

RENABRAVA II
Recomendação Normativa ABRAVA
Qualidade do Ar Interior
em Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação
para Conforto

1. ESCOPO

Este documento estabelece as diretrizes para a obtenção de uma qualidade aceitável do ar interior em sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto.

Os outros fatores, controlados pelo sistema de condicionamento de ar, de igual ou maior importância na qualidade percebida do ambiente interno, ou sejam as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar, e nível de ruído, não são tratados nestas diretrizes, devendo ser objeto de outras Recomendações.

Estas diretrizes não tratam tampouco dos muitos outros fatores, não diretamente relacionados à qualidade do ar, mas que podem afetar a percepção subjetiva desta qualidade, tais como: iluminação inadequada, ausência de janelas externas, lotação excessiva, condições psicológicas de estresse do pessoal, etc.

As presentes diretrizes não abrangem sistemas especiais, como salas limpas industriais, indústria farmacêutica, hospitais, e similares, onde o controle da contaminação ambiental requer cuidados específicos.

2. NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 2.1 Portaria Nº 3253 de 28/08/1998 do Ministério da Resolução CONAMA Nº 3 de 28/06/90
- 2.2 NBR 13.971 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção programada
- 2.3 RENABRAVA I - Recomendação Normativa ABRAVA para Execução de Serviços de Limpeza e Higienização de Sistemas de Distribuição de Ar.
- 2.4 Norma ANSI / ASHRAE 52.1 (Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter).
- 2.5 Norma ANSI/ASHRAE 62-1999 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. (em manutenção permanente) e projetos de addenda publicados em 1999.
- 2.6 Norma ANSI/ASHRAE 129-1997- Measuring Air-Change Effectiveness.

3. INTRODUÇÃO

3.1 Qualidade aceitável

A qualidade do ar interior de um recinto é considerada aceitável quando não contem poluentes em concentrações consideradas prejudiciais à saúde, e é percebido como satisfatório por grande maioria (80% ou mais) dos ocupantes do recinto.

3.2 Poluentes no ambiente interior

Os poluentes presentes no ambiente interior são trazidos pelo ar exterior de ventilação e originados no recinto ou no próprio sistema de condicionamento de ar.

3.2.1 Poluentes provenientes do ar exterior

São poeiras e fuligem em suspensão, fumaças, pólen de plantas, esporos de fungos e bactérias, vapores e gases, que são introduzidos no sistema com o ar de ventilação.

3.2.2 Poluentes originados no recinto

São essencialmente:

- Decorrentes da presença das pessoas: dióxido de carbono da respiração, bioefluentes, escamas da pele e fios de cabelo, odores e perfumes, poeira e poluentes diversos trazidos com a roupa, microorganismos liberados por espirros e/ou a respiração
- Poeira, fibras naturais ou sintéticas, mofo, fungos, pó de traças, fezes de ácaros, depositados e acumulados em móveis, carpetes, cortinas, papeis velhos, e posteriormente dispersos no ambiente.
- Compostos orgânicos voláteis como formaldeídos, benzeno, tricloroetileno, tetracloroeto de carbono, desprendidos de resinas, pinturas, vernizes, produtos de limpeza, desinfetantes, toners de copiadoras, irritantes e alergênicos.
- Ozônio produzido por copiadoras e impressoras a laser, irritante e tóxico em altas concentrações.

3.2.3 Poluentes originados no sistema de condicionamento de ar

Fibras de lã de vidro desprendidas de isolamento acústico e poluentes, provenientes do ar exterior ou trazidos do recinto pelo ar recirculado, e não retidos nos filtros, podem se acumular:

- Nas bandejas de água de condensação, onde formam limo e lodo com a água mal drenada, e se constituem num caldo de cultura ideal para a proliferação de fungos e bactérias.
- Nas paredes do condicionador e nos dutos, onde o amálgama de poeira, fuligem e matéria orgânica se constitui também, no ambiente escuro e úmido, num meio propício à proliferação de fungos e bactérias.

Estes poluentes formam aerossóis, que podem ser arrastados pelo ventilador e espalhados no recinto.

4. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

A Tabela 1A (baseada na Resolução CONAMA Nº 3 de 28/06/90) estabelece a qualidade mínima aceitável do ar exterior usado para renovação.

(A Resolução CONAMA estabelece também as concentrações que, ultrapassando os níveis "Aceitáveis", definem os níveis de "Atenção", "Alerta" e "Críticos" (não relacionados na Tabela 1A), que devem orientar as autoridades responsáveis na adoção de medidas cabíveis para promover a redução dos poluentes atmosféricos em excesso.)

Os limites da Tabela 1A são também válidos para o ar interior.

A Tabela 1B indica os limites recomendados para alguns contaminantes importantes do ar interior

Tabela 1A

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR EXTERIOR

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fonte
Dióxido de Enxofre (SO_2)	24 horas (1)	365	Resolução CONAMA Nº 3 de 28/06/90
	MAA (3)	80	
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas (1)	240	
	MGA (2)	80	
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150	
	MAA (3)	50	
Fumaça	24 horas (1)	150	
	MAA (3)	60	

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fonte
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora (1)	40000 (35 ppm)	
	8 horas	10000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora (1)	160	
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora (1)	320	
	MAA (3)	100	

Notas

Padrão Primário: São concentrações de poluentes, que ultrapassados, poderão afetar a saúde da população

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano
(2) Média Geométrica Anual
(3) Média Aritmética Anual

Tabela 1B
PADRÕES ADICIONAIS DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Poluente	Padrão primário	Fonte
Dióxido de Carbono (CO ₂)	desejável ≤ 1000 ppm máx. 2000 ppm	ASHRAE / SMACNA
Componentes Orgânicos Voláteis	max 300 a 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ASHRAE
Formaldeído	max. 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm)	WHO / ASHRAE
Padrão microbiológico	até 750 UFC/ m ³ (a) (bactérias e fungos viáveis)	HBI – Healthy Buildings Internacional

(a) aceitável desde que não inclua espécies infecciosas ou alergênicas. Verificando-se a ocorrência de tais espécies, mesmo com contagens totais menores, devem ser tomadas medidas corretivas.

5. ELIMINAÇÃO OU REDUÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO

Algumas providências, que independem do sistema de tratamento de ar, podem ser adotadas para eliminar ou reduzir fontes potenciais de poluição no ambiente interior.

O arquiteto ou o construtor, e o usuário do ambiente, devem ser orientados pelo projetista e/ou o instalador do sistema de condicionamento de ar para que tais providências sejam adotadas na medida do possível.

É recomendável evitar:

- lajes de teto, acima dos forros falsos, deixadas no osso, sem revestimento de massa lisa, com detritos e resíduos de obra;
- a utilização, por cima do forro falso, para fins de isolamento térmico ou acústico, de material fibroso desprotegido favorecendo a acumulação de poeira e a proliferação de microorganismos;
- a utilização de forros falsos que permitam a penetração no ambiente dos poluentes acumulados no entre forro;
- a utilização de móveis, divisórias, carpetes ou pinturas contendo adesivos, resinas ou vernizes sintéticos que liberem emissões de compostos orgânicos voláteis;
- a utilização de carpetes que permitam a acumulação de poeira, ácaros e microorganismos entre o piso e o carpete;
- a utilização de vasos com plantas vivas e terra úmida;
- a ocupação imediata de locais recentemente pintados ou reformados, ou logo após a aplicação de produtos de limpeza, desinfetantes ou desodorantes.

Recomenda-se ainda:

- localizar as máquinas copiadoras e impressoras, sempre que possível, em recintos isolados,

- permitir fumar apenas em salas fechadas, reservadas especialmente para esta finalidade a fim de possibilitar o controle dos poluentes na fonte, antes de sua disseminação no restante dos locais.

6. PROCESSOS DE CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO

O sistema de condicionamento de ar controla a qualidade do ar interior reduzindo a níveis aceitáveis a concentração dos poluentes presentes, basicamente por dois processos complementares:

- **renovação** constante do ar ambiente,
- **filtração** de todo o ar em circulação.

6.1 RENOVAÇÃO DO AR

A renovação com ar exterior permite reduzir, por diluição, a concentração de poluentes gasosos e vapores gerados internamente, que não podem ser retidos em filtros de partículas ou retirados na fonte, tais como o dióxido de carbono, odores e componentes orgânicos voláteis.

Reduz também a concentração dos outros poluentes eventualmente não retidos nos filtros, tais como poeiras muito finas, microorganismos, e fumaça de cigarro, que são retirados do ambiente com a exaustão do ar deslocado pelo ar de renovação.

As presentes recomendações estipulam as vazões mínimas de ar exterior de qualidade aceitável a serem supridas aos diversos tipos de recintos a fim de se obter uma qualidade do ar interior percebida como satisfatória por uma grande maioria dos ocupantes (80% ou mais).

As vazões de ar exterior recomendadas independem do tamanho ou do tipo de instalação, sendo válidas, inclusive, para sistemas mini-split ou aparelhos de janela.

6.1.1 Qualidade do ar de renovação

O ar exterior para renovação é considerado de qualidade aceitável quando as concentrações de poluentes não ultrapassam os níveis estipulado na Tabela 1A acima, e é filtrado com o nível mínimo de filtração estipulado no item 6.2.1 (nível C).

Observação

Mesmo nos centros urbanos considerados poluídos, a qualidade do ar está, na maior parte do tempo, no padrão “bom” ou “aceitável”.

Os poluentes críticos que devem merecer atenção quando sua concentração “aceitável” é muito ultrapassada com frequência são os poluentes gasosos (óxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e óxido de nitrogênio) todos tóxicos ou irritantes, e os vapores e odores, que não são retidos nos filtros de partículas. Nestes casos deve se avaliar a necessidade de se prever sua redução por meios apropriados (filtros por adsorção ou processos químicos).

O mesmo se dá quando a única fonte disponível de ar exterior está sempre contaminada por determinados poluentes, como em terminais aeroportuários ou rodoviários, e em certas indústrias químicas e petroquímicas, onde dispositivos específicos para retirar estes poluentes do ar de renovação são necessários.

6.1.2 Metodologia

A metodologia adotada para determinação da vazão de ar exterior necessária é a dos projetos de addenda (1999) à norma ASHRAE 62-1999, metodologia esta similar à das recomendações CR-1752 (1998) do CEN - Comité Europeu de Normalização.

Consiste em desdobrar a vazão de ar exterior em dois componentes somados:

- a vazão por pessoa, necessária para diluir e exaurir o dióxido de carbono, os efluentes biológicos e outros poluentes produzidos pelas pessoas e suas atividades no recinto;
- a vazão por m² de área ocupada necessária para diluir e exaurir os poluentes e irritantes produzidos pelos materiais que compõem o recinto, inclusive móveis e carpetes, bem como os originados no próprio sistema de tratamento de ar.

O método direto, de se determinar a vazão de renovação a partir do cálculo da vazão requerida para reduzir a concentração de cada poluente presente (de uso geral na indústria por considerações de higiene do trabalho) é impraticável nas aplicações de conforto, pela dificuldade de se identificar a natureza e de determinar a concentração provável dos inúmeros poluentes que possam existir.

Nos casos especiais, no entanto, onde se conhece a ocorrência e a concentração esperada de determinados elementos prejudiciais, deve se verificar se os valores estipulados nestas Recomendações são suficientes para reduzir sua concentração a níveis aceitáveis, aumentando estes valores se necessário.

6.1.3 Parâmetros adotados

A Tabela 2 lista os valores propostos para os componentes da vazão de ar exterior, devidos às pessoas (Rp), e ao recinto (Rr), bem como para a densidade de ocupação (p) típica para diversos tipos de recintos.

Foi adotado o critério de indicar as vazões em unidades do sistema SI (L/s).

Para recintos não listados, pode se adotar os valores de recintos listados, de características similares.

6.1.3.1 Para a maior parte dos recintos foram adotados os valores de Rp e Rr propostos no projeto de revisão da norma ASHRAE 62-1999 (Addendum n), que estipula:

- para Rp, uma vazão base de 2,5 L/s por pessoa, considerada suficiente para diluir os odores e poluentes gerados pelos ocupantes, até um nível considerado satisfatório por 80% ou mais das pessoas adaptadas (que estão no recinto há mais de 15 minutos), em atividade sedentária e em equilíbrio térmico com o ambiente.

Este valor base é corrigido, para cada recinto, em função do maior nível metabólico ou do maior nível de poluição produzido pelas pessoas, de acordo com a atividade tipicamente desenvolvida no recinto.

- para Rr, valores baseados em estudos de campo desenvolvidos na Europa e nos EU, bem como em avaliações de engenharia, do nível de poluição que pode ser esperado nos diversos tipos de recintos.

6.1.3.2 Para alguns recintos considerados críticos, no entanto, (escritórios, salões de convenções, salas de aulas, teatros e auditórios) as vazões de ar exterior resultantes dos parâmetros citados foram considerados excessivamente baixas, sendo adotado nestas Recomendações o critério de dobrar os valores de Rp propostos pela ASHRAE.

6.1.3.3 Os valores de Rr foram estabelecidos considerando edifícios pouco poluentes, em boas condições de manutenção e limpeza, inclusive do próprio sistema de tratamento de ar.

São considerados pouco poluentes recintos em edifícios de construção tradicional e não muito recentes, onde predominam materiais como tijolos, concreto e madeira, com poucos materiais sintéticos.

Recintos ocupados imediatamente após a construção, ou após nova pintura ou aplicação de novo acabamento de superfícies ou instalação de novos móveis, podem ser importante fonte de emissão de componentes orgânicos voláteis, emissão esta que se reduz apenas lentamente ao longo do tempo. Nestes casos pode ser necessário aumentar muito, inicialmente, as vazões de ar exterior estipuladas na Tabela, até que se reduzam as emissões a níveis toleráveis.

6.1.3.4. Os valores de p indicam a taxa típica de ocupação esperada para os diversos tipos de recintos. É responsabilidade do projetista averiguar a taxa de ocupação efetivamente existente ou prevista. Não havendo informação disponível a respeito, deverão ser usadas as taxas típicas indicadas, com o conhecimento e a anuência formal do proprietário ou arquiteto.

Tabela 2
PARÂMETROS MÍNIMOS PARA CÁLCULO DA VAZÃO DE AR EXTERIOR

LOCAIS	Taxa de ocupação	Componentes do AE		Notas
	p m ² /pes	R _p L/s*pes	R _r L/s*m ²	
COMERCIO VAREJISTA				
Lojas (exceto abaixo)				
- pouco público	5,0	3,5	0,6	
- muito público	3,0	3,5	0,6	
Barbearia	4,0	3,0	0,8	(1)
Salão de beleza	4,0	5,0	1,3	(1)
Loja animais de estimação	---	---	4,5	(1) (2)
Loja de móveis, carpetes	---	---	2,5	
Mall de centro comercial	5,0	4,0	0,3	
Supermercado	12,0	3,5	0,3	
EDIFÍCIOS COMERCIAIS				
Banco - área público	5,0	3,5	0,3	
Banco - caixa forte	20,0	2,5	0,3	
Escritórios				
- alta taxa de ocupação	6,0	5,0	0,5	
- baixa taxa de ocupação	12,0	5,0	0,5	
-sala de reunião	2,0	4,5	0,5	
-sala digitação, telecomunic.	2,0	6,0	0,5	
-sala impressoras, xerox	---	---	2,5	(1) (2)
EDIFÍCIOS PÚBLICOS				
Aeroporto - saguão	5,0	3,5	0,3	(3)
Aeroporto - sala de espera	1,0	4,0	0,3	(3)
Biblioteca	10,0	3,0	0,7	
Museu (área do público)	5,0	3,5	0,3	(3)
Igrejas, templos	0,7	3,0	0,3	
DIVERSÕES, ESPORTE				
Boliche (área do público)	2,5	5,0	0,5	
Casino	1,0	3,5	0,8	(4)
Discoteca, danceteria	1,0	7,5	0,3	(4)
Ginásio (área do público)	0,7	3,5	0,3	
Jogos eletrônicos	5,0	5,0	0,8	
Piscina coberta	---	---	2,3	(2) (5)
ESCOLAS				
Sala de aulas	2,0	5,0	0,8	
Laboratório de ciências	4,0	3,5	2,8	
HOTÉIS				

Quarto de Hospedes	---	---	15	(6)
Banheiro privativo	---	---	15	(6) (7)
Recepção, salões públicos	6,0	3,5	0,3	
Salão de convenções	2,0	4,5	0,5	
RESIDÊNCIAS	---	---	0,3	(8)
	Taxa de ocupação	Componentes do AE		
LOCAIS	p	Rp	Rr	Notas
	m ² /pes	L/s*pes	L/s*m ²	
RESTAURANTES, BARES				
Bar, salão de coquetel	1,0	3,5	0,8	(4)
Cafeteria, lanchonete	1,0	3,5	0,8	
Refeitório industrial	1,2	3,5	0,8	
Restaurante	2,0	3,5	0,8	
TEATROS, AUDITÓRIOS				
Platéia	0,7	4,5	0,5	
Espera	0,7	3,5	0,3	
Palco, ensaios	1,4	5,0	0,3	
LOCAIS COMUNS				
Corredores	---	---	0,3	
Sanitário coletivo	---	---	25	(2) (9)
Vestiário coletivo	---	---	1,5	(2)
Cozinha industrial	---	---	3,5	(2) (10)
Garagem coletiva	---	---	7,5	(2)

Obs. 1 L/s = 3,6 m³/h

Fumantes

Os valores da Tabela não consideram a presença de fumantes nos recintos. Caso seja permitido fumar, acrescentar a Rp os seguintes valores:

para 10% de fumantes – 5 L/s*p

para 20% de fumantes – 9 L/s*p

para 30% de fumantes – 12,5 L/s*p As vazões indicadas são baseadas numa média de 1,2 cigarro por hora por pessoa; são referidas ao número total de pessoas ocupando o local.

Para locais exclusivamente reservados a fumantes deve se prever um mínimo de 30 L/s*p , com exaustão total do ar insuflado; o ar de reposição poderá ser proveniente dos ambientes vizinhos.

Notas

- (1) Não recircular para outros recintos.
- (2) Exaustão mecânica requerida; o ar de reposição pode ser proveniente de recintos vizinhos.
- (3) Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover odores e gases ou vapores nocivos.
- (4) Exaustão mecânica auxiliar para remoção da fumaça recomendada se for permitido fumar.
- (5) Vazão maior pode ser requerida para controle da umidade.
- (6) L/s por quarto -independe do tamanho do quarto
- (7) Exaustão intermitente permitida.
- (8) Porém mínimo de 7,5 L/s*p
- (9) L/spor bacia sanitária
- (10) Vazão maior pode ser requerida para suprir as coifas de exaustão

6.1.4 Determinação das vazões de ar exterior

a) Vazão de ar exterior a ser suprida a cada recinto

$$V_o = (V_p + V_r) / E_v$$

$$= (R_p P + R_r A) / E_v , \text{ onde:}$$

V_o (L/s) – vazão de ar exterior a ser suprida ao recinto
 V_p – parcela relativa às pessoas
 V_r – parcela relativa ao recinto
 A (m²) - a área bruta condicionada
 $P = A / p$ - população de projeto no recinto
 E_v - Eficácia da ventilação – v. Tabela 3, item 6.1.6 a seguir

b) Vazão de ar exterior total do sistema

$$V_{ot} = V_{on} / E_r$$
$$V_{on} = F_s \sum (V_p / E_v) + \sum (V_r / E_v) \quad \text{onde:}$$

V_{ot} (L/s) – vazão total de ar exterior a ser admitida no sistema (corrigida)
 V_{on} (L/s) – vazão total de ar exterior a ser admitida no sistema (não corrigida)
 E_r - Eficácia da repartição de ar exterior pelo sistema de distribuição de ar – v. item 6.1.7 a seguir
 F_s - Fator de simultaneidade da população no sistema
(População total máxima presente durante qualquer uma hora de operação do sistema / soma das populações de projeto de todos os recintos servidos pelo sistema)

6.1.5 Vazão mínima de insuflação

A vazão de insuflação é geralmente determinada pelas necessidades térmicas do recinto; deve-se no entanto garantir a cada recinto uma vazão mínima, de acordo com os seguintes critérios.

A diluição com ar exterior reduz o risco de transmissão de infeções e alergias por agentes patogênicos gerados no ambiente interior. Esta transmissão se dá geralmente por núcleos de gotículas na faixa de 1 a 5 μm , que são facilmente retidas em filtros de partículas.

Admite-se que uma renovação do ar ambiente com um mínimo de 7,5 L/s por pessoa com ar exterior, proporcione uma diluição suficiente destes contaminantes e um controle adequado de sua transmissão.

Nestas condições, a vazão de insuflação V_{st} (L/s) deve ser, no mínimo:

$$\text{se } V_{ot} \geq 7,5 P \rightarrow V_{st} \text{ mín} = V_{ot}$$

se $V_{ot} < 7,5 P$ V_{st} mín depende da eficiência de filtragem do ar insuflado:

- com filtragem nível A cf. Item 6.2.1 (85% color.), o ar recirculado é considerado equiparado ao ar exterior em termos de poder de diluição dos contaminantes considerados:

$$\rightarrow V_{st} \text{ mín.} = 7,5 P$$

- com filtragem nível C cf. Item 6.2.1 (25 - 30% color.), considera-se que a parcela de ar recirculado tenha apenas 60% do poder de diluição da vazão equivalente de ar exterior:

$$\rightarrow V_{st} \text{ mín.} = V_{ot} + (7,5 P - V_{ot}) / 0,6$$

6.1.6 Eficácia da ventilação

A renovação de ar prevista somente é efetiva se todo o ar insuflado atinge e percorre toda a zona ocupada antes de ser retirado do recinto. Caso contrário, a parcela de ar exterior contida no ar insuflado que segue diretamente para as bocas de retorno ou exaustão é desperdiçada, não promovendo a renovação esperada.

Este efeito é frequente em escritórios panorâmicos, onde divisórias a meia altura podem se constituir em obstáculos à livre circulação do ar na zona ocupada, provocando curto circuito de parte do ar insuflado para o retorno, ou quando a localização incorreta das bocas de retorno força o curto circuito do ar.

A eficácia da ventilação é teoricamente definida pela fórmula (ref. DIN 1946 Part 2, jan. 1994):

$$E_v = (C_e - C_i) / (C_r - C_i), \text{ onde:}$$

E_v = Eficácia da ventilação

C_e = Concentração dos poluentes no ar de exaustão

C_i = Concentração dos poluentes no ar insuflado

C_r = Concentração média dos poluentes na zona ocupada do recinto

A Norma ANSI/ASHRAE 129-1997- Measuring Air-Change Effectiveness - estipula métodos de medição da eficácia da ventilação

Na ausência de dados específicos, podem ser adotados os da Tabela 3.

Tabela 3
VALORES INDICATIVOS DA EFICÁCIA DA VENTILAÇÃO

Aplicação	E_v
Insuflação de ar frio a nível do forro	1,0
Insuflação, a nível do forro, de ar a temperatura não mais que 8°C acima da temperatura da zona ocupada	1,0
Insuflação, a nível do forro, de ar a temperatura de mais de 8°C acima da temperatura da zona ocupada	0,8
Insuflação a nível do piso com alta taxa de indução	1,0
Insuflação de ar frio a nível do piso com fluxo de baixa indução, quase laminar, e retorno pelo forro	1,2
Insuflação de ar quente a nível do piso e retorno pelo forro	0,7

Fonte: Adaptada da ASHRAE 62-1999 Addendum n

Obs. Os valores de E_v para insuflação a nível do forro pressupõem que as grelhas de retorno estejam corretamente localizadas, de forma a evitar qualquer possibilidade de curto circuito.

6.1.7 Repartição do ar de renovação

Quando um mesmo sistema central supre ar a diversos recintos fechados, a parte do ar total suprido a cada recinto é determinada pelas necessidades térmicas dos recintos, o que resulta, em cada recinto, numa relação (ar exterior / ar insuflado) que não corresponde necessariamente à requerida para lhe assegurar sua cota de ar de renovação; neste caso, a quantidade de ar exterior a ser suprida pelo sistema não é a soma das quantidades de ar exterior requeridas em cada recinto; a norma ANSI/ASHRAE 62-1989 indica a seguinte fórmula para corrigir a vazão de ar exterior total necessária:

$$Y = X / (1 + X - Z) \text{ sendo:}$$

$$E_r = X / Y = 1 / (1 + X - Z) , \text{ onde:}$$

E_r - Eficácia da repartição do ar exterior pelo sistema de distribuição de ar
 $Y = V_{ot} / V_{st}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) corrigida do sistema
 $X = V_{on} / V_{st}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) não corrigida do sistema
 $Z = V_{oc} / V_{sc}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) no recinto crítico (é o recinto que requer a maior fração de ar exterior no ar insuflado)
 V_{ot} = Vazão total corrigida de ar exterior
 V_{st} = Soma das vazões de insuflação de todos os recintos
 V_{on} = Soma das vazões de ar exterior requeridas por todos os recintos
 V_{oc} = Vazão de ar exterior requerida no recinto crítico
 V_{sc} = Vazão de insuflação no recinto mais crítico

Teremos assim: $V_{ot} = V_{on} / E_r$

A formula, embora aproximada, resulta em correção suficientemente exata em termos práticos para valores de Z da ordem de até 0,30; para valores superiores, a fórmula resulta em correção tanto mais insuficiente quanto maior for Z. Um método mais exato para o cálculo da correção necessária é proposto pelo Eng. Raul Bolliger Junior em seu trabalho “Vazões Efetivas de Renovação de Ar” (março 1999), disponível no Centro de Documentação da ABRAVA.

Valores elevados de Z em relação a X resultam em aumentos muito altos da vazão de ar exterior do sistema e deveriam ser evitados, sempre que possível, no interesse da conservação de energia.

Num escritório, por exemplo, o recinto crítico pode ser uma sala interna de reunião que apresente um valor Z muito superior à média X do sistema, o que levaria, aplicando a formula, a um forte aumento da vazão total de ar exterior apenas para atender a esta sala. Neste caso uma solução aceitável seria suprir uma parte do ar exterior requerido na sala crítica por ar proveniente dos ambientes vizinhos, induzido por exaustor descarregando o ar usado no retorno geral do sistema, de forma a reduzir o valor Z da sala a um valor próximo da média do sistema sem prejudicar a renovação do ar na sala.

De modo geral, uma solução para o problema da repartição correta do ar exterior sem aumentar a vazão total de ar exterior além do mínimo necessário a cada recinto, é de instalar um sistema separado para suprir o ar exterior diretamente a cada recinto, o que garante a cota correta de ar de renovação independentemente da vazão insuflada para atendimento às necessidades térmicas. O ar exterior pode ser tratado parcialmente até as condições internas de projeto, e insuflado ao recinto, diretamente ou a través do mesmo terminal do sistema principal.

Tal sistema, embora de custo elevado, poderia se justificar economicamente pela redução do consumo de energia proporcionada pela menor vazão de ar exterior do sistema.

6.1.8 Sistemas de volume variável

Nos sistemas de volume variável a vazão de insuflação é reduzida em função da carga térmica, mas a necessidade de ar exterior permanece geralmente constante. Sendo mantida a mesma relação (ar exterior / ar insuflado), a vazão de ar exterior seria reduzida na mesma medida que o ar insuflado.

Deve portanto se prever dispositivos para manter constante a vazão de ar exterior admitida no sistema, independentemente da redução da vazão de insuflação.

O aumento da relação (ar exterior / ar insuflado) em alguns recintos, devido à redução da vazão de insuflação, agrava ainda mais o problema da repartição correta do ar exterior, sendo especialmente recomendável adotar a solução acima indicada, de suprimento independente do ar exterior, solução esta que tem ainda a vantagem de manter constante a vazão de ar exterior sem exigir controles complexos.

6.1.9 Ocupação variável

Em locais com densidade de ocupação muito variável, é admissível, no interesse da economia de energia, reduzir a vazão de ar exterior em situações de ocupação reduzida.

Esta redução, no entanto, só é permissível se a vazão de ar exterior for dimensionada em função da ocupação máxima de cada recinto, sem considerar fator de simultaneidade na taxa de ocupação.

A redução deve ser automática, controlada por exemplo por sensores de dióxido de carbono, e limitada à parcela do ar exterior correspondente às pessoas.

6.1.10 Distribuição correta do ar

Modificações na disposição interna das salas devem sempre ser acompanhadas de revisão da distribuição do ar, a fim de assegurar que as novas salas criadas recebam as cotas corretas de ar de renovação de acordo com sua nova finalidade.

6.1.11 Exaustão do ar usado

Para ser possível a admissão de ar exterior no sistema, é necessário prover saídas suficientes para a vazão correspondente de ar usado.

Em edificações hermeticamente fechadas requerendo altas vazões de ar exterior, e não providas de ventilador de retorno / exaustão, as saídas naturais do ar usado são geralmente insuficientes, impedindo a admissão do ar novo necessário. Nestes casos a saída do ar deve ser assegurada por sistema de exaustão retirando o ar, preferivelmente, dos pontos do recinto com maior concentração de poluentes.

6.1.12 Confinamento e exaustão

Não se deve recircular para outros recintos o ar de recintos com forte geração interna de poluentes, tais como salas reservadas a fumantes, salas de reprografia, câmaras escuras de laboratórios fotográficos e similares. Estes recintos devem ser providos de sistema de exaustão forçada; caso a vazão de insuflação determinada pelas necessidades térmicas do recinto seja menor que a vazão de exaustão requerida, esta poderá ser complementada por ar proveniente de recintos vizinhos.

6.1.13 Contaminação cruzada

Deve ser evitada a migração no recinto condicionado de poluentes provenientes de ambientes adjacentes, tais como garagens, cozinhas, e sanitários, que deverão ser mantidos em pressão negativa em relação ao recinto.

6.2 FILTRAGEM

Os aerossóis trazidos pelo ar exterior e os gerados internamente e transportados pelo ar recirculado devem ser filtrados continuamente afim de:

- reduzir sua acumulação nos equipamentos e dutos do sistema;
- reduzir sua concentração no recinto a níveis aceitáveis.

6.2.1 Níveis de filtragem

Estão sendo considerados nestas Recomendações quatro níveis de eficiência de filtragem, como

definidos a seguir, com suas características e campo de aplicação.

Os métodos de ensaio adotados para aferição da eficiência de filtragem são (v. Anexo 1):

- Eficiência gravimétrica (grav) : de acordo com a norma ANSI / ASHRAE 52.1 – “Arrestance”
- Eficiência colorimétrica (color) : de acordo com a norma ANSI / ASHRAE 52.1 – “Atmospheric Dust Spot”.

Nível A:

90% (grav) instalado na entrada do condicionador, mais

80-85% (color) na saída do condicionador, após o estágio de umidificação se houver.

Retêm 100% de todas as partículas de tamanho superior a 2 ou 3 μ m, e têm eficiência da ordem de 60% em relação a partículas de 0,5 μ m.

Proporciona muito boa proteção do condicionador e elimina na prática quaisquer depósitos de poeira nos dutos; apresenta eficiência muito alta na retenção de fungos e bactérias, fumaça de cigarro e partículas inaláveis profundas e causadoras do efeito mancha escura.

É recomendado para aplicações com alta exigência de qualidade, particularmente em sistemas com longos trechos de dutos inacessíveis para limpeza.

Seu alto custo de instalação e o maior diferencial de pressão exigido são compensados pela longa durabilidade do filtro fino, que pode chegar a milhares de horas desde que devidamente protegido pelo filtro inicial regularmente substituído, e pela redução drástica dos custos de manutenção, além dos benefícios proporcionados pela alta qualidade do ar em termos de elevação da produtividade e de redução do absenteísmo.

Nota-se que este nível de filtragem é o mínimo exigido pela norma alemã DIN 1946-parte 2 (1994) para todas as instalações de conforto.

Nível B

45-50% (color), com pré filtro acoplado de 65% (grav), instalado na entrada do condicionador.

Têm eficiência alta, da ordem de mais de 80% em relação a partículas de tamanho superior a 3 μ m, porém eficiência muito baixa, da ordem de 10%, em relação às partículas de 0,5 μ m.

Proporciona muito boa proteção do condicionador, e reduz substancialmente a acumulação de poeira nos dutos; apresenta boa eficiência na retenção de fungos e bactérias, porém eficiência apenas razoável em relação às partículas causadoras do efeito mancha escura, e muito baixa em relação à fumaça de cigarro e partículas inaláveis profundas mais finas.

É recomendado para aplicação em sistemas comerciais de bom nível, particularmente em sistemas com longos trechos de dutos inacessíveis para limpeza, e quando não há disponibilidade de espaço para a instalação do filtros de alta eficiência requeridos no nível A, pois os filtros podem ser instalados diretamente acoplados à entrada do condicionador. Têm baixo custo de instalação e substituição, com longos intervalos entre as substituições, devido à proteção dos pré filtros.

Nível C

25- 30% (color) [>92% (grav)] instalado na entrada do condicionador.

Apresenta ainda boa eficiência, da ordem de 60%, em relação a partículas de 3 μ m, porém eficiência muito baixa em relação a partículas muito finas e sub-micrônicas.

Proporciona muito boa proteção do condicionador, e reduz a acumulação de poeira nos dutos, não evitando porém depósitos apreciáveis ao longo dos anos. Apresenta boa eficiência na retenção de fungos e da maioria das bactérias, porém eficiência muito baixa em relação às partículas causadoras do efeito mancha escura, e praticamente nenhuma em relação à fumaça de cigarro e às partículas inaláveis profundas mais finas.

É o nível mínimo aceitável para sistemas centrais de condicionamento de ar, devido à existência de serpentinas molhadas, inclusive para os que utilizam aparelhos tipo self-contained, aos quais podem ser facilmente adaptados, e para os de ventilação de locais com permanência de pessoas.

Nível D 80% (grav)

Aceitável apenas em sistemas de ventilação sem trocadores de calor, de baixa responsabilidade, tais como ventilação de vestiários, ou de galpões industriais, onde o objetivo da filtragem é apenas impedir a deposição excessiva de poeira nos locais.

6.2.2 Pré filtragem do ar exterior

Deve ser instalado um pré filtro adicional para o ar exterior, com eficiência gravimétrica mínima de 80% quando:

- o ar exterior é admitido na sala que serve de plenum de mistura para o condicionador - a fim de evitar a acumulação excessiva de poluentes na sala;
- o ar exterior é suprido por dutos a diversos condicionadores a partir de um ventilador central - a fim de evitar a acumulação excessiva de poluentes nestes dutos.

Neste caso o pré filtro deverá ser instalado junto à veneziana de captação de ar.

Quando o ar exterior é captado diretamente na caixa de mistura do condicionador, ou é conduzido a esta por curto trecho de duto, dentro da sala do condicionador, não há necessidade de pré filtro para o ar exterior.

6.2.3 Pressão diferencial

O ventilador deve ser dimensionado considerando a pressão diferencial do filtro final saturado mais a do pré filtro limpo, pois o pré filtro deverá ser substituído diversas vezes antes de ser necessário substituir o filtro final.

É recomendável selecionar um ventilador com inclinação acentuada da curva característica na região de operação, a fim de que as variações de pressão nos filtros resultem em menor variação na vazão de ar.

6.2.4 Dimensionamento dos filtros

Não é recomendável operar os filtros com vazão superior a 10 ou 15% de sua vazão nominal, principalmente em se tratando de filtros finos, que requerem pressão diferencial apreciável. Operando estes filtros com vazão menor prolonga sua vida útil mais que proporcionalmente ao aumento da área filtrante, sendo o custo maior mais que compensado pelos maiores intervalos entre as substituições.

7. REQUISITOS TÉCNICOS DOS SISTEMAS E COMPONENTES

7.1 Controle da umidade

Umidade ambiente superior a 60 ou 70% favorece a proliferação de microorganismos patogênicos ou alergênicos no recinto, principalmente em materiais ricos em nutrientes orgânicos, como poeira, fibra de madeira, papéis, e outros. Umidade inferior a 30% favorece a irritação e aumenta a sensibilidade das mucosas a alergias e a infecções. É portanto recomendável manter a umidade ambiente entre os limites de 30 e 60%, limites estes condizentes com as condições de conforto.

7.2 Tomadas de ar exterior

7.2.1 As tomadas de ar exterior devem ser localizadas de forma a evitar a contaminação do ar admitido no sistema devida a descargas de exaustão, ventilação de esgotos, chaminés, efluentes de torres de resfriamento, espelhos de água parada, proximidade a áreas de tráfego intenso de veículos e docas de caminhões, e quaisquer outras fontes potenciais de poluição.

Devem ser localizadas considerando sempre a direção dos ventos dominantes; efluentes de torres de resfriamento, em particular, podem ser levados a grande distância pelo vento, e devem merecer especial atenção.

7.2.2 Quando localizadas em paredes, devem ser situadas a não menos de 2,2m. do solo, onde normalmente é maior a concentração de microorganismos e poeira.

Tomadas de ar no topo do edifício devem ser situadas a no mínimo 0,9 m da superfície do telhado, e ser projetadas considerando a configuração do edifício e o perfil dos fluxos de ar na vizinhança do telhado para evitar o arraste de poluentes do telhado em direção à tomada de ar.

7.2.3 As tomadas de ar exterior devem ser adequadamente protegidas contra entrada de água de chuva, que pode formar poças de água estagnada propícias à proliferação de microorganismos, bem como contra a possibilidade de introdução no sistema de detritos e fezes de pássaros.

7.2.4 Devem ser providas de meios para medição positiva da vazão de ar, permitindo a verificação ou o ajuste da vazão por ocasião do comissionamento ou a qualquer época.

7.3 Dutos e plenos

7.3.1 Devem ser construídos de forma a minimizar a acumulação de poeira e poluentes.

Os dutos devem ser fabricados em local limpo e serem cuidadosamente limpos internamente durante a montagem e protegidos contra entrada de sujeira ao fim de cada dia de trabalho.

7.3.2 Plenos e cavidades de alvenaria ou concreto e em forros falsos, usados para condução do ar, devem ser isentos de resíduos de obra e ter superfícies lisas em contato com o ar.

7.3.3 Devem obrigatoriamente ser instaladas portas de inspeção permitindo o acesso para limpeza de dampers corta fogo e outros componentes inseridos nos dutos.

Sempre que viáveis, devem também ser instaladas portas de inspeção permitindo a limpeza interna dos dutos, distantes de no máximo 20m entre elas, ou da boca de ar mais próxima.

Quando os dutos correm acima de forro falso, deve-se prever no forro meios de acesso às portas de inspeção.

7.3.4 Os atenuadores de ruído pré fabricados devem ter o material acústico fibroso protegido contra a erosão. Quando utilizados revestimentos internos com mantas ou placas de lã de vidro, estas devem ser protegidos contra a erosão e a acumulação de poluentes no material por película plástica resistente e limpável. Revestimentos internos com bidim ou feltro não são admissíveis.

7.3.5 Dutos flexíveis devem ser utilizados apenas para conexão dos terminais aos dutos, ou em passagens críticas, em comprimento não superior a 2 ou 3m. Devem ser facilmente desmontáveis para limpeza ou substituição.

7.4 Condicionadores e unidades de tratamento de ar

7.4.1 Salas de máquinas

Devem ser suficientemente amplas para permitir total acesso para inspeção e manutenção dos equipamentos. Devem ser mantidas limpas, inclusive os revestimentos acústicos, se houver. Não deve ser permitido seu uso como depósito ou local de despejo.

7.4.2 Gabinetes

Devem ser estanques, com portas providas de juntas de borracha ou similar, que permitam amplo acesso interno para inspeção, limpeza e troca de filtros. É recomendável instalar visores nas portas e luz interna a fim de possibilitar a detecção de problemas sem parar a máquina.

Os revestimentos internos para isolamento térmico devem ser protegidos contra a erosão e a acumulação de poluentes por película resistente e limpável, ou preferivelmente por revestimento metálico (painéis de dupla parede tipo “sandwich”).

7.4.3 Bandeja de condensados

A bandeja para recolhimento de condensados deve receber particular atenção, por ser uma das principais fontes potenciais de contaminação microbiológica.

Deve ser de material a prova de corrosão, aço inoxidável ou plástico, resistindo à formação de porosidades onde se acumula sujeira difícil de limpar.

Bandejas planas não são admissíveis; devem ter caimento, preferivelmente em duas direções, e drenagem positiva, de forma a assegurar a evacuação completa da água, estando o sistema em operação ou parado.

Devem ter extensão suficiente para recolher toda a água condensada, evitando a formação de poças de água em qualquer ponto do gabinete.

A conexão do dreno deve ser localizada de forma a evitar a retenção da água na bandeja devida à pressão do fluxo de ar.

O dreno deve ser sifonado, com altura suficiente (condizente com a pressão negativa máxima que pode ser desenvolvida pelo ventilador) para impedir qualquer refluxo de água no aparelho, quebra do “fecho hídrico” e aspiração conseqüente de ar poluído no sistema.

O dreno jamais deve ser conectado à rede de esgotos, sob pena de levar, além de ar poluído, também mau cheiro a todos os ambientes tratados, uma vez que o fecho hídrico pode ser quebrado por vários motivos, inclusive por deficiência da “ventilação” da tubulação de esgoto e evaporação da água que garante o fecho hídrico.

7.4.4 Serpentinhas de resfriamento

Devem ser escolhidas com espaçamento de aletas tal que facilite a limpeza; serpentinas com mais de 400 aletas por metro devem ser evitadas; sendo necessárias mais de 6 filas de profundidade, recomenda-se instalar duas serpentinas em série, com espaço entre elas suficiente para permitir sua limpeza.

O arraste, no fluxo de ar, de água condensada na serpentina não é admissível; velocidades frontais do ar de mais de 2,7 ou 3 m/s podem provocar arraste de água, principalmente se a distribuição do ar na frente da serpentina resultar em regiões localizadas de maior velocidade. A água arrastada pode se acumular e criar condições favoráveis à proliferação de microorganismos nos trechos do sistema a jusante, principalmente se revestidos com material fibroso.

7.5 Filtros de ar

7.5.1 Os filtros devem ser estanques em suas molduras, firmemente prensados contra juntas de borracha ou similar por molas de fixação. Instalação tipo gaveta deslizante deve ser evitada, exceto para filtros de muito baixa eficiência.

7.5.2 A umidade relativa do ar nos filtros situados a jusante das serpentinas de resfriamento e umidificadores deve ser mantida abaixo de 95%, e os filtros protegidos contra gotículas, a fim de impedir que, molhados, se tornem um meio propício à proliferação de microorganismos.

7.5.3 Deve se ter fluxo de ar uniforme e perpendicular à face dos filtros, evitando turbulências.

7.5.4 A necessidade de regeneração ou substituição dos filtros é determinada pela pressão diferencial atingida; não pode ser verificada apenas visualmente. Nos filtros finos de maior eficiência e de custo mais alto, deve-se instalar um manômetro tipo U ou outro para indicar permanentemente a pressão diferencial, ou um pressostato diferencial regulado para sinalizar a pressão máxima permissível, conjugado com alarme e memória.

7.5.5 Filtros permanentes metálicos viscosos perdem totalmente sua eficiência quando operados a seco. Depois de lavados com água quente e detergente ou vapor, devem ser novamente impregnados de adesivo apropriado, que deve ser inerte, não poluente, não desprender vapores ou odores, e ser aprovado pelas autoridades sanitárias.

7.6 Umidificadores

7.6.1 Devem ser de fácil acesso para inspeção e manutenção.

7.6.1 Não devem liberar gotículas de água no fluxo de ar, que deve ter umidade relativa não superior a 90% na saída do umidificador em qualquer condição operacional.

7.6.2 A água usada para umidificação deve ser de qualidade potável. No caso de umidificadores a vapor, o vapor não poderá conter substâncias nocivas.

7.6.3 Umidificadores do tipo de bandeja aquecida instalada no fluxo de ar dentro do condicionadores não são aceitáveis por ser potencialmente caldo de cultura de bactérias.

8. MANUTENÇÃO

8.1 Nenhum sistema de tratamento de ar poderá manter a qualidade de ar projetada se não for objeto de manutenção correta e regular, essencial para eliminar os poluentes gerados no próprio sistema.

8.2 A manutenção deve ser executada obedecendo ao estipulado nos documentos mencionados no item 2 acima, ou sejam:

- Portaria Nº 3253 de 28/08/1998 do Ministério da Saúde
- NBR 13.971 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção programada
- RENABRAVA I - Recomendação Normativa ABRAVA para Execução de Serviços de Limpeza e Higienização de Sistemas de Distribuição de Ar.

8.3 A periodicidade da manutenção, especialmente no que diz respeito à limpeza e higienização, não pode ser determinada a priori. Varia em função do grau de poluição encontrado, e da eficiência dos filtros; deve ser determinada experimentalmente.

8.4 Uma vez executada uma limpeza e higienização de dutos contaminados de acordo com a citada RENABRAVA I, é fortemente aconselhável que se adote medidas para melhorar a qualidade da manutenção do sistema, e de aprimorar, onde possível, as condições do sistema de acordo com as presentes Recomendações e, em particular, instalando filtros de ar de maior eficiência.

Anexo 1

AVALIAÇÃO E ENSAIO DE FILTROS DE AR

Utilizados em sistemas de condicionamento de ar e ventilação

1. Parâmetros de desempenho

O desempenho dos filtros é definido pelos seguintes parâmetros:

- Eficiência de filtragem.
- Diferencial de pressão do ar com o filtro limpo, para a vazão de ar nominal e em função da variação da vazão do ar.
- Diferencial de pressão máximo aconselhável para substituição ou regeneração do filtro.
- Capacidade de acumulação de pó do filtro saturado.

2. Ensaios

As normas americanas ANSI / ASHRAE 52.1 e Mil.Std. 282 são as reconhecidas e aceitas em nosso mercado para avaliação do desempenho dos filtros.

A ANSI / ASHRAE 52.1 avalia os filtros utilizados em sistemas de conforto e industriais em geral.

A Mil.Std. 282 avalia os filtros utilizados em aplicações especiais que requerem controle rigoroso da quantidade e do tamanho das micro partículas presentes no ar (filtros "HEPA").

Os procedimentos dos ensaios estipulado nestas normas são resumidamente descritos a seguir:

2.1 Norma ANSI / ASHRAE 52.1

(Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter).

2.1.1 A norma estipula dois tipos de ensaios:

- Um ensaio gravimétrico ("**Arrestance**"), que mede a eficiência de filtragem em termos da porcentagem do peso das partículas retidas no filtro em relação ao peso entrando no filtro. Para este ensaio a norma estipula a utilização de pó sintético padrão, com composição rigorosamente normalizada.
- Um ensaio colorimétrico ou de mancha ("**Atmospheric Dust-Spot**"), que mede a eficiência de filtragem comparando, por meios óticos, a mancha escura produzida em amostras de papel filtrante idênticas, colocadas no fluxo do ar antes e depois do filtro. O filtro é ensaiado com ar atmosférico.

2.1.2 Procedimento dos ensaios

- O filtro passa inicialmente pelo ensaio colorimétrico; se o ensaio indicar eficiência colorimétrica inicial (com o filtro limpo) de no mínimo 20%, o filtro é classificado como fino, e o ensaio prossegue, sendo repetido várias vezes com cargas crescentes de poluentes injetados para simular a saturação progressiva do filtro, até atingir o carregamento máximo representando o filtro saturado.

A eficiência colorimétrica declarada do filtro é uma média ponderada (não a média aritmética) das eficiências medidas com os diversos graus de saturação.

O filtro pode passar também pelo ensaio gravimétrico, embora este indique sempre eficiências próximas a 100% nos filtros de mais alta eficiência colorimétrica.

- Quando a eficiência colorimétrica inicial é inferior a 20%, o filtro é classificado como grosso, e passa apenas pelo ensaio gravimétrico, podendo sua eficiência colorimétrica ser indicada como “inferior a 20%”.

- A norma estipula também os procedimentos para determinar a curva do diferencial de pressão do ar com o filtro limpo em função da vazão de ar, e com o filtro saturado, bem como a capacidade máxima de armazenamento de pó no filtro saturado. Junto com estes dados, deve ser estipulada a vazão nominal de cada tipo e modelo.

2.1.3 Observações

- nenhum destes ensaios se relaciona diretamente com tamanho e / ou a contagem das partículas, porém:

o ensaio gravimétrico avalia, na prática, a eficiência de filtragem em relação à fração “grossa” das partículas, (pois a fração “fina” representa uma parte irrelevante em termos de peso), e portanto a capacidade do filtro de reduzir a acumulação de sujeira grossa a jusante do filtro;

o ensaio colorimétrico avalia a eficiência de filtragem em relação à fração “fina” das partículas e portanto o efeito de descoloração ou mancha, característico desta fração das partículas; permite ainda avaliar (embora não quantitativamente) a capacidade de retenção no filtro das partículas ultra finas, da ordem de 1 µm e menos, que é significativa nos filtros na faixa mais alta de eficiência colorimétrica.

- A eficiência de filtragem dos filtros de meio filtrante fibroso aumenta progressivamente com o grau de saturação dos filtros. Pela norma ASHRAE a eficiência declarada para estes filtros é a eficiência *média*, sempre superior à eficiência inicial, sendo que o filtro opera com eficiência sensivelmente inferior à declarada até atingir o grau de saturação correspondente à eficiência declarada.

- O ensaio colorimétrico é realizado com ar atmosférico; não é portanto rigorosamente reproduzível, pois a composição do ar atmosférico varia no tempo e de lugar para lugar. Representa ainda assim com razoável exatidão o desempenho do filtro.

- O ensaio gravimétrico, sendo realizado com pó de composição normalizada é, em princípio, reproduzível, desde que se utilize um pó rigorosamente igual ao definido na norma, o que nem sempre é possível.

2.2 Norma Mil.Std. 282

Os filtros de alta eficiência tipo HEPA não podem ser avaliados pelo método colorimétrico, que indicaria sempre valores muito perto de 100%.

O ensaio consiste na injeção no ar de um aerossol gerado a partir de um composto químico, o dioctil-oftalato (DOP), constituído por partículas de tamanho uniforme, de 0,3 µm, e na contagem ótica do número de partículas injetadas e que atravessam o filtro.

A eficiência é a porcentagem da quantidade de partículas retidas no filtro em relação à da que atravessa o filtro, sendo às vezes expressa em termos de Penetração ou seja (1- a Eficiência)

Para estes filtros a eficiência se mantém praticamente constante ao longo da vida útil do filtro.

Devem ainda ser determinados a curva do diferencial de pressão do ar com o filtro limpo em função da vazão de ar e com o filtro saturado, e a vazão nominal de cada tipo e modelo.

2.3 Outras normas

2.3.1 A eficiência de um filtro só tem significado no contexto da norma utilizada para determiná-la. Filtros ensaiados segundo normas diferentes, embora possam ter a eficiência expressa pelo mesmo número, podem apresentar desempenhos muito diferentes.

2.3.2 Certas normas internacionais, e em particular a ANSI / ASHRAE 52.2 - Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size - definem a eficiência de filtragem por determinado tamanho, ou faixas de tamanho de partículas.

São úteis quando o tamanho das partículas é o parâmetro crítico na aplicação considerada, como por exemplo em certos processos industriais onde só interessa a filtragem de partículas maiores que determinado tamanho, ou ainda na avaliação da qualidade do ar especificamente em relação às partículas respiráveis abaixo de determinado tamanho.

2.3.3 Não há atualmente disponíveis em nosso mercado filtros sistematicamente ensaiados por este tipo de ensaio (além dos filtros HEPA). Dados eventualmente publicados de eficiência de filtragem por tamanho de partículas devem indicar o método de ensaio utilizado, e não classificam automaticamente o filtro em determinada faixa de eficiência de filtragem segundo método ASHRAE 52.1, a não ser que o filtro tenha sido ensaiado também por este método.

ERRATA

P.1 **ITEM 2** Acrescido como item 2.2 “Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90

Fica, portanto, alterada a numeração para a seguinte forma:

2.1 Portaria nº 3253 de 28/08/1998 do Ministério da Saúde

2.2 Resolução CONAMA Nº 3 de 28/06/90

2.3 NBR 13.971 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação: manutenção programada

2.4 RENABRAVA I – Recomendação Normativa ABRAVA para execução de serviços de Limpeza e Higienização de Sistemas de Distribuição de ar

2.5 Norma ANSI/ASHRAE 52.1 – Gravimetric and dust-spot procedure for testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter

2.6 Norma ANSI/ASHRAE 62-1999 – Ventilation for acceptable indoor air quality (em manutenção permanente) e projetos de addenda publicados em 1999

2.7 Norma ANSI/ASHRAE 129-1997 – Measuring air-change effectiveness