade excessiva de poeira de caulim pode causar dano à pele e às mucosas, além de pneumoconiose. O limite de tolerância para exposição ocupacional à poeira respirável de caulim é de 2,0 mg/m³ (ACGIH, 2014). O NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) não modificou o limite de tolerância para poeira de caulim. Já a OSHA (Occupational Safety

and Health Administration) pretende desenvolver no futuro um estudo mais aprofundado da toxicologia do caulim. Atualmente, esse órgão estabelece os limites de tolerância de 10 mg/m³ para poeira total e 5,0 mg/m³ para poeira respirável. Esses limites estão baseados nos danos causados à pele e às mucosas. Deve-se salientar ainda que os limites de exposição estabelecidos para o caulim são válidos para poeira em suspensão que não contenha sílica livre cristalizada e/ou asbestos.

Ocorrência

A ocorrência de poeira de caulim acontece principalmente na mineração de caulim, tanto na extração quanto no beneficiamento.

3.5. Madeira

A poeira de madeira é definida como qualquer tipo de particulado em suspensão proveniente do manuseio da madeira. A madeira dura é derivada de espécies de árvores de folhas grossas, como, por exemplo, o carvalho e a faia. A exposição à poeira de madeira pode produzir diversos efeitos na saúde do ser humano, tais como dermatite, irritação, alergias respiratórias e câncer, segundo estudos baseados em evidências epidemiológicas (ACGIH, 2014).

Ocorrência

A exposição à poeira de madeira é mais acentuada na fabricação de móveis. As operações com serra circular, desengrosso, plaina, tupia e lixadeira são as fontes mais significantes. Nas indústrias de reflorestamento e fabricação de celulose, e na construção civil, também pode ocorrer exposição a esse agente.

3.6. Grãos (trigo, cevada)

Os efeitos da inalação da poeira de grãos são conhecidos por vários séculos. Ramazzini, em 1713, descreveu os riscos respiratórios associados à exposição de cereais. Diversos estudos epidemiológicos feitos nas últimas décadas demonstraram que a exposição à poeira de grãos pode causar: “febre do grão”, chiado, dor no peito, tosse, bronquite, irritação nasal e nos olhos, além de sintomas de doenças

respiratórias crônicas. Com relação aos limites de tolerância, estes são fixados pelos organismos internacionais, desde que a poeira em suspensão não contenha sílica livre cristalizada e/ou asbestos (ver limites da ACGIH, Parte IV).

Ocorrência

A exposição à poeira de grãos ocorre na agricultura, portos e em outros locais onde há armazenamento desse produto.

3.7. Partículas (insolúveis ou de baixa solubilidade) não especificadas de outra maneira — PNOS

Segundo a ACGIH, as partículas insolúveis ou fracamente solúveis, mesmo que biologicamente inertes, podem causar efeitos adversos à saúde; sendo assim, recomenda que as concentrações ambientais devem ser mantidas abaixo de 3,0 mg/m³ para partículas respiráveis e 10 mg/m³ para partículas inaláveis, até que seja estabelecido um limite de exposição para substância específica. A ACGIH recomenda também que, para enquadramento desse tipo de particulado, deve-se observar que:

- não tenha o particulado um limite de tolerância específico;
- seja insolúvel ou fracamente solúvel em água (preferencialmente nos fluidos aquosos do pulmão, se houver dados disponíveis);
- tenha baixa toxicidade, ou seja, não seja citotóxico, genotóxico ou quimicamente reativo de outra forma com o tecido pulmonar e não emita radiação ionizante, cause imunossensibilização ou outros efeitos tóxicos que não a inflamação ou o mecanismo de sobrecarga pulmonar. Acrescente-se, ainda, que é importante verificar o teor de quartzo na amostra e a presença de asbestos para o enquadramento do particulado como PNOS. É recomendado que o percentual de quartzo seja inferior a 1,0%.

Ocorrência

A presença desse tipo de particulado pode ocorrer em diversos ramos de atividade, tais como: fábrica de cimento, cal, indústria de papel, dentre outros.