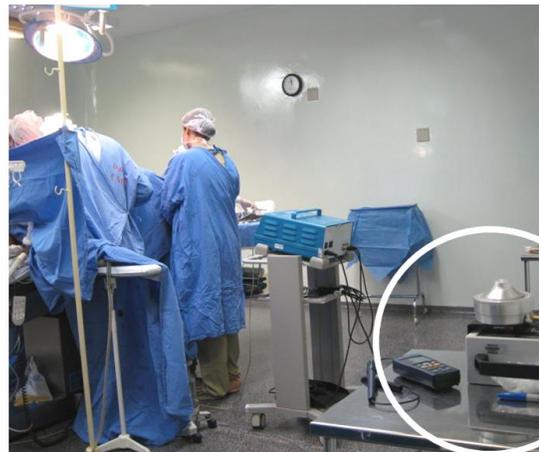


CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

CAPÍTULO IX

QUALIDADE DO AR INTERNO



Autores

Marina Eller Quadros

Henrique de Melo Lisboa

Agosto 2010

Sumário

9.1.	Introdução	3
9.2.	Antecedentes do Tema.....	3
9.3.	Contaminantes físico-químicos do ar interno e efeitos à saúde.....	5
9.3.1.	Material Particulado (MP).....	5
	Fibra de Amianto.....	6
9.3.2.	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	7
9.3.3.	Compostos Inorgânicos gasosos.....	9
9.3.4.	Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke).....	11
9.4.	Contaminantes microbiológicos do ar interno e efeitos à saúde.....	12
9.4.1.	Vírus	12
9.4.2.	Bactérias	13
9.4.3.	Fungos	17
9.4.4.	Alergênicos Biológicos e hipersensibilidade	18
9.5.	Odores.....	18
9.6.	Síndrome do edifício doente (SED).....	19
9.6.1.	Doença relacionada ao edifício	20
9.6.2.	Intolerância química múltipla.....	20
9.7.	Amostragem de ar interno	21
9.7.1.	Amostragem de material particulado (MP)	21
9.7.2.	Amostragem de compostos para análise físico-química	22
9.7.3.	Amostragem de microorganismos.....	22
9.8.	Condições de conforto térmico, circulação e renovação do ar	25
9.9.	Os sistemas de climatização	26
9.9.1.	Unidades de janela.....	27
9.9.2.	Sistema tipo fan-coil.....	28
9.10.	Legislação e normalização	28
9.11.	Referências bibliográficas.....	30

9.1. Introdução

O homem busca abrigo, proteção e segurança nos ambientes artificiais onde vive. As características atuais das sociedades desenvolvidas e em desenvolvimento fazem com que um elevado número de indivíduos passe a maior parte do seu dia em ambientes fechados. Com o desenvolvimento social e a urbanização, as formas de trabalho sedentárias tomam o lugar do trabalho ao ar livre nas cidades urbanizadas, podendo-se afirmar que passamos a maior parte do tempo em ambientes fechados.

A natureza evidente da poluição do ar externo, nos aspectos visuais e sensoriais, pode ser contrastada com a característica um tanto quanto invisível da poluição nos ambientes internos. Este pode ser um fator que influencia o julgamento das pessoas quanto à qualidade do ar nos ambientes internos e os seus efeitos à saúde. Numerosos estudos sugerem que a maioria das populações estudadas acredita que os riscos da inexistência de qualidade do ar em ambientes externos são substancialmente superiores aos riscos oferecidos pela má qualidade do ar em ambientes internos (LHEA, 1997 *apud* JONES, 1999, tradução nossa). Essa opinião não leva em consideração à fração do tempo que se passa em ambientes internos versus externos.

Sabe-se que há prejuízo para a saúde em ambientes com altas concentrações de fumaça de cigarro, por exemplo, e que o monóxido de carbono (CO), vindo da combustão incompleta em ambientes fechados, é um composto asfixiante. Além destes riscos, já se tem conhecimento que exposições prolongadas a concentrações mais sutis de alguns poluentes, como o radônio, microorganismos alergênicos e compostos orgânicos voláteis (COV) também acarretam prejuízos à saúde humana.

9.2. Antecedentes do Tema

A história das pesquisas sobre a qualidade do ar interno está ligada à evolução da pesquisa científica sobre a qualidade do ar externo. Devido à similaridade entre as duas áreas, percebe-se que o conhecimento adquirido em uma migra para a outra, bem como alguns de seus pesquisadores. Embora se saiba da importância da qualidade do ar e da sua relação com a saúde humana há séculos, foram alguns episódios mais marcantes, ocorridos no século XIX, que despertaram a atenção da população em geral para este tema.

Spengler, Samet e McCarthy (2004) afirmam que a era moderna dos estudos sobre poluição do ar se iniciou com o episódio do “London Fog”. Nesta época surgiram as primeiras pesquisas epidemiológicas e científicas traçando a ligação potencial entre a qualidade do ar externo e a saúde humana. Assim, surgiu a preocupação em se separar os ambientes internos das numerosas fontes de poluição no ar externo.

O conceito de qualidade do ar interno não é recente. Há publicações do início do século XIV que discutem o assunto e já sugerem que a solução para problemas de qualidade do ar interno é a ventilação adequada dos ambientes (HAINES e WILSON, 1998). Entretanto, até recentemente, os efeitos da poluição do ar interno à saúde humana têm recebido pouca atenção da comunidade científica. Diversos autores (STOLWIJK, 1992 *apud* JONES, 1999; ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004) afirmam que, antes da década de setenta, os problemas com a qualidade do ar em

residências e ambientes de trabalho não-industriais eram investigados ocasionalmente, mas o nível de interesse era baixo.

A partir da década de setenta observou-se um aumento do uso de sistemas de ar condicionado em edificações. Esta tendência influenciou no projeto de edifícios onde a comunicação com o ar externo é minimizada, o que pode acarretar em uma concentração dos poluentes gerados no ambiente interno. Então se observaram as primeiras reclamações de trabalhadores em ambientes internos, e estudos revelaram que as concentrações de poluentes nestes locais poderiam ser de 2 a 5 vezes superiores àquelas no ar externo (ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004). Em 1995, na cidade de Cleveland (EUA) houve um caso associando a inadequada qualidade do ar interno a casos de mortalidade infantil, causada especificamente pelo fungo *Stachybotrys chartarum* (SPENGLER, CHEN e DILWALI, 2004). Episódios críticos como esse, associados ao número crescente de reclamações relativas ao conforto humano dentro das edificações, vêm incentivando as pesquisas em qualidade do ar interno.

Em centros urbanos, mais de 80% do tempo é passado em ambientes internos. A qualidade de vida das pessoas é grandemente influenciada pela qualidade do ar que respiram. A qualidade do ar em ambientes internos está relacionada aos componentes e às características do ar que podem afetar a saúde e o conforto dos ocupantes de uma edificação. Embora haja inúmeros contaminantes do ar, estes podem ser facilmente distinguíveis quanto à sua natureza, sendo classificados como químicos, físicos ou biológicos ou, ainda, como sendo de origem biológica e não-biológica. Os principais poluentes do ar são apresentados a seguir (Quadro 1), onde também são indicadas suas principais fontes.

Quadro 1^A: Principais poluentes do ar interno e suas fontes

Poluente		Principais fontes
Poluentes de origem não biológica	Compostos orgânicos voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão, fumaça de tabaco.
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Atividade metabólica, combustão, motores veiculares e garagens.
	Monóxido de carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Óxido de Nitrogênio (NO)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Formaldeído (H ₂ CO)	Materiais de isolamento, móveis, madeira compensada.
	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
	Ozônio (O ₃)	Reações fotoquímicas, campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos).
	Radônio (Rn)	Solo, materiais de construção (pedras, concreto).
	Material Particulado	Re-suspensão, fumaça de tabaco, combustão.
	Fibra de asbesto ou amianto	Insulação, materiais anti-chama.
Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, cozinhas.	
Origem biológica	Alergênicos	Poeira, animais domésticos, insetos.
	Pólen	Plantas de exterior e de interior.
	Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar condicionado
	Esporos de Fungos	Solo, plantas, alimentos, superfícies internas.

Fonte: Adaptado de Jones *et al.*, 1999.

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas, também, podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como o fumo e a cocção de alimentos, o aquecimento de ar e água, e até mesmo os materiais de construção e mobília (STATHOLOUPOU *et al.*, 2008).

Os principais fatores que determinam a qualidade do ar em um dado ambiente interno são apresentados em duas categorias neste trabalho: contaminantes de origem não biológica e contaminantes de origem biológica. A descrição detalhada de cada categoria de poluente, suas principais fontes no contexto da qualidade do ar e a sua relação com a saúde humana são apresentadas a seguir.

Os odores constituem uma categoria particular de poluentes atmosféricos que determinam a qualidade do ar em um ambiente interno. Por esta razão serão abordados em item específico neste capítulo.

9.3. Contaminantes físico-químicos do ar interno e efeitos à saúde

Os principais contaminantes físico-químicos do ar interno e efeitos à saúde serão apresentados neste sub-item. Entre eles destacam-se o Material Particulado (MP), em particular a Fibra de Amianto. Entre os gases e vapores destacam os Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Compostos Inorgânicos gasosos, Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Dióxido de Enxofre (SO₂), Radônio (²²²Rn) e o Ozônio (O₃). Pela sua periculosidade e conexões culturais, a Fumaça de Cigarro encontra também seu lugar de destaque.

9.3.1. Material Particulado (MP)

Também conhecido pelo termo "aerodispersóide", o material particulado em suspensão no ar tem grande influência na qualidade do ar em ambientes internos, bem como externos. Esta categoria de poluente é constituída de uma mistura física e química de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido ou líquido (gotículas, aerossol, névoas, fumaça, entre outros) que se encontra suspenso na atmosfera devido às suas dimensões diminutas ou temperatura elevada (SÃO PAULO, 2007). As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (SÃO PAULO, 2007).

A CETESB classifica os materiais particulados em três categorias (SÃO PAULO, 2007):

Partículas Totais em Suspensão (PTS): definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 50 µm. Uma parcela dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde. Outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.

Fumaça (FMC): recebe essa classificação o material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, também conhecido como fuligem.

Partículas Inaláveis (MP10): são definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 10 µm. Esta categoria ainda pode ser subdividida em outras duas: as partículas inaláveis finas, ou MP2,5, que são aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5µm, e as partículas inaláveis grossas, que são aquelas cujo diâmetro está entre 2,5 e 10µm. As partículas inaláveis finas podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

As fontes de MP em um ambiente interno podem ser externas ou internas. As principais fontes em residências são o fumo e o cozimento de alimentos. Embora nos escritórios o fumo ainda seja uma fonte substancial de MP em determinados países, os equipamentos de escritório também são considerados fontes importantes (CARMO e PRADO, 1999; KILDESO *et al.*, 1999).

Os materiais particulados produzidos internamente são, em geral, menores que os externos, e contêm uma quantidade maior de compostos orgânicos devido às características da sua fonte (fogão, cigarro etc.) e à natureza das atividades realizadas dentro do edifício. Essas características fazem dos particulados internos potencialmente mais perigosos à saúde. O material particulado não é nocivo somente à saúde humana, mas é, também, o grande responsável pela deterioração de materiais de precisão e obras de arte (CARMO e PRADO, 1999).

É o tamanho do particulado que vai determinar seu destino, podendo este se depositar em superfícies, ficar suspenso no ar, ser retirado pelo sistema de ventilação ou, ainda, ser inalado pelos ocupantes, acumulando-se nas vias aéreas superiores ou mesmo nos alvéolos (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999). Thatcher e Layton, *apud* Kildeso *et al.* (1999), descobriram que o MP com diâmetro menor de 1 µm tem pouca probabilidade de entrar em suspensão novamente. Esses autores testaram diversas atividades normalmente realizadas em uma residência e concluíram que as operações de limpeza são responsáveis pela ressuspensão da maior quantidade de MP. A resolução RE nº9 da ANVISA estabelece o valor máximo permitido para a concentração de material particulado com diâmetro superior a 5 µm em 80 µg/m³ (BRASIL, 2003).

Fibra de Amianto

A fibra de amianto é uma categoria especial dos materiais particulados em suspensão. Asbesto e amianto são nomes comerciais de um grupo heterogêneo de minerais silicatos hidratados que ocorrem em várias formas incombustíveis e que podem se separar em filamentos (MARONI *et al.*, 1995 *apud* JONES, 1999; MENDES, 2001). Segundo Brown (2004), são duas as principais enfermidades associadas ao asbesto disperso no ar: a asbestose e o câncer de pulmão.

Asbestose

Em 1927, Cooke relacionou a exposição à fibra de amianto ao quadro de pneumocomiose aguda, que foi por ele denominada “fibrose pulmonar” e hoje é conhecido como “asbestose” (COOKE, 1927, *apud* MENDES, 2001). Este quadro se caracteriza por uma fibrose difusa intersticial do tecido pulmonar causada por danos inflamatórios na região alveolar, onde o oxigênio é transferido do ar para o sangue.

Câncer de pulmão

A capacidade carcinogênica das diferentes categorias de fibra de amianto tem gerado polêmica no meio acadêmico e na indústria, devido à dificuldade de se comprovar o verdadeiro causador do câncer. Entretanto, estudos apontam para a confirmação do asbesto-crisotila como causador de câncer do pulmão (MENDES, 2001; NIKLINSKI *et al.*, 2004). Segundo Landrigan (1998), *apud* Vallarino (2004), todos os tipos de asbestos são vistos como potencialmente carcinogênicos.

As partículas do poluente que possuem diâmetro menor que 1 μm são as mais perigosas. Acredita-se que o tempo entre a primeira exposição aos asbestos e a manifestação de tumores é de 20 a 50 anos (DOLL e PETO, 1985, *apud* JONES, 1999).

9.3.2. Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

O termo COV é definido pela agência de proteção ambiental norte-americana (USEPA) como

qualquer composto que participa de reações fotoquímicas ou que possui reatividade fotoquímica, excluindo-se os seguintes compostos: CO, CO₂, ácido carbônico, carbonetos e carbonatos metálicos, carbonato de amônia, metano, etano, acetona, metil-acetato ... [e inúmeros hidrocarbonetos halogenados e perfluorcarbonos] (TUCKER, 2004).

O sistema de registro de substâncias químicas desta mesma agência possui cadastro de 231 compostos pertencentes a esta classe (USEPA, 2008). Em ambientes internos, os COV têm uma definição menos rigorosa, pois os pesquisadores em qualidade do ar interno (QAI) geralmente consideram como COV aqueles compostos orgânicos que se encontram no estado gasoso ou em vapor que podem ser medidos pelos métodos analíticos aplicados a esta classe (TUCKER, 2004).

Estudos confirmaram que os COV são encontrados em maior número nos ambientes internos do que no ar externo (WANG, ANG e TADE, 2007). Por este motivo, esta é a classe de compostos mais freqüente e mais estudada nos ambientes internos (TUCKER, 2004). Embora exista uma grande variedade de compostos em um dado ambiente, os mais freqüentemente encontrados são: formaldeído, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e acetaldeído. Entretanto, estes raramente estão em concentração superior aos seus limites individuais de toxicidade (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Segundo Wang, Ang e Tade (2007), a concentração média de cada COV varia de local para local e, geralmente, está entre 5 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em edificações com alguns meses ou anos de uso (não recém-construídas).

Principais Fontes de COV

Uma parcela dos COV encontrados no ambiente interno vem do ar externo, uma vez que a combustão de combustíveis fósseis por veículos automotivos é uma fonte expressiva desses compostos. Os níveis de alguns COV são maiores internamente do que externamente pois, apesar de a entrada de COV a partir do ar externo ser, também, significativa, as fontes internas são mais importantes, principalmente em edifícios novos onde os materiais de construção apresentam taxas mais altas de emissão, que vão diminuindo com o tempo. Fatores como estação do ano, temperatura e umidade relativa alteram as concentrações de COV (BROWN *et al.*, 1994; WANG, ANG e TADE, 2007).

Suas principais fontes em ambientes internos são materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, combustão, processos metabólicos, e fotocopiadoras. Além de móveis, pisos, colas e tintas, os produtos de limpeza e desinfecção, como desinfetantes, desengordurantes e inseticidas usados no dia-a-dia também são responsáveis por uma parcela dos poluentes químicos, notadamente COV, encontrados no ar interno (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Uma fonte de COV praticamente onipresente em escritórios e residências é a máquina fotocopadora ou impressora de papel. Segundo Lee *et al.* (2006), são mais de 60 os COV tipicamente liberados durante a operação de uma fotocopadora.

Existem casos em que a proximidade entre residências e indústrias ou o comércio permite a contaminação do ar interno por compostos emitidos pelas suas atividades. Schreiber, Prohonic e Smead (2004) relatam a detecção de níveis elevados de tetracloreto, um solvente usado em lavagem a seco, em residências localizadas no mesmo edifício onde existiam lavanderias, com concentrações chegando a $200.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mesmo foi observado com o hexano ($1.030 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e tolueno ($1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em residências próximas a uma sapataria.

O formaldeído é o COV mais encontrado em ambientes internos, chegando a ser considerado por certos autores como um dos mais importantes (USEPA, 1995; CARMO e PRADO, 1999; JONES, 1999). Este composto está presente em grande parte das colas de madeira aplicadas em MDF, compensados e aglomerados; é usado como conservante em tintas e cosméticos; faz parte da formulação em estampas de tecidos, vernizes de papel e, ainda, de materiais de isolamento térmico e acústico, como a fibra de vidro (USEPA, 1997a).

Efeitos do COV à saúde humana

Embora as concentrações de cada COV encontrado nos ambientes internos normalmente sejam consideravelmente inferiores a seus limites de tolerância (LT), Molhave (2004) afirma que a maioria dos COV causa algum tipo de reação mesmo em baixa concentração. Em ambientes internos, este autor define que os usuários estão sob ação de baixa exposição de contaminantes e que seus efeitos são geralmente reversíveis e os sintomas não são específicos.

Constata-se que a exposição aos produtos da reação entre COV é mais perigosa do que a exposição isolada a estes. Assim, diversos autores ressaltam que os COV estão diretamente relacionados aos sintomas da SED - síndrome de edifícios doentes (WOLKOFF *et al.*, 1997; JONES, 1999; WOLKOFF e NIELSEN 2001; MOLHAVE, 2004; WANG, ANG e TADE, 2007). Muitos COV são tóxicos e considerados carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos (ALBERICI e JARDIM, 1997, *apud* WANG, ANG e TADE, 2007).

Segundo Maroni *et al.* (1995), *apud* Jones (1999), a maioria dos COV é formada por narcóticos e depressores do sistema nervoso central. São também causadores de irritações nos olhos, nas vias respiratórias e na pele, náuseas, diminuição da capacidade respiratória e reações alérgicas em geral. Exposição a alguns COV, em concentrações muito elevadas, podem alterar as funções neurocomportamentais e, também, levar ao desenvolvimento de câncer (USEPA, 1997b; BURTON, 1997, *apud* JONES, 1999; SCHIRMER, 2004). Podem também ser tóxicos aos rins e ao fígado, danosos aos componentes do sangue e ao sistema cardiovascular e provocar distúrbios gastrointestinais (LESLIE, 2000, *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003).

9.3.3. Compostos Inorgânicos gasosos

Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um metabólico expelido naturalmente como subproduto da respiração humana. Além disso, o CO₂ também é gerado em processos de combustão e em veículos automotores (GIODA, 2003). Este é um gás incolor e inodoro, cuja concentração típica em ambientes internos varia entre 700 e 2.000 ppm.

O CO₂ é um asfixiante, que também pode atuar como irritante no sistema respiratório. Entretanto, é necessária exposição a concentrações extremamente altas (acima de 30.000 ppm) para que ocorram danos significantes à saúde humana. Em concentrações moderadas, o CO₂ pode causar a sensação de desconforto e de que o ambiente está “abafado”. Acima de 30.000 ppm, os efeitos da sua presença são dores de cabeça, tontura e náuseas (JONES, 1999). Notícias veiculadas na mídia dão importância às altas concentrações de CO₂ em escritórios, relacionando-as à redução no nível de concentração no trabalho, dores de cabeça, problemas na visão e uma sensação geral de cansaço (JB ONLINE, 2007).

A resolução RE nº 9, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2003) recomenda determinados padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Dentre outros parâmetros, o dióxido de carbono tem seu valor máximo de concentração definido nesta resolução em 1000 ppm e é definido como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

Monóxido de Carbono (CO)

O CO também é um gás incolor, inodoro e com toxicidade considerável. É formado através da combustão incompleta de materiais que contenham carbono em locais com baixos níveis de oxigênio. A concentração de CO tende a ser maior em locais de acesso para veículos, como garagens. Outra fonte de CO é a fumaça de tabaco (CARMO e PRADO, 1999; GOLD, 1992, *apud* JONES, 1999).

Em baixas concentrações esse poluente produz sintomas não específicos, que podem ser confundidos com os da gripe (USEPA, 1991a; CARMO e PRADO, 1999). A afinidade do CO pela hemoglobina leva à formação de carboxihemoglobina, substituindo o oxigênio e ocasionando uma diminuição de seus níveis no sangue. Sendo assim, seus efeitos mais tóxicos são observados em órgãos como cérebro e coração, que demandam mais oxigênio (ROUGHTON e DARLING, 1994; USEPA, 1991b).

Óxidos de Nitrogênio (NOx)

O monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂) são formados em ambientes onde existam condições de altas temperaturas e pressões, que podem oxidar parcialmente ou completamente moléculas de nitrogênio atmosférico (N₂) ou do nitrogênio presente na composição dos combustíveis eventualmente utilizados.

A formação do NO é mais provável na queima de combustíveis em motores veiculares, enquanto que a produção de NO₂ está associada ao uso de equipamentos que queimam gás, querosene, madeira, bem como a fumaça de tabaco (LAMBERT, 1997, *apud* JONES 1999). De acordo com Carmo e Prado (1999), o NO₂ é extremamente reativo com superfícies internas, como paredes e mobiliário.

O NO pode interferir no transporte de oxigênio para os tecidos, produzindo efeitos parecidos como os do CO. Pode, ainda, provocar edema pulmonar quando em elevadas concentrações (CARMO e PRADO, 1999). O NO₂ é um agente oxidante que compromete a função pulmonar, podendo causar inflamações respiratórias e, em casos mais graves, enfisema pulmonar (FRAMPTON *et al.*, 1991 *apud* JONES, 1999; USEPA, 1995).

Dióxido de Enxofre (SO₂)

O SO₂ é o formado através da queima de combustíveis fósseis que contenham impurezas ou compostos à base de enxofre. É altamente solúvel em água, formando ácido sulfúrico e sulfuroso. Os efeitos do SO₂ não são restritos somente aos ocupantes do edifício, mas também, aos equipamentos e móveis, pois os compostos formados quando em contato com água são corrosivos (CARMO e PRADO 1999; BURR, 1997, *apud* JONES 1999). As concentrações internas deste composto são usualmente menores do que as externas e a razão ambiente interno/externo encontra-se entre 0,1 e 0,6 (LEADERER *et al.*, 1993, *apud* JONES, 1999).

Sua inalação em doses elevadas causa danos ao sistema respiratório inferior e exposições crônicas podem levar a uma diminuição da função pulmonar (USEPA, 1994; CARMO e PRADO, 1999).

Radônio (²²²Rn)

O radônio é um gás altamente radioativo (possui meia-vida de ~ 3,5 dias) e é produzido pelo decaimento do elemento químico rádio (Ra). Acredita-se que exposições ao radônio causem câncer de pulmão em seres humanos e, também, leucemia linfoblástica aguda (JONES, 1999; SAMET, 2004).

Este elemento ocorre naturalmente em quase todos os solos e rochas, principalmente aqueles que contêm urânio, em regiões ricas em granito ou xisto, e entra nos edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, fendas e aberturas em suas fundações. Materiais de construção também podem liberá-lo (USEPA, 1992; CARMO e PRADO, 1999).

Em ambientes externos, o radônio dificilmente ultrapassa valores que possam pôr em risco a saúde humana. No entanto, em ambientes internos sem ventilação adequada, este pode vir a se tornar um problema, principalmente pela formação de elementos (como Polônio: Po-218 e Po-214) a partir do seu decaimento (COHEN, 1998; WANNER, 1993, *apud* JONES, 1999).

Descobriu-se o papel do radônio como poluente de ambientes internos nos anos 50, mas o conhecimento de suas implicações à saúde só ocorreu nas décadas de 70 e 80, no norte europeu. Sabe-se hoje de sua onipresença em casas por todo o mundo. O principal efeito da exposição ao radônio é o câncer associado à radiação. Nos EUA, a exposição ao radônio causa 21.000 mortes por câncer de pulmão por ano e o risco é mais elevado em crianças e fumantes (USEPA, 2007).

A agência de proteção ambiental americana (USEPA) recomenda a medição dos níveis de radônio em todas as residências, e indica medidas mitigadoras para as residências com níveis acima do limite considerado seguro. Essas medidas, como selamento das fundações, pressurização da residência, depressurização do solo e até a remoção da fonte, podem atuar para evitar a entrada do radônio na residência. Taxas de ventilação apropriada e o uso de técnicas de tratamento do ar interno também contribuem para reduzir a sua concentração no ambiente interno (USEPA, 1992; SAMET, 2004).

Ozônio (O₃)

O ozônio é um composto altamente reativo, gerado facilmente quando o ar passa por um campo eletrostático. Normalmente, a fonte mais importante de ozônio é o ar externo, mas alguns equipamentos eletrônicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras a laser (GIODA, 2003; UNDERHILL, 2004).

Em ambientes internos, o O₃ reage com hidrocarbonetos insaturados e NO_x (óxidos de nitrogênio), o que acarreta uma diminuição na sua concentração. Porém, há geração de radicais ainda mais reativos, entre eles o radical hidroxila (OH[•]). A formação de ozônio depende de alguns fatores como: velocidade da troca de ar; concentração de reagentes; temperatura; umidade relativa e luz. O ozônio é um agente oxidante que pode causar forte irritação nos pulmões, garganta e olhos (WOLKOFF e NIELSEN, 2001; GIODA, 2003; GIODA e AQUINO NETO, 2003).

9.3.4. Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke)

Formada por material particulado, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis e compostos inorgânicos, a fumaça de cigarro ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos. A ETS é um aerossol formado pela mistura complexa de diversas substâncias, distribuídas em particulados, vapores e gases, sendo responsável pela emissão de MP, nicotina, HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), COV, CO, acroleína, NO₂, entre outras. Vários desses compostos já foram usados como elementos traço da ETS (JONES, 1999; SAMET e WANG, 2004).

Mesmo com a proibição do fumo em ambientes internos de uso público e comum em diversos países, a ETS ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos, principalmente pela quantidade de pessoas expostas. Em casos extremos, a ETS pode ser a maior fonte de material particulado em ambientes internos. Nos Estados Unidos, o câncer causado por cigarro é a maior causa de morbidade e mortalidade dentre aquelas que podem ser evitadas (CARMO e PRADO, 1999; JONES, 1999; SAMET e WANG, 2004).

A ETS afeta também não fumantes que convivem com fumantes, os chamados fumantes passivos. Em alguns casos, os níveis de exposição a certos compostos são maiores em não fumantes do que em fumantes, como a N-nitrosodimetilamina, um potente cancerígeno que se encontra em concentrações de 20 a 100 vezes maiores para fumantes passivos do que para fumantes ativos (RANDO *et al.*, 1997 e GUERIN *et al.*, 1992, *apud* JONES, 1999).

Efeitos da ETS à saúde

Os efeitos mais imediatos percebidos pela fumaça de cigarro em fumantes passivos são o odor e irritação nos olhos e vias aéreas superiores. Os principais sintomas da exposição à ETS em indivíduos adultos são: rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação dos olhos e constrição dos brônquios. Evidências mostram que a ETS tem potencial carcinogênico (JONES, 1999), apresentando, principalmente, câncer de pulmão, sendo a nicotina a responsável pela elevação desse potencial. A ETS está associada, ainda, à doença arterial coronariana, ou doença cardíaca (EATOUGH *et al.*, 1987, *apud* BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; SAMET e WANG, 2004).

9.4. Contaminantes microbiológicos do ar interno e efeitos à saúde

Os bioaerossóis constituem a microbiota dispersa no ar (fungos, bactérias, algas, vírus, entre outros). Quando presentes no ar interno, esses microorganismos podem causar irritações, alergias, doenças e outros efeitos tóxicos (GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*, 2006; LIMA DE PAULA, 2003). O indivíduo é contaminado por via aérea quando o agente microbiano é inalado e retido no trato respiratório em local propício ao seu desenvolvimento. Fatores como a imunidade do indivíduo, a dimensão das partículas, a profundidade da penetração e a dosagem mínima do agente capaz de provocar a doença são fatores ligados à infectividade (ROSA e DE MELO LISBOA, 2005).

Nunes (2005) avaliou a qualidade microbiológica do ar em ambientes internos climatizados. O ambiente hospitalar foi escolhido para a pesquisa qualitativa de microrganismos com o objetivo de isolar espécies do gênero *Aspergillus*, bem como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e enterobactérias.

Segundo Kenny *et al.* (1999), a exposição a microorganismos aéreos ou outros bioaerossóis pode resultar em uma sensibilização respiratória (asma ou aoveolite) e em efeitos toxicológicos no pulmão, como a febre de inalação ou síndrome da poeira orgânica tóxica. Isto pode contribuir para uma debilitação progressiva da saúde.

O principal efeito da inadequada qualidade do ar em ambientes internos ou externos se dá no sistema respiratório humano. Assim, as doenças no sistema respiratório são aquelas de maior importância no estudo da qualidade do ar interno. A seguir, são descritos os principais microorganismos de importância para a saúde humana no contexto da qualidade do ar em ambientes internos, bem como os seus efeitos no organismo humano.

9.4.1. Vírus

As infecções virais respiratórias (IVR) são as doenças mais comuns que afetam o homem, sendo uma causa de morbidade elevada, queda da qualidade de vida e de produtividade. Segundo Bertino (2003), ocorrem aproximadamente 500 milhões de episódios de IVR anualmente nos Estados Unidos, acarretando em 25 bilhões de dólares em custos diretos e indiretos. As IVR mais comuns são: gripe, resfriado, faringite, sinusite, bronquite e otite

A principal fonte de vírus no ambiente interno é o próprio ser humano. Os vírus se propagam pelas correntes de ar, ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis

dispersadas pela saliva (LIMA DE PAULA, 2003). Os principais vírus patogênicos de espalhamento através do trato respiratório são descritos a seguir:

Rhinovirus

O Rhinovírus pertence à família *Picornaviridae*. Causador de 50% dos casos de resfriado comum, este é o vírus com maior morbidade dentre os pacientes com doenças respiratórias (MYATT *et al.*, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Em algumas crianças, é causador de bronquiolite, sendo responsável por um elevado número de internações hospitalares no inverno de acordo com Ségala *et al.* (2008). Estes autores encontraram uma correlação significativa entre a qualidade do ar na cidade de Paris, em termos de SO₂, NO₂ e PM₁₀, e o número de internações por bronquiolite, o que sugere que os poluentes têm um efeito debilitante no organismo, facilitando a replicação do vírus.

Influenzavirus

Causador da gripe comum, o influenza pertence à família viral *Orthomixoviridae* e é subdividido nas estirpes A, B e C. As estirpes A e B são aquelas com maior potencial epidêmico e a estirpe A é a causadora da versão mais grave de gripe. A vacina contra a gripe protege apenas contra o vírus influenza A e B (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; WEISBERG, 2007).

Vírus Respiratório Sincicial

Da família *Paramixoviridae*, é um dos vírus de manifestação mais comum em lactentes, podendo, ainda causar um tipo de pneumonia potencialmente letal em pessoas mais velhas (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Infecta o trato respiratório superior e inferior, sendo causador de bronquite e pneumonia em crianças, principalmente menores de 4 anos (SÉGALA *et al.*, 2008).

Adenoviridae

Os vírus da família *Adenoviridae* também são causadores de infecções nas vias aéreas superiores, como otite, faringite, amigdalite (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Podem também afetar outros órgãos, causando conjuntivite, gastroenterite, infecção urinária e irritações na pele (CDC, 2005).

9.4.2. Bactérias

São inúmeras as bactérias patogênicas veiculadas através de sistemas centrais de condicionamento de ar e de pessoas no ambiente. A seguir, são descritos os principais organismos, onde crescem, e as doenças causadas por cada um deles.

São apresentadas, primeiramente, algumas bactérias gram-negativas e, em seguida, algumas bactérias gram-positivas. Entre outras diferenças, as bactérias gram-positivas possuem uma parede celular mais espessa de peptídeoglicana do que as bactérias gram-negativas. Além disso, as bactérias gram-negativas contêm uma camada de lipopolissacarídeo como parte da sua parede celular (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-negativas

***Pseudomonas* sp.**

O gênero das *Pseudomonas* se refere a bacilos retos ou levemente curvos, que apresentam um ou mais flagelos¹ e que são aeróbios. Especificamente, *P. aeruginosa* está frequentemente associada a infecções respiratórias e do trato urinário, podendo também causar infecções sistêmicas em pessoas imunocomprometidas e com extensas lesões na pele. Esta espécie apresenta uma resistência natural a agentes antimicrobianos, sendo comum em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Klebsiella pneumoniae

Esta bactéria pode ocasionalmente causar pneumonia. Bactérias do gênero *Klebsiella* são frequentemente encontradas na água e no solo (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Legionella pneumophila

As bactérias do gênero *Legionella*, bacilos gram-negativos aeróbios, causam uma espécie de pneumonia conhecida como legionelose ou “doença dos legionários”. Os principais sintomas são febre alta, dores de cabeça, fraqueza e dores musculares. Outro quadro causado pela *Legionella* é a febre de Pontiac, uma doença febril sistêmica autolimitante, muito rara e com período de incubação entre 12 e 36 horas. Também foi associada a casos de infecção do sítio cirúrgico (MANGRAM *et al.*, 1999).

Indivíduos desse gênero habitam córregos e colonizam tipos de hábitat como linhas de água quente, bandejas de condensação e torres de resfriamento em sistemas de ar-condicionado. A habilidade de viver e se reproduzir dentro de amebas aquáticas torna sua erradicação difícil em sistemas de água (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Haemophilus influenzae

Esta bactéria é um bacilo gram-negativo que provoca meningite, infecções do ouvido médio e, mais raramente, pneumonia. Este patógeno oportunista também é responsável, juntamente com *Staphylococcus pneumoniae*, pela sinusite e pela epiglote, uma inflamação da epiglote que pode resultar em morte dentro de poucas horas (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-positivas com baixo conteúdo G + C²

Várias espécies deste grupo são de grande importância médica (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). A seguir são descritos três gêneros de bactérias desse filo que podem ser transmitidos por via aérea.

¹ Estruturas locomotoras de organismos microscópicos unicelulares.

² Índice G + C: Proporção de base GC (guanina-citosina) no DNA.

Staphylococcus

Estes microorganismos anaeróbicos facultativos crescem bem sob condições de alta pressão osmótica e baixa umidade, o que explica parcialmente seu crescimento e sobrevivência nas secreções nasais e na pele humana. Essas bactérias produzem várias toxinas que contribuem para sua patogenicidade, sendo responsáveis por infecções comuns em cortes cirúrgicos. *S. aureus* produz a toxina responsável pela síndrome do choque tóxico, uma infecção grave caracterizada por febre alta e vômitos, algumas vezes ocasionando a morte. Esta bactéria também pode causar infecções na pele, como furúnculos e acne, além de pneumonia, meningite e artrite. Sua habilidade de adquirir rapidamente resistência aos antibióticos, como penicilina, representa um perigo para pacientes em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Streptococcus

Essas bactérias crescem em arranjos de diplococos ou em cadeias de vários indivíduos, apresentam cápsula³ e produzem uma reação Gram positiva. Os organismos do gênero *Streptococcus* são um grupo complexo, provavelmente responsáveis por um maior número e diversidade de doenças do que qualquer outro grupo de bactérias. Entre as doenças causadas por *S. pyogenes*, o principal patógeno deste gênero, estão a febre escarlatina, a faringite e a laringite. Outra espécie patogênica de importância na qualidade do ar é *S. pneumoniae*, também causadora de laringite, freqüentemente em combinação com vírus, e, provavelmente, a causa mais comum de pneumonia (pneumonia pneumocócica) (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Mycoplasma

Mycoplasma spp. são bactérias aeróbias facultativas, patogênicas em sua maioria. Suas células são muito pequenas, apresentando apenas cerca de 5% do volume celular de um bacilo típico e suas colônias têm menos de 1mm de diâmetro. *Mycoplasma pneumoniae* é o patógeno humano mais significativo entre os micoplasmas. Esta espécie é responsável por uma forma comum de pneumonia branda, ou atípica (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Bactérias Gram-positivas com alto conteúdo G + C: Actinomicetos

Este grupo inclui as bactérias gram-positivas de alto índice G + C, entre eles, os gêneros *Streptomyces*, *Frankia*, *Actinomyces* e *Nocardia*. Muitas espécies apresentam filamentos abundantes e freqüentemente ramificados e sua morfologia se assemelha à dos fungos filamentosos, apresentando, no entanto, filamentos formados por células procarióticas com diâmetro muito inferior ao dos fungos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

³ Camada externa à célula, geralmente em material mucilaginoso, que dá maior proteção ao microorganismo.

Grigorevski-Lima *et al.* (2006) descrevem os esporos desses microorganismos como contaminantes importantes do ar interno e externo. Estes mesmo autores coletaram amostras de ar interno usando um amostrador de Andersen de 6 estágios e encontraram actinomicetos em 90% das amostras, nos últimos 3 estágios do amostrador.

Actinomyces

Bactérias deste gênero são anaeróbias facultativas, geralmente encontradas na boca e na garganta de seres humanos e de animais. A espécie *Actinomyces israelii* causa a actinomicose, uma doença que afeta, geralmente, a cabeça, pescoço e pulmões (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Nocardia

As espécies do gênero *Nocardia* assemelham-se às espécies do gênero *Actinomyces*, sendo, entretanto, aeróbios obrigatórios. Bactérias deste gênero possuem filamentos de elementos cocóides ou alongados, ocasionalmente produzindo esporos aéreos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004). Algumas espécies, como a *N. asteroides*, eventualmente causam uma infecção pulmonar de difícil tratamento (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Mycobacterium

A tuberculose pulmonar é uma doença infecciosa de grande importância. Estima-se que um terço da população do mundo seja infectada anualmente por *Mycobacterium tuberculosis* (MTb), uma bactéria fracamente gram-positiva que faz parte do grupo dos actinomicetos (COCHI, 1991 *apud* GWON, SHU e YING, 2004; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Entretanto, o número de casos diagnosticados de tuberculose em 2004 foi de 8 milhões (GWON, SHU e YING, 2004).

Os aerossóis contendo células de MTb apresentam-se nas dimensão que variam de 1 a 5 µm e podem se manter suspensos no ar por um longo período de tempo. Estudos mostraram que a tuberculose pulmonar pode ser transmitida de pessoa para pessoa pela inalação de gotículas que contém ao menos duas células do bacilo de MTb. Os ambientes que possuem risco superior de tuberculose são aqueles que possuem pessoas sintomáticas da doença e incluem hospitais, unidades penitenciárias, abrigos para pessoas desabrigadas, centros de reabilitação, e asilos (GWON, SHU e YING, 2004).

Bactérias do gênero *Chlamydia*

Estas bactérias pertencem ao filo de mesmo nome e são parasitas obrigatórias. Há três espécies conhecidas entre as clamídias: *C. psittaci*, que causa a psitacose através do contato por via respiratória com dejetos de aves; *C. trachomatis*, que causa o tracoma (doença oftálmica extremamente contagiosa), conjuntivite de inclusão e outras doenças nos seres humanos; e *C. pneumoniae*, causador de uma variedade de síndromes respiratórias, como bronquite, pneumonia e sinusite (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

9.4.3. Fungos

Os fungos são os indicadores biológicos da qualidade do ar escolhidos pela resolução RE nº 09 da ANVISA (BRASIL, 2003). Esta norma especifica o valor máximo recomendado em 750 ufc/m³ (unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) de fungos, para amostragem ativa. Além disso, a mesma resolução também define uma relação I/E < 1,5, onde “I” é a quantidade de fungos no ambiente interior e “E” é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Esta resolução não especifica, entretanto, se deve ser feita a contagem de todos os fungos ou somente dos fungos filamentosos.

Quase todos os fungos filamentosos são aeróbicos, enquanto a maioria das leveduras é anaeróbica facultativa. Segundo Tortora, Funke e Case (2005), a incidência de infecções importantes causadas por fungos tem aumentado nas últimas décadas. Essas infecções têm ocorrido na forma de infecções hospitalares e em indivíduos com sistema imunológico comprometido (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Burge (2004), afirma que “os fungos estão entre os poluentes mais importantes do ar interno e menos compreendidos” (tradução do autor deste trabalho), sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos. Falvey e Streifel (2007) monitoraram os fungos do gênero *Aspergillus* em um hospital universitário durante 10 anos, e afirmaram ser “impossível, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus* spp.” (tradução do autor deste trabalho). Diversas espécies deste gênero também foram isoladas e identificadas por Nunes (2005) em um hospital do Rio de Janeiro.

Qualquer infecção de origem fúngica é chamada de micose e é, geralmente, de longa duração (crônica). Esta pode ser: superficial, cutânea, subcutânea ou sistêmica (BURTON e ENGELKIRK, 2005). As micoses oportunistas são aquelas em que um patógeno geralmente inofensivo em seu hábitat normal torna-se patogênico em um hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Alguns exemplos de fungos oportunistas são citados a seguir:

Candida albicans é o fungo mais freqüentemente isolado de amostras clínicas de seres humanos (BURTON e ENGELKIRK, 2005). Entretanto, *Pneumocystis* spp. é o gênero responsável pelas infecções mais freqüente em pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Stachybotrys chartarum* pode causar hemorragia pulmonar fatal em lactentes, e espécies dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor*, que geralmente afetam pacientes com diabete melito, leucemia, ou sob tratamento com drogas imunossupressoras, podem causar zigomicose ou mucormicose, respectivamente (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Infecções oportunistas causadas por espécies de *Cryptococcus* e *Penicillium* podem ser fatais para pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Candida albicans* é uma levedura que apresenta obrigatoriamente uma fase filamentosa. Esta espécie é capaz de causar infecções vaginais, orais ou pulmonares e, em pacientes com AIDS, danos teciduais sistêmicos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

A seguir, são citados alguns exemplos de doenças fúngicas do sistema respiratório inferior (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005):

Aspergilose: Infecção pulmonar e/ou sistêmica, causada por espécies do gênero *Aspergillus*, que ocorre em indivíduos que estão debilitados devido a doenças nos pulmões ou ao câncer.

Coccidioidomicose ou reumatismo do deserto: É uma doença pulmonar causada por um fungo dimórfico, *Coccidioides immitis*, que apresenta morfologia leveduriforme nos tecidos humanos e miceliana quando cresce no solo ou em meio de cultura.

Histoplasmose: Esta doença lembra superficialmente a tuberculose, mas é causada por *Histoplasma capsulatum*, outro fungo dimórfico.

Pneumocistose ou pneumonia por *Pneumocystis*: Causada pelo *Pneumocystis jiroveci*, uma levedura presente nos pulmões de pessoas saudáveis que pode causar pneumonia em indivíduos imuno-comprometidos ou crianças mal-nutridas.

9.4.4. Alergênicos Biológicos e hipersensibilidade

A alergia é uma resposta exagerada do sistema imunológico a uma substância estranha ao organismo, uma hipersensibilidade imunológica a um estímulo externo específico. O termo hipersensibilidade refere-se a uma resposta antigênica mais intensa do que aquela considerada normal, e é considerada sinônimo de alergia (BROOKS et al., 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Há quatro tipos de reações de hipersensibilidade, dos quais o tipo I (anafilática) é considerado o principal no contexto da qualidade do ar. Esse tipo de alergia inclui condições alérgicas comuns e a asma. A importância dos alergênicos está no fato de grande parte da população sofrer de alguma doença alérgica. Ácaros, pólen, pêlos e poeira de origem biológica são os principais alergênicos encontrados em ambientes internos, onde os animais domésticos e as baratas constituem as principais fontes (IEH, 1996 e KUSTER, 1996, apud JONES, 1999).

A asma é uma reação alérgica que afeta principalmente o sistema respiratório inferior. Por razões desconhecidas, a asma está se tornando quase uma epidemia, afetando cerca de 10% das crianças nas sociedades ocidentais, mas que tende a diminuir à medida que elas crescem. Especula-se que a falta de exposição à infecção seja uma das causas da asma em países desenvolvidos, mas o estresse mental ou emocional também pode ser um fator contribuinte.

9.5. Odores

A sensação de odor é uma resposta sensorial à presença de um composto ou uma mistura de compostos odorantes no ar. O odor ambiental no local de trabalho e convívio pode ser uma causa da irritação psicológica e distração. Em altas concentrações, também pode causar náuseas, dores de cabeça e alergias.

Os odores são uma causa freqüente de incômodo em ambientes internos. A capacidade olfativa humana é geralmente superior ao limite de detecção de instrumentos analíticos na detecção individual dos compostos, pois o ser humano percebe alguns compostos em concentrações na ordem de algumas partes por trilhão (ppt) em volume, enquanto as técnicas analíticas mais

avanzadas possuem o limite de detecção na ordem de 0,1 ppb (parte por bilhão). Outro fator importante é que o nariz humano detecta os odores unicamente em uma mistura de compostos (ou buquê odorante) e a maioria dos métodos analíticos clássicos (como a cromatografia gasosa ou líquida) quantificam compostos separadamente (DUFFEE e O'BRIEN, 2004).

Os odores são formados principalmente pela presença de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis no ar, que são captados pela mucosa olfativa do homem e reconhecidos sensorialmente pelo cérebro humano como odorantes (BELLI FILHO e DE MELO LISBOA, 1998). Em ambientes hospitalares, odores podem ser gerados diretamente de infecções nos pacientes, em muitos casos sendo independente do seu estado de higiene.

Os odores em ambientes internos raramente são fortes o suficiente para permitir o uso de olfatométrie de diluição dinâmica para medir a sua concentração (DUFFEE e O'BRIEN, 2004). Entretanto, técnicas olfatómicas complementares permitem determinar a magnitude o impacto odorante em termos de intensidade, caráter (ou tipo de odor) e hedonicidade (agradabilidade). Estas técnicas poderiam vir a ser utilizadas para avaliação de odores em ambientes internos.

9.6. Síndrome do edifício doente (SED)

Síndrome do edifício doente é um termo que começou a ser usado na década de 70, com a introdução dos edifícios climatizados, selados ao ar externo, e com as primeiras reclamações dos seus usuários quanto à qualidade do ar interno. A síndrome do edifício doente é uma condição onde existe um conjunto inespecífico de sintomas cronologicamente relacionados à qualidade do ar em uma edificação não-industrial. Esses sintomas afetam um percentual de ocupantes do edifício durante o tempo de ocupação e tendem a diminuir ou desaparecer quando essas pessoas deixam de ocupar o local (USEPA, 1994 e 1995; BRIGHTMAN e MOSS, 2004; COHEN, 2004; MOLHAVE, 2004; PERDRIX *et al.*, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a “síndrome do edifício doente” (SED) descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício sofrem de sintomas de doenças, ou se sentem mal, sem haver um motivo aparente para isto. Os sintomas tendem a se tornar mais fortes enquanto a pessoa está dentro do edifício e tendem a diminuir e até desaparecer quando esta pessoa está longe deste ambiente. A SED resulta numa diminuição substancial do desempenho no trabalho e nas relações interpessoais, além de uma perda considerável de produtividade (COHEN, 2004).

Estes efeitos à saúde são frequentemente medidos de forma subjetiva e são difíceis de se quantificar clinicamente. Perdrix *et al.* (2005) citam os seguintes sintomas como os mais facilmente ligados à SED: rinite, congestionamento nasal, garganta seca, lacrimejamento, irritação ou ressecamento ocular, irritação na pele, eritema, sonolência e cefaléia. Este mesmo autor cita, ainda, que mulheres apresentam uma susceptibilidade maior à SED.

Segundo Lima de Paula (2003), as causas da SED podem ser explicadas por um conjunto de fatores, dentre eles a insuficiência de renovação com ar exterior, má distribuição do ar, controle deficiente de temperatura, projeto inadequado do sistema de ar condicionado, modificações inadequadas após construção e manutenção inadequada do sistema de climatização. Admite-se

que os principais fatores relacionados à SED sejam: aerodispersóides (poeira, fibras); bioaerossóis (fungos, bactérias, vírus); contaminantes químicos (COV, especialmente o formaldeído); contaminantes gerados pelo metabolismo humano; fumaça de cigarro, entre outros (HOPPE, 1999, *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003; PEDRIX *et al.*, 2005).

Assim, não somente é difícil se caracterizar a SED em uma determinada edificação, mas também, se identificar a sua principal causa, o que permitiria dar solução ao problema. Diversos autores citam a realização de enquetes com os usuários da edificação como uma maneira eficaz de se identificar a SED (GIODA, 2003; GUPTA, KHARE e GOYAL, 2007). Nesta enquete são feitas perguntas sobre a saúde e estado mental dos usuários e pergunta-se se estes sintomas tendem a diminuir ou desaparecer quando os usuários se ausentam da edificação.

A presença de sintomas similares entre os ocupantes do prédio é crucial na detecção da SED (REDLICH, SPARER e CULLEN, 1997). Entretanto, a SED é confirmada apenas se a presença desses sintomas ocorre em um número de pessoas significativamente superior ao que é considerado normal em condições saudáveis do edifício (HESS-KOSA, 2002). Lima de Paula (2003), considera um caso positivo de SED em uma edificação se 20% dos ocupantes apresentarem queixas. A figura a seguir mostra as principais fontes de reclamação em relação à QAI (Figura 1).

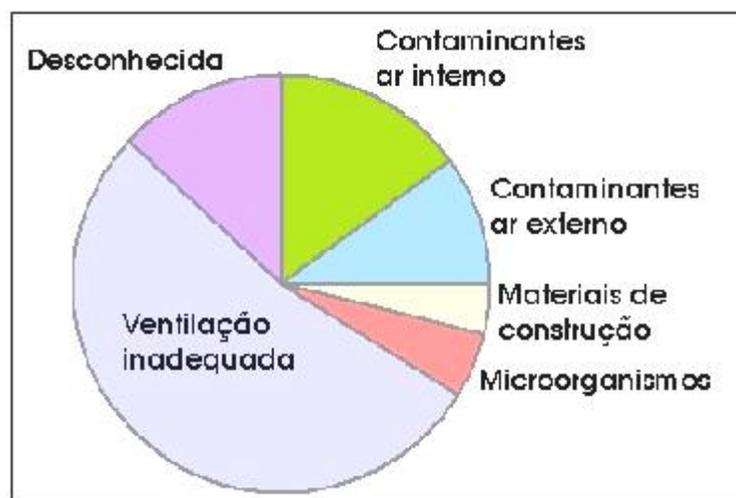


Figura 1: Principais fontes de reclamação na qualidade do ar interno (HESS-KOSA, 2002).

9.6.1. Doença relacionada ao edifício

Em contraposição à doença do edifício doente, a doença relacionada ao edifício relaciona os sintomas observados com um poluente específico de uma fonte específica dentro de uma edificação que causa uma doença ou efeitos discretos à saúde humana (USEPA, 1995; PERDRIX *et al.*, 2005).

9.6.2. Intolerância química múltipla

Em casos de síndrome do edifício doente, pode acontecer que alguns ocupantes, com o passar do tempo, apresentem uma sensibilidade extrema a determinados componentes da edificação, como, por exemplo, um novo carpete ou ainda o odor de tinta ou produto de limpeza. Segundo Miller e

Ashford (2004), essas pessoas sofrem de uma condição enigmática chamada de sensibilidade química múltipla ou intolerância química múltipla⁴.

A exposição repetida a baixas concentrações de substâncias químicas presentes no ar interno pode levar a um quadro onde o indivíduo afetado passa a reagir a concentrações cada vez mais baixas de poluentes (COHEN, 2004). Os sintomas desta condição variam muito de pessoa para pessoa e incluem: dores de cabeça, fadiga, dores musculares, dificuldades de concentração, falhas na memória, diversos problemas de pele, dificuldades respiratórias, e uma variedade de problemas gastrointestinais. Estes sintomas são causados pela exposição a baixos níveis de poluentes químicos, além de alimentos e bebidas. Se estes contaminantes causam tais sintomas apenas em pessoas pré-dispostas ou se a exposição prolongada causaria a própria doença, resta a determinar (MILLER e ASHFORD, 2004).

9.7. Amostragem de ar interno

A amostragem de ar interno deve ser planejada com antecedência para que alguns aspectos sejam considerados, como a presença de sintomas de intoxicações nos ocupantes da edificação, a localização da edificação, o tipo de ventilação interna, a umidade relativa do ar, a idade da edificação, existência de informações sobre estudos realizados anteriormente e a identidade dos contaminantes encontrados (PATNAIK, 1997). Assim, é possível antecipar a natureza da principal forma de contaminação do ambiente, físico-química ou biológica, e proceder aos métodos apropriados de amostragem e análise.

O local de amostragem também deve ser escolhido com antecedência e planejamento. Segundo Hess-Kosa (2002), o investigador da QAI deve determinar o motivo da avaliação da qualidade do ar e, a partir daí, determinar os locais de amostragem. Esses locais podem se enquadrar em uma ou mais das seguintes categorias: (1) local onde se percebe o pior caso de QAI; (2) áreas com maior representatividade em tamanho ou ocupação; (3) locais de preocupação especial (ex: creches e berçários).

9.7.1. Amostragem de material particulado (MP)

A amostragem de material particulado pode ser usada para posterior análise química ou biológica dos poluentes presentes no mesmo. A avaliação da concentração de MP pode ser feita através de método óptico ou método gravimétrico. No método gravimétrico, uma membrana filtrante é essencial, com abertura de malha apropriada ao tamanho de partícula a ser avaliada. O método consiste em fazer passar pela membrana, ou conjuntos de membranas, um volume conhecido de ar, pesando-se as membranas em balança de precisão antes e após amostragem. O resultado desta análise é expresso em unidade de massa por unidade de volume de ar (ex: $\mu\text{g}/\text{m}^3$) da fração de material particulado retido nas membranas (PATNAIK, 1997; SÃO PAULO, 2001; NAGDA e RECTOR, 2004).

⁴ Alguns médicos alergistas preferem usar o termo “intolerância” à “sensibilidade” neste caso, para que esta condição médica não seja erroneamente entendida como um tipo de alergia (MILLER e ASHFORD, 2004).

9.7.2. Amostragem de compostos para análise físico-química

A amostragem de ar para análises físico-químicas pode ser feita de duas formas: (1) isolando-se uma parcela do ar local e levando ao laboratório ou (2) adsorvendo-se ou solubilizando-se os compostos de interesse em meio sólido ou líquido (PATNAIK, 1997; NAGDA e RECTOR, 2004). No primeiro método, esse isolamento pode ser feito em um canister de aço inoxidável, garrafa de vidro ou um saco de plástico, como o PVF (fluoreto de polivinila), conhecido como Tedlar[®]. No segundo método, é comum a adsorção em carvão ativado ou polímero sintético como meios sólidos, ou absorção através de borbulhamento do ar em uma solução líquida.

Na técnica da absorção, o pH da solução deve ser ajustado para permitir maior afinidade entre o adsorvente e o adsorvido. Este método pode ser usado para amostragem de diversos compostos solúveis em água, tanto orgânicos como inorgânicos (PATNAIK, 1997). No caso da adsorção, busca-se um adsorvente que tenha afinidade química com os compostos a capturar em termos de polaridade (NAGDA e RECTOR, 2004).

Tubos de vidro ou de aço inox preenchidos com material adsorvente são comumente usados para amostragem de compostos orgânicos voláteis (COV) (TUCKER, 2004). A amostragem por adsorção em conjunto com a análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas é uma técnica muito recomendada para pesquisas em poluição atmosférica (MIRANDA, 2007).

O carvão ativado é uma das substâncias mais usadas para este propósito, embora outras substâncias como o Tenax[®] ou outros materiais poliméricos porosos sejam, também, utilizados. A sílica gel é usada comumente para adsorção de compostos polares como álcoois (PATNAIK, 1997; NAGDA e RECTOR, 2004; TUCKER, 2004).

9.7.3. Amostragem de microorganismos

Considera-se que os microorganismos dispersos no ar (geralmente esporos de fungos e bactérias) encontram-se agregados ao material particulado em suspensão. Assim, a amostragem de microorganismos envolve, necessariamente, a captura desse material particulado do ar. A amostragem pode ser feita utilizando-se uma das seguintes técnicas: amostragem global de bioaerossóis (viáveis e não-viáveis⁵) ou a coleta de organismos viáveis. Quanto à amostragem de bioaerossóis viáveis, esta pode ser feita através da impactação sobre meio de cultura (líquido ou sólido), caracterizando uma amostragem ativa; ou através da sedimentação sobre meio de cultura sólido, caracterizando-se como amostragem passiva.

Impactador de fenda ou orifício

Para a amostragem de organismos viáveis ou não-viáveis, pode-se utilizar o impactador de fenda ou orifício (MAY, 1945). Nele, a amostra de ar passa por uma fenda do tipo Venturi, ou orifício, que direciona o jato de ar sobre uma lâmina de vidro auto-adesiva (Figura 2). Essa lâmina é então levada diretamente ao microscópio, procedendo-se à contagem dos esporos presentes no momento da amostragem, sem considerar a viabilidade destes (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001). Podem-se acoplar diversos amostradores em série, criando diferentes estágios,

⁵ Organismos viáveis são aqueles capazes de se reproduzir e formar colônias no meio de cultura escolhido.

sendo chamado, neste caso, de “impactador de cascata”. Assim, o material particulado de diâmetro maior fica retido nos primeiros estágios e os estágios posteriores contêm material cada vez mais fino (MAY, 1945).

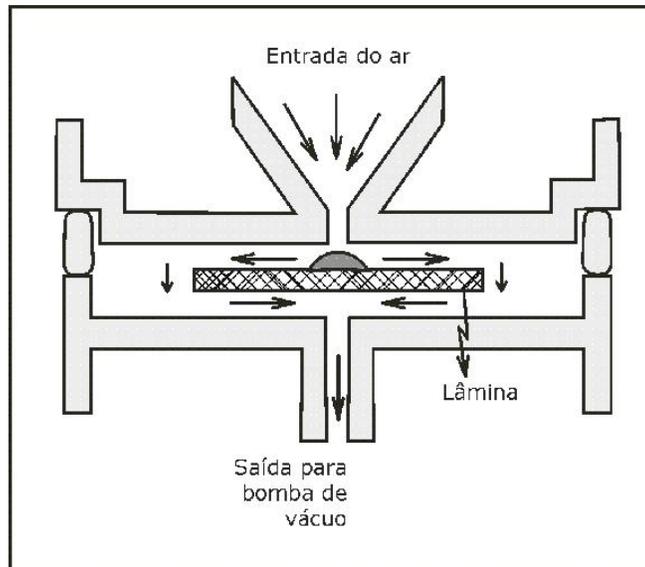


Figura 2: Esquema ilustrativo do impactador de fenda ou orifício

As principais vantagens deste método são a rapidez de análise e o custo reduzido (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001). As principais desvantagens são a possível dificuldade de se observarem as estruturas dos microorganismos em meio ao material particulado e outros poluentes, como pedaços de insetos e pólen, e a impossibilidade de identificar os organismos, já que este método é apenas quantitativo (NAGDA e RECTOR, 2004).

Este mesmo esquema pode ser usado para amostragem de organismos viáveis, acoplando-se uma placa de Petri com meio de cultura sob a fenda, ao invés de uma lâmina, e incubando-se este material para observar o aparecimento de colônias e, determinar o número unidades formadoras de colônias (UFC).

Impactador de Andersen

A amostragem ativa usando o Impactador de Andersen é a metodologia recomendada pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). A taxa de vazão recomendada pela mesma resolução é de 25 a 35 l/min, e o tempo de amostragem é de 5 a 15 minutos, para que o volume amostrado seja de 140 a 500 litros de ar.

Na amostragem de organismos viáveis, utiliza-se geralmente o impactador de Andersen (NAGDA e RECTOR, 2004). Neste, um volume de ar passa por uma chapa metálica com 400 orifícios sobre uma placa de Petri com meio de cultura, o que permite o crescimento de culturas de microorganismos a partir dos propágulos que se fixarem ao meio (ANDERSEN, 1958). Assim, avaliam-se somente os organismos viáveis, aqueles capazes de se reproduzir e formar colônias. Neste método, também é possível acoplar diversos estágios de amostradores de forma a coletar material em diferentes faixas de diâmetros, funcionando como um amostrador de cascata. Diz-se que este método permite simular os diferentes estágios do sistema respiratório humano

(ANDERSEN, 1958). Segundo Nagda e Rector (2004), o impactador de fenda é uma variação deste equipamento, embora seja pouco conhecido e menos aceito que o amostrador de Andersen. A Figura 3 mostra um esquema ilustrativo do funcionamento do amostrador de Andersen.

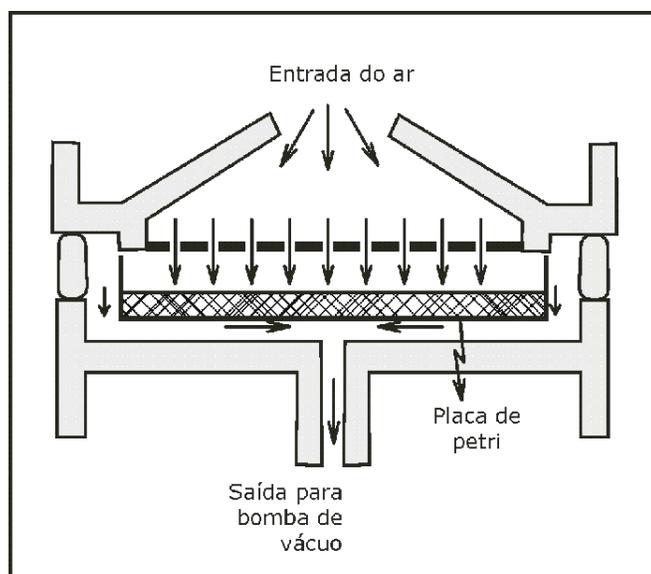


Figura 3: Esquema ilustrativo do amostrador de Andersen

Uma desvantagem deste método consiste na perturbação ao fluxo natural do ar, que é geralmente laminar, causada pela sucção deste pelo amostrador ativo, que cria regiões de turbulência nas suas imediações. Entretanto, todas as normas oficiais sobre o controle microbiológico do ar são baseadas na contagem de UFC/m³. Apesar de não se especificar o tipo de amostrador a ser usado, o único método de amostragem que relaciona o seu resultado à uma concentração volumétrica é o ativo (PASQUARELLA, PITZURRA e SAVINO, 2000).

Certos autores citam, ainda, como desvantagens dos métodos de impactação para amostragem de microorganismos viáveis, o tempo requerido para o crescimento das colônias e a possível ocorrência de sobreposição destas, o que resulta na subestimação do número de microorganismos na amostra (PORTNOY, FLAPPAN e BARNES, 2001; NAGDA e RECTOR, 2004). Entretanto, o método de contagem em placa é considerado a técnica mais utilizada para determinar o tamanho de uma população bacteriana ou fúngica. A grande vantagem deste método é que as células viáveis são quantificadas (TORTORA, FUNKE E CASE, 2005). Neste método, considera-se que cada colônia foi gerada a partir de um organismo individual ou conjunto de organismos, definidos como unidade formadora de colônias (UFC). Além disso, essa metodologia permite o posterior isolamento dos microorganismos para sua identificação.

Amostrador do tipo Impinger

Neste tipo de amostragem, o ar é impactado sobre uma superfície líquida, que pode ser composta por uma solução estéril de água, óleo mineral ou glicerol (NAGDA e RECTOR, 2004). Depois, o líquido é diluído e distribuído sobre placas de Petri com meio de cultura adequado (método da semeadura) e incubado para o desenvolvimento das colônias e contagem das mesmas em placa.

A principal vantagem deste método é a possibilidade de se homogeneizar a amostra antes de se distribuir em placas, possibilitando uma melhor contagem dos indivíduos. Uma desvantagem deste método reside na dificuldade de se coletar amostras consecutivas, necessitando, para cada uma delas, um novo recipiente com solução líquida, o que o torna pouco prático para uso em campo.

Amostragem por sedimentação

Esta se dá através da simples exposição de placas de Petri para a coleta de microorganismos viáveis que sedimentam sobre a mesma (amostragem passiva). Os resultados não podem ser expressos na forma de concentração, pois não há medição de fluxo de ar. Além disso, Nagda e Rector (2004) citam como principal desvantagem a grande variabilidade dos resultados, já que mesmo pequenas alterações no fluxo de ar no entorno das placas podem interferir na sedimentação das partículas. É possível que partículas de diâmetro inferior a 5 μ m, por exemplo, não sedimentem nas placas, embora sejam inaladas pelo homem, o que inviabiliza o emprego desse método para avaliar o risco de contaminação do sistema respiratório humano (NAGDA e RECTOR, 2004). Pasquarella, Pitzurra e Savino (2000), defendem o uso da amostragem passiva por sedimentação para avaliação de salas de cirurgia, afirmando que a placa de Petri simula a exposição do corte cirúrgico à sedimentação de microorganismos. MONTACUTELLI *et al.* (2000), também obtiveram bons resultados para a amostragem passiva.

9.8. Condições de conforto térmico, circulação e renovação do ar

Os fatores físicos, como temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação do ar não somente afetam o desenvolvimento de microorganismos no ambiente interno, mas também a forma de dispersão e a diluição dos contaminantes no ar. Ambientes com elevada taxa de umidade relativa do ar e temperatura favorecem o desenvolvimento de fungos. Locais com elevada taxa de ocupação e com circulação do ar insuficiente dificultam a diluição dos contaminantes introduzidos pelos próprios usuários, principalmente quando entre eles encontram-se fumantes. Kwoc (2004), afirma que o conforto térmico é afetado por quatro fatores ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar.

Os fatores físicos de importância no ambiente interno climatizado de uso comum, conforme estabelecidos pela resolução RE nº 9 (BRASIL, 2003), compreendem: temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e grau de pureza do ar. A faixa recomendável de operação da temperatura, nas condições internas⁶ para verão, é de 23°C a 26°C. A faixa máxima de operação deverá estar entre 26,5°C e 27°C, com exceção das áreas de acesso, que poderão operar até 28°C. Durante o inverno, a faixa recomendável de operação é de 20°C a 22°C.

A resolução RE nº 9, da ANVISA, estabelece que a faixa recomendável de operação da umidade relativa do ar, nas condições internas durante o verão, varia de 40% a 65%, com exceção das áreas de acesso, que poderão operar com umidade de até 70%. Para condições internas durante o inverno, a faixa recomendável de operação é de 35% a 65% (BRASIL, 2003). A umidade relativa do ar influencia a forma como a água evapora da pele afetando, assim, o balanço de calor no corpo humano. Nos Estados Unidos, a norma nº 55-1994 da ASHRAE (Sociedade Norte-

⁶ Em ambiente interno de uso comum, com medição realizada em posição central no ambiente e a 1,50m de altura do chão.

Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação) estabelece a faixa aceitável de 20 a 60% de umidade relativa do ar (KWOC, 2004).

A mesma resolução nº 9, da ANVISA, estabelece o Valor Máximo Recomendável (VMR) de operação da velocidade do ar, no nível de 1,5 m do piso, na região de influência da distribuição do ar, de $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ (BRASIL, 2003). Kwoc (2004), afirma que em ambientes climatizados a velocidade máxima aceitável para o conforto dos usuários pode chegar a 0,5 m/s; valores superiores são aceitos em ambientes ventilados naturalmente. A norma nº 55-1994, da ASHRAE, limita a velocidade do ar em $0,15 \text{ m.s}^{-1}$ durante o inverno e $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ no verão (KWOC, 2004).

De acordo com a ANVISA, a taxa de renovação do ar adequada em ambientes climatizados será, no mínimo, de $27 \text{ m}^3/\text{hora.pessoa}$, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a taxa de renovação do ar mínima será de $17 \text{ m}^3/\text{hora.pessoa}$ (BRASIL, 2003). A portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, também estabelece o valor de $27 \text{ m}^3/\text{hora.pessoa}$ para ambientes climatizados.

9.9. Os sistemas de climatização

Segundo a portaria nº 3523 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), o conceito de climatização é definido como:

O conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes.

Microorganismos podem se alojar e se desenvolver nos dutos do sistema de ar condicionado, e em locais como: reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, umidificadores, serpentinas. Como os sistemas funcionam em pressão positiva, esses microorganismos podem ser insuflados no ambiente interno (LIMA DE PAULA, 2003).

Em geral, três tipos de sistemas de ar condicionado podem ser encontrados, em relação ao tipo de tratamento dado ao ar:

- Ar condicionado comum, sem filtros de alta eficiência ou controle de trocas de ar;
- Sistema central com plenum (do inglês *conventional plenum mixing*), com filtros HEPA⁷, realizando 16 a 20 trocas de ar/hora, com pressão positiva de entrada de ar, regulagem de temperatura e umidade. Nesse sistema, a contagem de bactérias geralmente se encontra entre 50 e 150 UFC/m³, podendo ser maior dependendo do número de pessoas e a atividade realizada no ambiente (Lacerda *et al.*, 2003 *apud* LIMA DE PAULA, 2003).
- Ar ultra limpo ou fluxo laminar, que re-circula volumes excessivos de ar estéril através de filtros HEPA, promovendo 400 a 500 trocas de ar/hora. Assim, se mantém um ambiente com contagem de bactérias geralmente menor do que 10 UFC/m³ (Lacerda *et al.*, 2003 *apud* LIMA DE PAULA, 2003).

⁷ Filtro HEPA (do inglês *High Efficiency Particulate Arresting*) é referente a um filtro absoluto do tipo A3 no Brasil.

Tanto a portaria no 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, como a resolução RE nº 09, da ANVISA, exigem o uso de filtros grossos do tipo G1 (Quadro 2) na entrada de sistemas de ar condicionado (BRASIL, 1998 e 2003). Para ambientes considerados limpos ou restritos, estes filtros devem ser usados em conjunto a um filtro HEPA, que apresentam 99,97% de eficiência na filtragem de materiais particulados. O Quadro 2 descreve a eficiência esperada para cada classe de filtro.

Quadro 2: Classificação dos filtros e sua eficiência de filtração

Classe de filtro		Eficiência esperada (%)
Grossos	G1	$50 \leq E_g < 65$
	G2	$65 \leq E_g < 80$
	G3	$80 \leq E_g < 90$
	G4	$90 \leq E_g$
Finos	F5	$40 \leq E_f < 60$
	F6	$60 \leq E_f < 80$
	F7	$80 \leq E_f < 90$
	F8	$90 \leq E_f < 95$
	F9	$95 \leq E_f$
Absolutos	A1	$85 \leq E_{DOP} < 94,9$
	A2	$95 \leq E_{DOP} < 99,96$
	A3 (ou HEPA)	$99,97 \leq E_{DOP}$

Fonte: ASHRAE, 1999; ABNT, 2005.

Segundo ABNT (2005) a classificação dos filtros grossos e finos é definida através da norma EN 779:2002. A eficiência dos filtros grossos é avaliada através de testes gravimétricos que utilizam pó sintético padrão ASHRAE 52.1, composto de 72% de pó sintético com diâmetro médio de 7,7 μm , 23% de carvão em pó e 5% de fibra de algodão (ASHRAE, 1992a). Para os filtros finos, a eficiência é referente à remoção de partículas de 0,4 μm de diâmetro. Já a eficiência dos filtros absolutos é determinada através do teste DOP da norma U.S. Military Standard 282. O teste DOP avalia a eficiência de um filtro na retenção de partículas de 0,3 μm de dioctilftalato (*dioctyl phthalate* - DOP).

Lima de Paula (2003) discute sobre a necessidade de um sistema de ventilação específico para algumas especialidades cirúrgicas, como a ortopédica, considerando o elevado potencial de infecção existente.

A seguir são descritos dois tipos de sistema de climatização: Unidades de janela e Sistema tipo fan-coil.

9.9.1. Unidades de janela

São as unidades de pequeno porte, baixo custo e baixa capacidade de refrigeração (até 2,5 TR⁸). Utilizadas principalmente em escritórios e residências, ou outros locais com poucos requisitos de

⁸ Medida de potência de refrigeração, onde 1 TR é a quantidade de calor necessária para derreter uma tonelada de gelo em 24 horas.

climatização. Geralmente não possuem a função de renovação do ar do ambiente (BASTO, 2005).

9.9.2. Sistema tipo fan-coil

Este sistema é do tipo central com plenum, e inclui uma unidade de refrigeração, um ventilador e uma tubulação para inserção e retirada do ar do ambiente climatizado (Figura 4). A unidade de resfriamento possui serpentinas por onde circula água fria, capaz de absorver o calor do ar que passa pelo sistema. Nesse sistema, é possível controlar a temperatura, umidade do ar, taxa de renovação e filtragem do ar. A capacidade destes equipamentos varia entre 20 a 220 TR para compressores alternativos e de 250 a 1000 TR para compressores centrífugos (BASTO, 2005).

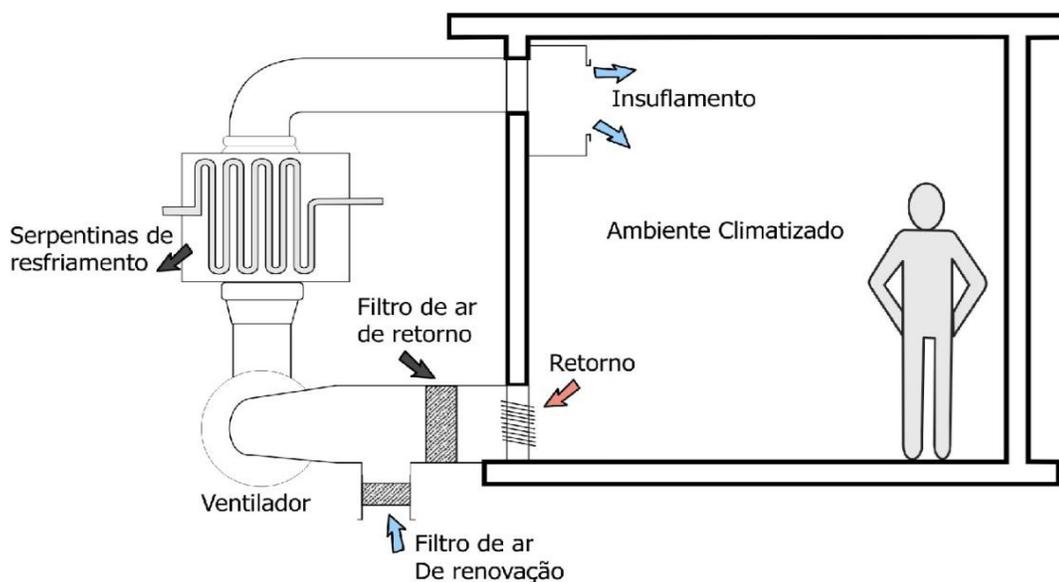


Figura 4: Esquema representativo do sistema de refrigeração do tipo *fan-coil*

9.10. Legislação e normalização

No Brasil, a resolução RE nº 9, da ANVISA (BRASIL, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. Nela, são listados valores máximos recomendados (VMR) para os seguintes parâmetros: contaminação microbiológica, dióxido de carbono, aerodispersóides (MP), além dos parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar. Além disso, essa resolução traz, em seus anexos, quatro normas técnicas especificando as metodologias de coleta e análise para os parâmetros supracitados.

Segundo Nunes (2005), a ANVISA promoveu a redação da consulta pública CP nº 109 de 11 de dezembro de 2003, que trata sobre esse mesmo tema, mais especificamente em ambientes de saúde. Até o momento a resolução pertinente a esta consulta ainda não foi oficializada.

O documento gerado na CP nº 109 classifica os ambientes hospitalares em quatro níveis de riscos e estabelece que os padrões de referência para a contaminação microbiológica são diferenciados para os ambientes enquadrados nesses níveis de riscos (Tabela 1). Outra diferença desse documento em relação à RE nº 09 é o estabelecimento de limites de concentração para alguns

compostos no ar, sendo eles: fenol (15mg.m^{-3}), formaldeído ($2,3\text{mg.m}^{-3}$) e etanol (1480mg.m^{-3}). Os valores estabelecidos para os parâmetros físicos, bem como a concentração de material particulado, permaneceriam os mesmo do que os da RE nº 09. Entretanto, a CP nº 109 não estabelece padrões para a concentração de CO_2 no ar interno (BRASIL, 2003 *apud* NUNES, 2005).

Tabela 1: Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP nº 109

	<i>Nível 0</i>	<i>Nível 1</i>	<i>Nível 2</i>	<i>Nível 3</i>
Partículas microbiológica totais no ar	750 UFC/m ³	500 UFC/m ³	200 UFC/m ³	50 UFC/m ³

Um ambiente de nível 0 corresponde à “área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo”. Uma UTN, a área coletiva de uma UTI e salas de cirurgia se enquadrariam no nível 2. Quartos de internação de imunodeprimidos e salas de cirurgia especializada (ortopedia, neurologia, cardiologia, transplante) se enquadrariam no nível 3. Em nenhum ambiente é aceita a presença de microorganismos potencialmente agressores com transmissão comprovada por via ambiental, exceto por locais onde estão isolados pacientes que sofrem infecção por estes organismos (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005).

Segundo esta mesma consulta pública, os COV devem ser avaliados nos ambientes apenas caso ocorram evidências de contaminação de COV à pacientes ou profissionais, “determinado o grau de comprometimento ambiental, com objetivo de orientar e controlar as ações de prevenção e/ou correção” (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005). A consulta pública CP nº 109 não define padrões para a concentração de dióxido de carbono (CO_2) no ar.

A portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, tem como objetivo estabelecer medidas básicas referentes à manutenção dos sistemas de climatização, para garantir a "Qualidade do Ar de Interiores" e a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Essa portaria regulamenta parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os métodos de controle e pré-requisitos do projeto de instalação e de execução de sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

Em relação ao ambiente hospitalar, a portaria do Ministério da Saúde nº 930, de 27 de agosto de 1992, determina que “todos os hospitais do país devem manter uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) independentemente da natureza da entidade mantenedora”. Em 6 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.431, que dispõe sobre a “obrigatoriedade de manutenção do programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais do País” (BRASIL, 1992 e 1997).

Observou-se que a maioria dessas regulamentações foi elaborada com base nos parâmetros estabelecidos pela ASHRAE, dos Estados Unidos. Esse órgão estabelece os padrões de qualidade para ambientes internos climatizados. A norma ASHRAE 55-1992 (ASHRAE, 1992b) estabelece os padrões de temperatura e umidade relativa do ar, enquanto a norma ASHRAE 62-1999 (ASHRAE, 1999), estabelece as taxas de ventilação do ar e alguns parâmetros físico-químicos, como a concentração de formaldeído e monóxido de carbono.

9.11. Referências bibliográficas

ADDINGTON, Michelle. Chapter 2: History and future of ventilation. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 52.1-1992: Gravimetric and dust-spot procedures for testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 32p. 1992a.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55-1992: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1992b.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 62-1999: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 1999.

ANDERSEN, Ariel A. New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. **Journal of bacteriology**, v. 76, n. 5, p. 471 – 494. Washington: The American Society for Microbiology, ISSN: 1098-5530, 1958.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 07256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações**. ICS: 91.140.30; 13.040 22p. ABNT: Rio de Janeiro, 2005.

BASTO, José E. **Requisitos para garantia da qualidade do ar em ambientes climatizados: enfoque em ambientes hospitalares**. 2005. 110f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

BELLI FILHO, Paulo. DE MELO LISBOA, Henrique. Avaliação de emissões odorantes, **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, ISSN 1453-4152, Out-Dez 1998.

BERTINO, Joseph S. Cost burden of viral respiratory infections: Issues for formulary decision makers. **Disease-a-Month**, v. 49, n. 3, p. 225-239, Amsterdam: Elsevier, ISSN: 0011-5029, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 930, de 27 de agosto de 1992**. Diário Oficial da União, Brasília, 27 ago. 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998**, Diário Oficial da União, Brasília, 31 ago. 1998.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.431, de 6 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, 4 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. 2003.

BRICKUS L. S. R.; AQUINO NETO F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, v. 22, n.1, ISSN 1679-7064, 1999.

BRIGHTMAN, Howard S. MOSS, Nanette. Chapter 3: Sick Building Syndrome – Studies and the compilation of normative and comparative values. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

BROOKS, Geo. BUTEL, Janet S. MORSE, Stephen A. JAWETZ, Ernest. **Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology**, 23rd Ed. McGraw-Hill Professional, 704 p. ISBN:0071412077, 2004.

BROWN, Stephen K. Chapter 38: Asbestos. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

BROWN, S. K.; SIM, M. R.; ABRAMSON, M. J.; GRAY, C. N. Concentrations of volatile organic-compounds in indoor air – a review. **Indoor Air: International Journal of Indoor Air Quality and Climate**, v. 4, p. 123-134, 1994.

BURGE, Harriet A. Chapter 45: The fungi. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

BURTON, Gwendolyn R.W. ENGELKIRK, Paul G. **Microbiologia para as ciências da saúde**, 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 426p. ISBN 85-277-1031-5, 2005.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do Ar Interno**. Série Texto Técnico, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP, 35 p., 1999.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Adenoviruses**. Jan, 21 2005. Disponível em <http://www.cdc.gov/ncidod/dvrd/revb/respiratory/eadfeat.htm> Acesso em 11 de fev 2008.

COHEN, B.S.; Deposition of charged particles on lung airways. **Health Physics**, v. 4, n. 5, p. 554-560, ISSN 1538-5159, 1998.

COHEN, Mara Lú H. **Oxydation de faibles concentrations de vapeurs organiques (COV) par photocatalyse hétérogène**. Mémoire (Maîtrise en génie chimique). Université de Montréal. 2004.

DUFFEE, Richard A. O'BRIEN, Martha. Chapter 21: Response to odors. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

FALVEY, D.G. STREINFEL A.J. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. **Journal of Hospital Infection**, n. 67, v. 1, p. 65-41. Amsterdam: Elsevier, 2007.

GIODA, A. **Poluição Atmosférica e de Interiores: Influência Mútua e Seus Reflexos na Saúde**. Tese (Doutorado em Ciências – Química Orgânica). 212f. Departamento de Química Orgânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1389-1387, ISSN 0102-311X, 2003.

GORBACH, Sherwood L. BARLETT, John G. E BLACKLOW, Neil R. **Infectious diseases**, 3rd Ed. Amsterdam: Lippincott Williams & Wilkins, 2700p. ISBN 0781733715, 2003.

GRIGOREVSKI-LIMA, A.L. SILVA-FILHO, R.G. LINHARES, L.F. COELHO, R.R.R. Occurrence of actinomycetes in indoor air in Rio de Janeiro, Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 1540-1543, ISSN 0360-1323, 2006.

GUPTA, Sanjeev. KHARE, Mukesh. GOYAL, Radha. Sick building syndrome – A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City. **Building and Environment**, v. 42, p. 2797-2809, ISSN 0360-1323, 2007.

GWON, Hwa Wan. SHU, Chuan Lu, YING, Huang Tsai. Polymerase chain reaction used for the detection of airborne Mycobacterium tuberculosis in health care settings. **American Journal of Infection Control**. v. 32, n. 1, p 17-22, 2004.

HAINES, Roger W. WILSON, C. Lewis. **HVAC Systems Design Handbook**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 528 p. ISBN: 0070259631, 1998.

HESS-KOSA, Kathleen. **Indoor quality: Sampling methodologies**, Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 320p. ISBN 1-56670-539-8, 2002.

JB ONLINE: **CO₂ pode deixar trabalhadores doentes e reduzir a concentração**. 08:51, 16 de nov. 2007. Disponível em: <http://quest1.jb.com.br/extra/2007/11/16/e161125733.html> Acesso em 26 de abril de 2008

JONES, Andy P. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**. vol.33, n. 1, p. 4535-4564, ISSN 1352-2310, 1999.

KENNY, L.C. BOWRY, A. CROOK, B. STANCLIFFE, J.D. Field Testing of a Personal Size-selective Bioaerosol Sampler. **Annals of Occupational Hygiene**. Vol. 43, No. 6, p. 393-404, ISSN 0003-4878, 1999.

KILDESO, Jan. VALLARINO, Jose. SPENGLER, John D. BRIGHTMAN, Howard S. SCHNEIDER, Thomas. Dust build-up on surfaces in the indoor environment. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 699-707, ISSN 1352-2310, 1999.

KWOC, Alison G. Chapter 15: Thermal comfort: Concepts and guidelines. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

LEE, Chia-Wei. DAI, Yu-Tung. CHIEN, Chih-Hsueh. HSU, Der-Jen. Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. **Environmental Research**, v. 100. p. 139-149. Amsterdam: Elsevier ISSN 0013-9351, 2006.

LIMA DE PAULA, Juliana F. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em enfermagem fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003.

MADIGAN, Michel T. MADINGO, John M. PARKER, Jack. **Microbiologia de Brock**, 10^a ed. São Paulo: Person / Prentice-Hall, 608p. ISBN: 85-87918-51-6, 2004.

MANGRAM, Alicia J. HORAN, Teresa C. PEARSON, Michele L. SILVER, Leah C. JARVIS, William R. Guideline for prevention of surgical site infection. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v. 20, n. 4, p. 247 – 278. Minneapolis: University of Minnesota, 1999.

MAY, K. R. The cascade impactor: an instrument for sampling coarse aerosols. **Journal of Aerosol Science**, v. 22, p. 187-195. Amsterdam: Elsevier, ISSN 0021-8502, 1945.

MENDES, René. Asbesto (amianto) e doença: revisão do conhecimento científico e fundamentação para uma urgente mudança da atual política brasileira sobre a questão. **Cadernos de Saúde Pública**, v.17, n. 1 Rio de Janeiro, ISSN 0102-311X, Jan/Fev 2001.

MILLER, Claudia S. ASHFORD, Nicholas A. Chapter 27: Multiple Chemical Intolerance and Indoor Air Quality. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

MIRANDA, Gilson Rodrigo de. 2007. Avaliação das emissões atmosféricas provenientes da combustão de diesel, biodiesel de resíduos de óleo de mistura e suas misturas. 108 fls. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) – Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MOLHAVE, Lars. Chapter 25: Sensory irritation in humans caused by volatile organic compounds (vocs) as indoor air pollutants: A summary of 12 exposure experiments. In:

SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

MONTACUTELLI, Riccardo. MAGGI, Oriana. TARSITAN, Gianfranco. GABRIELLI, Nazzareno. Aerobiological monitoring of the “Sistine Chapel”: airborne bacteria and microfungi trends. **Aerobiologia**, v. 16, p. 441–448, Kluwer Academic Publishers. Amsterdam, ISSN 0393-5965, 2000.

MYATT, Theodore A. JOHNSTON, Sebastian L. ZUO, Zhengfa. WAND, Matthew. KEBADZE, Tatiana. RUDNICK, Stephen. MILTON, Donald K. Detection of airborne rhinovirus and its relation to outdoor air supply in office environment. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 169, p. 1187-1190, ISSN 0003-0805, 2004.

NAGDA, Niren L. RECTOR, Harry E. Chapter 51: Instruments and measurements for measuring indoor air quality. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

NIKLINSKI, Jacek. NIKLINSKA, Wiesława. CHYCZEWSKAC, Elzbieta. LAUDANSKI, Jerzy. NAUMNIK, Wojciech. CHYCZEWSKID, Lech. PLUYGERSE, Eric. The epidemiology of asbestos-related diseases. **Lung Cancer**, vol. 455, n. 1, p. S7 – S15. Amsterdam, Elsevier, ISSN 0169-5002, 2004.

NUNES, Zilma das Graças. **Estudo da Qualidade Microbiológica do Ar de Ambientes Internos Climatizados**. 2005.163 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) - Programa de Pós-graduação em Vigilância Sanitária / Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde / Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2005.

PASQUARELLA, C. PIZURRA, O. SAVINO, A. The index of microbial air contamination. **Journal of hospital infection**. V. 46, n. 4. p. 241-256. Amsterdam: Elsevier, ISSN 0195-6701, 2000.

PATNAIK, Pradyot. **Handbook of environmental analysis: Chemical pollutants in air, water, soil and solid wastes**. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 584p. ISBN 0873719891, 1997.

PERDRIX, Alain. PARAT, Sylvie. LIAUDY, Sylvette. MAÎTRE, Anne. Syndrome des bâtiments malsains (SBM). **Revue Francophone des Laboratoires**, n. 373, p. 67-72. Amsterdam: Elsevier, 2005. ISSN 1773-035X, mai 2005.

PORTNOY, Jay M. FLAPPAN, Susan. BARNES, Charles S. A procedure for evaluation of the indoor environment. **Aerobiologia**. v. 17, p. 43-48. Dordrecht, ISSN: 1573-3025, 2001.

REDLICH, Carrie A. SPARER, Judy. CULLEN, Mark R. Occupational Medicine: Sick Building Syndrome. **The Lancet: UK Medical Journal**, v. 349, April 5, 1997, p. 1013-1016. Oxford: Elsevier, ISSN 0140-6736, 1997.

ROSA, Ediane. DE MELO LISBOA, Henrique de Melo. Dispersão de aerossóis no sistema de tratamento de esgotos por lodo ativado na ETE Florianópolis – SC. **Revista de estudos**

ambientais, v. 7, n. 1, jan/jul 2005, p. 26-38. Blumenau: Editora da FURB, ISSN 1516-3911, 2005.

ROUGHTON, F. J. W.; DARLING, R. C. The effect of carbon monoxide on the oxyhemoglobin dissociation curve. **American Journal of Physiology**, v.141, n. 1, p. 17-31, ISSN 1522-1466, 1994.

SAMET, Jonatham M. Chapter 40: Radon. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

SAMET, Jonathan M. WANG, Sophia S. Chapter 30: Environmental tobacco smoke. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade do Ar: Informações**. 4 de janeiro de 2001. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp Acesso em 20 de setembro de 2007.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo**. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SCHREIBER, Judith S. PROHONIC, Elizabeth. SMEAD, Gregory. Chapter 66: Residential exposure to volatile organic compounds from nearby commercial facilities. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

SÉGALA, Claire. POIZEAU, David. MESBAH, Mounir. WILLEMS, Sylvie. MAIDENBERG, Manuel. Winter air pollution and infant bronchiolitis in Paris. **Environmental Research**, v. 206, p. 96-100, ISSN 0013-9351, 2008.

SPENGLER, John D. CHEN, Qingyan Y. DILWALI, Kumkum M. Chapter 5: Indoor air quality factors in designing healthy buildings. In: SPENGLER, John D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

SPENGLER, John D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

STATHOLOUPOU, O.I. ASSIMAKOPOULOS, V.D. FLOCAS, V.A. HELMIS, C.G. An experimental study of air quality inside large athletic halls. **Building and Environment**. v. 43, n. 5, p. 793-803, ISSN 0360-1323, 2008.

TORTORA, Gerard J. FUNKE, Berdell R. CASE, Christine L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 894p. ISBN: 85-363-0488-X, 2005.

TUCKER, W. Gene. Chapter 31: Volatile Organic Compounds. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

UNDERHILL, Dwight. Chapter 10: Removal of gases and vapors. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Quality Criteria for Carbon Monoxide**. (EPA 600/P-99/001F). 295p., 1991a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Building Air Quality - A Guide for Building Owners and Facility Managers**. 1991b. 228p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Technical support document for the 1992 citizen's guide to radon**. EPA 400-R-92-011. 1992.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Indoor Air Pollution – An Introduction for Health Professionals**. EPA-402-R-94-007, 33p., 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality**. EPA-402-K-93-007, 39p., 1995.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Consumer Product Safety Commission - An Update on Formaldehyde: 1997 Revision**. CPSC Document #725. USEPA, 1997a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air - Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes. Method TO-17**, 2nd edition. Cincinnati, 49p., 1997b.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon**. 16p. EPA, EPA-402-K-07-009, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Substance Registry System (SRS): Volatile organic compounds**. 2008. Disponível em <http://www.epa.gov/srs/> Acesso em 28 de jan 2008.

VALLARINO, José. Chapter 37: Fibers. In: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. **Indoor Air Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1448 p. ISBN 0074455494, 2004.

WANG, S.; ANG, H. M.; TADE, M. O. Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. **Environment International**, v.33, n. 5, p. 694–705, Amsterdam: Elsevier, ISSN 0160-4120, 2007.

WEBSTER, John. **Introduction to Fungi**, 2nd ed. Oxford: Cambridge University Press, 1985. 846p. ISBN: 0 521 29699 4

WEISBERG, Susan S. Influenza. **Disease-a-Month**, v. 53, n. 9, p. 435-446, ISSN 0011-5029, 2007.

WOLKOFF, P.; NIELSEN, G. D. Organic compounds in indoor air – Their relevance for perceived indoor air quality? **Atmospheric Environment**, v. 35, p. 4407-4417, ISSN 1352-2310, 2001.

WOLKOFF, P.; CLAUSEN, P.A.; JENSEN, B.; NIELSEN, G.D.; WILKINS, C.K. Are we measuring the relevant indoor pollutants? **Indoor Air**, v.7, n. 1, p. 92-106. Lyngby: Blackwell Publishing, ISSN 0905-6947, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Indoor Air Quality: Organic Pollutants**. EURO Reports and Studies No. 111, World Health Organization, Copenhagen. 1989.

ZHANG, Yuanhui. **Indoor Air Quality Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 615p., ISBN:1566706742, 2004.