

Texto Técnico
Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 1413-0386
TT/PCC/23

Qualidade do Ar Interno

Adriano Trotta Carmo
Racine Tadeu Araújo Prado

São Paulo – 1999

Texto Técnico
Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

Diretor: Prof. Dr. Antônio Marcos de Aguirra Massola
Vice-Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João da Rocha Lima Junior

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves
Prof. Dr. Antônio Domingues de Figueiredo
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico
Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

O Texto Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, destinada a alunos dos cursos de graduação

FICHA CATALOGRÁFICA

Carmo, Adriano Trotta
Qualidade do ar interno / A.T. Carmo, R.T.A. Prado. -- São Paulo :
EPUSP, 1999.

35 p. -- (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23)

1. Poluição no interior de edifícios 2. Edifícios doentes I. Prado, Racine Tadeu Araújo II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

ISSN 1413-0386

CDU 699.87
699.87

1 - Introdução – Qualidade do ar interno	3
2 – Objetivo	5
3 – Fatores que afetam a IAQ.....	6
3.1 – Ventilação	6
3.2 - Contaminantes químicos.....	8
3.2.1 – Monóxido de carbono	8
3.2.2 – Dióxido de carbono.....	10
3.2.3 – Óxido e dióxido de nitrogênio	11
3.2.4 – Dióxido de enxofre.....	12
3.2.5 – Amônia	13
3.2.6 – Formaldeído.....	13
3.2.7 – Compostos orgânicos voláteis	14
3.3 - Contaminantes biológicos.....	15
3.4 - Materiais particulados.....	17
3.5 - Ocupantes do edifício	18
3.6 - Outros contaminantes	19
3.6.1 - Asbesto.....	19
3.6.2 – Radônio	20
4 – Prevenção de problemas na IAQ	21
4.1 – Desenvolvimento de um perfil na IAQ.....	21
4.2 – Passos para criação do perfil	21
4.2.1 – Coleta e revisão de informações existentes:.....	21
4.2.2 – Condução de uma inspeção pelo edifício:.....	23
4.2.3 – Coleta de informações detalhadas.....	24
4.3 – Desenvolvimento de um plano de gerenciamento de IAQ	24
5 – Resolução de problemas de IAQ	26
5.1 – Tipos de dados que podem ser obtidos	26
5.2 – Visão geral da condução de uma investigação sobre IAQ.....	27
5.3 – Medidas para reduzir a exposição aos contaminantes em uma residência	29
6 – Informações Adicionais	29
6.1 – Comentários sobre a Portaria 3523 do Ministério da Saúde	29
6.2 –Comentários sobre a norma 62 – 1989 da ASHRAE – “Ventilação para uma qualidade do ar interior aceitável”	30
7 – Referências Bibliográficas	31
Adendo – Algumas definições usadas neste texto técnico.....	34

Siglas utilizadas neste texto:

- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- HVAC: sigla em inglês para sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado.
- IAQ – sigla em inglês para qualidade do ar interno.
- NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

1 - INTRODUÇÃO – QUALIDADE DO AR INTERIOR

Até décadas atrás, a única exigência que era feita ao construir uma edificação era que ela desse ao homem condições apropriadas para que o mesmo desenvolvesse suas atividades, fossem elas produtivas ou de lazer.

Com o passar do tempo e com a evolução do conhecimento do homem sobre o ambiente interno e o externo ao edifício, outras exigências foram progressivamente sendo adicionadas aos requisitos básicos já conhecidos (segurança da edificação e impermeabilidade e/ou estanqueidade a chuvas, ventos e neve, por exemplo). Cada vez mais, a questão do conforto - seja ele higrotérmico, visual, olfativo ou auditivo - foi sendo valorizada. Novos produtos foram criados, novas técnicas de construção foram incorporadas, sempre com o objetivo de garantir ao homem locais adequados para suas atividades com o menor gasto possível.

A evolução dos edifícios impôs um novo desafio, o da economia de energia. Esta necessidade ficou patente após a crise do petróleo na década de setenta. Com a alta dos preços dos combustíveis, houve uma tendência mundial em conservar energia, resultando em edifícios com poucas aberturas para ventilação.

Além dos edifícios se tornarem cada vez mais fechados, seu grau de automatização também aumentou. Sua dependência de controles computadorizados, sistemas forçados de ventilação, sistemas de ar condicionado, dentre outros, foi crescendo. Sistemas de ventilação tornaram-se mais sofisticados. Reduções nos gastos de energia foram possíveis pelo emprego de computadores para variar as quantidades de ar introduzidas no edifício, baseadas unicamente em requisitos de carga térmica nos espaços ocupados. O único critério utilizado, no que diz respeito ao ar interior, foi a temperatura e a umidade. Outros parâmetros envolvendo a qualidade do ar utilizado dentro dos edifícios foram ignorados.

Se, por um lado, houve uma preocupação crescente com a economia de energia, por outro, a qualidade do ar interno (IAQ) foi deixada de lado. Controles e avanços nos sistemas automatizados causaram uma redução dramática nas perdas de energia nos últimos trinta anos e as taxas de infiltração de ar caíram. O resultado disso é que as concentrações médias dos vários poluentes no ar interno aumentaram substancialmente. Registros externos (dampers) de entrada de ar eram dispostos de modo a permitir um mínimo de captação de ar, ou mesmo eram fechados para diminuir os gastos com refrigeração.

Hoje, sabemos que uma série de poluentes - dentre eles, monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio - são produzidos dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e também pelas próprias atividades do homem, como cozinhar ou lavar e secar roupas. Tais poluentes comprometem a saúde e o rendimento do trabalho dos usuários.

Alguns edifícios já estão sendo chamados de “doentes”, devido à péssima qualidade do ar em seus recintos. Também foi criada a expressão “Sick Building Syndrome” (SBS), caracterizada por um estado doentio transitório dos usuários, já que os sintomas normalmente desaparecem quando as pessoas afetadas deixam o edifício. Sua origem está relacionada ao fato de que aqueles com manutenção inadequada de suas torres de resfriamento e sistema de

ventilação são fontes de microorganismos, conforme EPA (Environmental Protection Agency – 1991).

São chamados de “doentes” aqueles nos quais uma porção significativa dos usuários, em torno de 20% segundo ROBERTSON (1995), apresentam uma série de sintomas, tais como: dor de cabeça, náuseas, cansaço, irritação dos olhos, nariz e garganta, falta de concentração, problemas de pele, dentre outros.

Tais edifícios possuem problemas no seu ambiente interno. Como já citado anteriormente, a qualidade do ar desempenha papel importante neste processo. Contudo, as condições de conforto também devem ser levadas em consideração, já que calor ou frio excessivos, correntes de ar, umidade inadequada, vibrações, ruídos e luminosidade interagem entre si e colaboram para o aumento das queixas dos usuários.

É importante ressaltar que há uma distinção entre a SBS e as doenças relativas ao edifício. Uma síndrome, por definição, é um conjunto de sintomas que se apresentam em uma doença e a caracterizam SILVA (1970). Frequentemente esses sintomas formam um padrão identificável que torna o diagnóstico por exclusão possível. Segundo HANSEN (1991), as doenças relacionadas ao edifício, identificadas pelo termo “Building Related Illness” (BRI), estão relacionadas a uma infecção verdadeira, e não temporária, dos usuários. Ela pode ser detectada por testes de laboratório e é causada por microorganismos como bactérias, vírus e fungos.

Há uma diferença sutil entre os dois termos utilizados (SBS e BRI). Um edifício que possui a SBS não provoca doenças, ele colabora no sentido de agravar males de pessoas predispostas ou, como já mencionado, de provocar um estado doentio transitório em algumas pessoas. Uma pessoa asmática por exemplo, ao entrar em um edifício doente, provavelmente sentirá uma irritação no sistema respiratório enquanto permanecer no local. Já edifícios que possuam a BRI, podem provocar doenças, tais como: asma, infecções bacteriológicas, virais ou por fungos. Estas doenças estão diretamente relacionadas às condições do edifício.

A diferença chave entre os dois termos acima citados é que os contaminantes específicos da SBS podem não ser conhecidos. Ela é diagnosticada quando as queixas e os sintomas estão claramente associados à ocupação do edifício, mas nenhum agente causador pode ser positivamente identificado. As queixas são frequentemente resolvidas pelo aumento da ventilação, por um controle ou substituição mais efetivos das prováveis fontes de poluentes e pela melhoria da manutenção. Em quase todos os casos, BRI é um estágio avançado da SBS. A sujeira, poeira, umidade e água parada, típicos da manutenção pobre que causa a SBS, tornam o local ideal para a reprodução de microorganismos. Algumas vezes, o problema da SBS pode ser atenuado simplesmente pelo aumento do fornecimento de ar fresco, contudo, de acordo com CUELL (1993), este procedimento não irá resolver o problema da BRI. É altamente improvável que um edifício atinja sem antes passar pela SBS.

Alguns passos podem ser tomados para prevenir que a poluição interna do ar afete a saúde dos usuários. Tais passos diminuem o número de faltas, as despesas com tratamento médico e aumentam a produtividade. Eles fazem parte de um programa de monitoramento específico designado para inspecionar, analisar e avaliar o sistema de manejo do ar nos edifícios.

Tal programa consiste, conforme indica ROBERTSON (1995), em inspecionar o projeto e as práticas de operação dos sistemas de ventilação, controlar as taxas de admissão de ar externo,

variando-as conforme a necessidade e examinar os sistemas de refrigeração, aquecimento e umidificação. Uma segunda etapa consistiria na coleta e análise das concentrações de gases nocivos em pontos específicos do edifício. A última fase consiste no monitoramento contínuo do que ocorre no mesmo, através da instalação de sensores fixos de gases, de inspeções e caminhadas de vistorias em intervalos de tempo pré-determinados, para fazer relatórios com metodologias, conclusões e recomendações.

Essas inspeções podem ser feitas por um “júri de interpretação” (conjunto de pessoas treinadas para fornecer um julgamento da qualidade percebida do ar), ao invés dos tradicionais questionários de avaliação da IAQ dados aos usuários, segundo AIZLEWOOD ET AL (1995). É interessante ressaltar que, muitas vezes, os dados apresentados pelo júri não necessariamente se correlacionam com os resultados dos questionários. Na realidade, o júri faz uma avaliação imediata da qualidade do ar em cada local enquanto que os ocupantes já estão adaptados às condições físicas de seu trabalho e fazem uma avaliação de longo prazo, ainda conforme os mesmos autores.

Possuir um edifício saudável significa, ao menos, ter uma boa qualidade interior do ar, através do uso de adequadas taxas de ventilação, de sistemas de automação predial e de um monitoramento contínuo das instalações.

Atualmente, há uma estimativa de que grande parte das pessoas, principalmente em ambientes urbanos, passa entre 80 e 90% do seu tempo dentro de edifícios. De acordo com PARKER (1993), isto significa que, na maior parte do tempo, estamos sujeitos a um ambiente artificial que é modificado pelo espaço fechado do edifício. E o que é pior, modificado de maneira negativa, já que o problema da qualidade do ar é real e crescente. Segundo RAW (1997), sua natureza é difícil de se avaliar, pois muitos componentes químicos diferentes estão envolvidos e alguns deles não são perceptíveis como, por exemplo, o radônio.

Problemas econômicos, legais e de saúde associados à qualidade do ar parecem destinados a torná-la uma questão dominante no próximo século. Certamente, os problemas de qualidade do ar tornaram o trabalho de engenheiros, arquitetos e gerentes mais difícil e trouxeram aos proprietários um grande risco. Pesquisas sobre esse tema tiveram um grande impulso nos anos 90, principalmente nos EUA e na Europa. Em alguns países, diversas agências particulares e do governo federal estão envolvidas na qualidade do ar. Estados aumentam o desenvolvimento de materiais de apoio.

No Brasil, quase não há desenvolvimento nessa área e certamente há edifícios doentes no país. Recentemente, a Câmara dos Deputados de Brasília passou por problemas de IAQ, só para citar um caso. Pesquisas podem e devem ser desenvolvidas para, por exemplo, detectar os tipos de problemas relacionados à IAQ (através de medições de poluentes e auditorias por exemplo) e o que fazer para, se não extingui-los, pelo menos minimizá-los.

2 – OBJETIVO

O objetivo deste texto é fornecer informações básicas a respeito da qualidade do ar interno para alunos de graduação e interessados em geral. Tema que tem apresentado um grande desenvolvimento e que vem, cada vez mais, ganhando importância. Entende-se por informações básicas uma apresentação dos fatores que afetam a qualidade do ar (tipos de

poluentes, suas fontes mais conhecidas e seus efeitos à saúde), uma visão geral de como são desenvolvidos planos para a prevenção e resolução de problemas relacionados à mesma. A título de informação adicional, são apresentados comentários sobre a norma 62 – 1989 da ASHRAE e sobre a Portaria 3523 do Ministério da Saúde (1998).

3 – FATORES QUE AFETAM A IAQ

3.1 – Ventilação

Milhões de pessoas trabalham em edifícios com sistemas mecânicos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC). Esses sistemas são projetados para fornecer ar com temperatura e umidade adequadas, livre de concentrações perigosas de poluentes do ar, sendo que o processo mais complexo envolvido na ventilação é o mais importante na determinação de uma boa qualidade do ar interno.

Muitas pessoas entendem a ventilação como o movimento do ar dentro do edifício ou a introdução de ar externo para dentro do ambiente. Ventilação é, realmente, mais do que isso, é uma combinação de processos que resultam não só no fornecimento de ar externo, mas também na retirada do ar viciado de dentro de um edifício. Estes processos envolvem normalmente a entrada de ar externo, condicionamento e mistura do ar por todas as partes do edifício e a exaustão de alguma parcela do ar interno.

A qualidade do ar interno pode deteriorar quando uma ou mais partes desse processo forem inadequadas. Por exemplo, o dióxido de carbono pode se acumular em algumas partes do edifício, caso quantidades insuficientes de ar forem introduzidas e misturadas dentro do mesmo. O CO₂ é apenas um de muitos poluentes gasosos que, isoladamente ou em combinação entre si, podem provocar efeitos adversos à saúde, como dor de cabeça, mal estar, tontura e até problemas de pele, conforme EPA (1991).

Uma comissão da Organização Mundial da Saúde estima que 30% dos novos edifícios ou daqueles reformados podem ter altas taxas de queixas relacionadas aos edifícios doentes EPA (1995). Enquanto isto é freqüentemente temporário, alguns edifícios apresentam problemas de longo prazo, que persistem mesmo após ações corretivas. O Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde relata que uma ventilação pobre e inadequada é um fator que contribui de maneira importante em muitos casos de edifícios doentes.

O controle dos poluentes é a maneira mais efetiva de manter o ar interno limpo. Entretanto, o controle de todas as fontes, ou pelo menos a mitigação de suas emissões, nem sempre é possível ou praticável. A ventilação, natural ou mecânica, é a segunda maneira mais efetiva de proporcionar condições aceitáveis de ar interno.

Antigamente, a maioria dos edifícios possuía janelas que podiam ser abertas. Deixar um ambiente mal ventilado ser arejado pela abertura de todas as janelas era uma prática comum. Além disso, as diferenças de pressão entre o ambiente externo e o interno provocavam a entrada de ar através de frestas e aberturas na fachada do edifício. Hoje em dia, contudo, a maioria dos edifícios novos são construídos sem janelas “operáveis”, isto é, que possam ser abertas pelos usuários (como por exemplo as fachadas de vidro), e um sistema de ventilação

mecânico é utilizado para a troca de ar, com o fornecimento de um ar externo relativamente limpo.

A taxa na qual o ar externo é introduzido no ambiente interno é especificada por normas ASHRAE (1989). Ela é baseada na necessidade de controle dos odores e dos níveis de CO₂. O dióxido de carbono é um componente do ar externo, mas ele pode ser produzido internamente e seu excesso, sua acumulação interna, pode indicar uma ventilação inadequada. No começo do século, as normas de ventilação para edificações, conforme descreve EPA, pediam por aproximadamente 25 m³/h de ar externo fresco para cada um dos ocupantes. Essa taxa era usada basicamente para diluir os poluentes e remover odores originários do metabolismo humano. Como resultado da crise do petróleo na década de 70, medidas nacionais de economia de energia impuseram uma redução nessas taxas para aproximadamente 8 m³/h para cada um dos usuários do edifício, segundo a ASHRAE (1989).

Em muitos casos, estas taxas reduzidas de fornecimento de ar foram inadequadas para manter a saúde e o conforto dos ocupantes. Como já colocado acima, uma ventilação inadequada é uma das causas da síndrome dos edifícios doentes. Em uma tentativa de providenciar taxas de troca de ar adequadas e em concordância com a necessidade de economia de energia, a ASHRAE revisou os padrões de ventilação (ver item 6.2) e concluiu que é possível, com a tecnologia atual, fornecer uma taxa de 25 m³/h por usuário sem gastos adicionais de energia. Dependendo das atividades desenvolvidas no local, uma taxa de 100 m³/h pode ser necessária.

Os processos envolvidos na ventilação são executados para a diluição dos poluentes. Em geral, um aumento da vazão na qual o ar externo é introduzido no ambiente interno provoca uma diminuição nos problemas relacionados à qualidade do ar interno. Contudo, outros processos envolvidos na ventilação são igualmente importantes. Por exemplo, edifícios com altas taxas de renovação de ar podem ter problemas devidos a uma distribuição desigual ou irregular de ar nos diversos ambientes internos, ou também devidos a uma exaustão ineficiente ou insuficiente. Mesmo em um local bem ventilado, pode haver uma fonte tão forte de poluentes, que contamina todo o ar. Uma boa prática é providenciar sistemas de exaustão separados para áreas na qual existam máquinas de fotocópia ou que utilizem solventes. Deve ser lembrado que, quanto mais perto um sistema de exaustão está de uma fonte, mais efetiva é a ventilação.

Os períodos nos quais um sistema de ventilação funciona também são importantes e devem ser considerados ao gerenciar o uso desse sistema. Como é caro manter um sistema de ventilação, aquecimento e condicionamento de ar ligado ininterruptamente, é uma prática comum ligá-los depois que os usuários do edifício chegaram e desligá-lo pouco depois que eles foram embora. Essa prática, de acordo com a EPA, piora as condições internas do ar. Portanto, o ideal é ligá-lo algumas horas antes que os usuários cheguem para suas atividades e desligá-lo somente depois que eles forem embora.

Faz parte de um consenso, que uma qualidade do ar interno pobre pode afetar negativamente o desempenho dos empregados, sua saúde e sua produtividade. Os custos à indústria foram estimados em dez bilhões de dólares por ano (relatório do Congresso em Qualidade do Ar – EPA (1990)). Portanto, é importante a manutenção de bons parâmetros de qualidade do ar e, claramente inclusos nessa prática, o projeto e manutenção de um sistema de ventilação adequado.

3.2 - Contaminantes químicos

3.2.1 – Monóxido de carbono

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor, inodoro e insípido. É um subproduto da combustão de materiais que contenham carbono em um local com deficiência de oxigênio (combustão incompleta). As principais fontes externas de CO são: exaustões de veículos automotores e processos industriais que envolvem a queima de combustíveis orgânicos.

Exaustões provenientes de veículos em garagens próximas à casa, aquecedores a gás ou a querosene não ventilados, chaminés e lareiras com vazamentos, aquecedores de água, fogões e quaisquer outros aparelhos em que haja combustão são fontes internas de CO. Contudo, quando os aparelhos estão em boas condições de manutenção e sob utilização adequada produzem pouca quantidade deste gás ou em casos de chaminés e fogões, por exemplo, sua dispersão deve ser garantida por exaustores e dispositivos desse tipo, segundo EPA (1993) e EPA (1996).

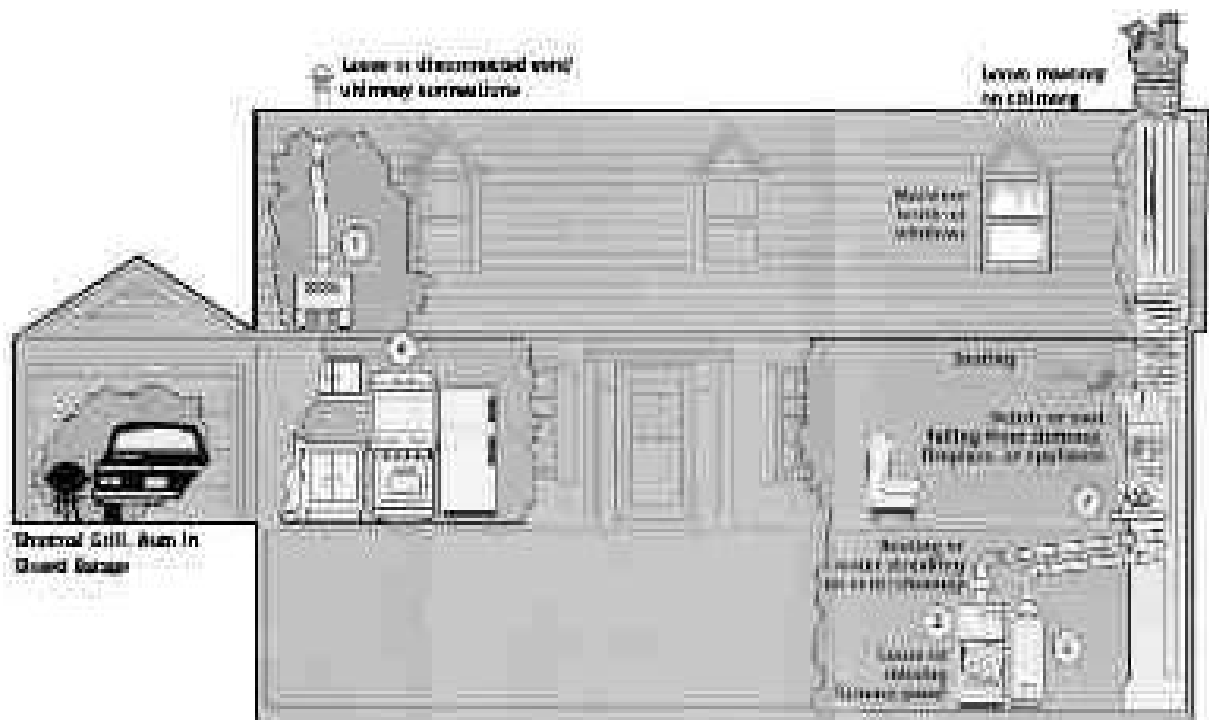


Fig. 1. - Fontes residenciais internas de CO: exaustões de veículos em garagens, aquecedores a gás e fogões, com base na EPA (1993).

Em escritórios e edifícios comerciais, fontes importantes de produtos derivados da combustão incluem fumaça de cigarro e exaustões de veículos em garagens. Entradas de ar localizadas no nível do terreno ou próximas ao tráfego ou outras fontes podem espalhar os poluentes por todo o edifício através do sistema de ventilação.

O monóxido de carbono possui uma afinidade química com a hemoglobina cerca de 250 vezes maior que o oxigênio, conforme HANSEN (1991). Quando a carboxihemoglobina

(COHb) é formada, a capacidade que os glóbulos vermelhos possuem de transportar oxigênio aos tecidos é reduzida. As células privadas de oxigênio morrem por inanição.

Portanto, o CO age como um agente asfixiante. As partes do corpo que mais necessitam de oxigênio, tais como o cérebro e o coração, são as mais profundamente afetadas. Há evidências HANSEN (1991) que sugerem que o CO também pode afetar a habilidade da mioglobina em lidar com o oxigênio e, portanto, aumentam a deficiência de oxigênio das células. A quantidade de hemoglobina formada no sangue depende da concentração de CO no ar.

% de COHb no sangue em relação à quantidade total de Hb.	Efeitos associados a este nível de COHb
80	morte
60	perda de consciência; morte em caso de exposição contínua
40	confusão, colapso em exercícios
30	dor de cabeça, cansaço, julgamento prejudicado
7-20	Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigênio durante exercícios enérgicos em homens jovens
5-17	Diminuição significativa da percepção visual, da destreza manual, da facilidade de aprender e do rendimento em tarefas que exijam certas habilidades
5-5.5	Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigênio e da duração de exercícios enérgicos em homens jovens.
abaixo de 5	Decréscimo insignificante na capacidade de concentração
2.9-4.5	Diminuição significativa da capacidade de fazer exercícios em pessoas que já tenham problemas no coração

Tabela 1 - Níveis de carboxihemoglobina e efeitos relacionados à saúde, com base na EPA (1994).

Pessoas mais idosas, crianças ou pessoas com problemas cardiovasculares ou doenças pulmonares são particularmente sensíveis a elevadas concentrações desse gás. Os níveis de carboxihemoglobina no sangue são, de acordo com a Agência Canadense de Saúde, aproximadamente 0,5% do total de hemoglobina. A tabela acima mostra os efeitos da COHb à saúde. É interessante ressaltar que níveis de até 3% podem ser encontrados em não fumantes, podendo ainda serem considerados normais. Níveis entre 10 e 15% podem ser considerados normais após fumar um cigarro. BRICKUS (1997).

Em níveis baixos o CO pode produzir sintomas não específicos, parecidos com a gripe. Sintomas como vertigens, dor de cabeça, náuseas, zumbido nos ouvidos, palpitação cardíaca e respiração irregular podem ocorrer para níveis de carboxihemoglobina entre 2 e 10% BRICKUS (1997). Em concentrações elevadas, a inalação do CO pode induzir inconsciência, danos ao sistema nervoso central e ao sistema circulatório. Uma exposição aguda pode ser fatal. Pessoas com asma, anemia ou doenças do coração são mais suscetíveis.

Níveis médios desse gás em casas variam de 0,5 a 5 partes por milhão (ppm) EPA (1995), sendo que próximo a fogões adequadamente ajustados estão freqüentemente entre 5 e 15 ppm e próximo àqueles desajustados podem ser tão altos quanto 30 ppm ou mais. O nível de concentração aceitável para uma exposição a curto prazo em residências, conforme

recomendação da Agência Canadense de Saúde, é igual a 11 ppm (permanência de 8 h por dia) ou menor que 25 ppm para uma hora de exposição.

A EPA propõe que a atenção ao uso, com a devida manutenção de aparelhos que utilizem combustão, seja a mais importante medida para reduzir o risco de envenenamento por monóxido de carbono em residências. Um detector de CO pode fornecer uma proteção adicional, contudo não há substitutos para o uso adequado de fontes potenciais de CO. Ainda deve-se considerar que não existem detectores totalmente seletivos e algumas pessoas podem sentir problemas de saúde em níveis mais baixos que a sensibilidade dos detectores.

3.2.2 – Dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor, inodoro e não inflamável, que é produzido por um processo de combustão completa de combustíveis fósseis e também por processos metabólicos. A concentração média de CO₂ na atmosfera é cerca de 340 ppm (Federal – Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health - 1989), mas os níveis podem variar muito, dependendo da localização e do tempo. A concentração interna do CO₂ depende dos níveis externos deste gás e da sua taxa de produção dentro do edifício. Ela é maior que a externa e admite-se geralmente como aceitável, o percentual da concentração externa (0,0035%).

É um gás considerado como relativamente não tóxico e, segundo LIDDAMENT (1997), concentrações tão altas quanto 10.000 ppm ou mais não possuem efeitos significativos à saúde. Porém, ele controla as taxas de respiração em uma pessoa e, conforme seu nível de concentração aumenta, a pessoa sente como se não houvesse ar suficiente no ambiente. A taxa respiratória aumenta no sentido de compensar essa falta de ar.

Fogões a gás, aquecedores não ventilados que utilizem algum processo de combustão, seres humanos e animais de estimação estão entre as principais fontes internas de CO₂. As concentrações residenciais mais altas tendem a ser encontradas nas áreas da casa na qual os ocupantes permanecem a maioria do tempo, sendo diretamente relacionada com o número de ocupantes. Em salas inadequadamente ventiladas os níveis podem exceder 3.000 ppm apenas a partir do metabolismo humano. Um aumento da concentração interna de dióxido de carbono aumenta a acidez do sangue e provoca um aumento na taxa e na profundidade da respiração. Acima de períodos prolongados, da ordem de dias, a regulação dos níveis sanguíneos de CO₂ é feita pela ação dos rins e pelo metabolismo do cálcio dos ossos EPA (1995).

Segundo a Associação de Saúde do Canadá (1989), uma continuidade dessa exposição conduz a alguma desmineralização dos ossos. Exposições a acima de 50.000 ppm produziram efeitos no sistema nervoso central, como dores de cabeça, tonturas, problemas visuais, além de algumas evidências de efeitos cardiovasculares em concentrações semelhantes. A concentração mais baixa para a qual algum efeito adverso à saúde foi observado foi 7.000 ppm. Portanto, considerando-se que mesmo em concentrações desse porte foi necessária uma exposição contínua de alguns dias, o CO₂ não provoca efeitos à saúde em baixas concentrações ou em exposições de curto prazo. Por que, então, o interesse por dióxido de carbono ?

O interesse em controlar suas concentrações internas (monitoramento), apesar de por si só não causar problemas de saúde, está no fato de que a concentração de CO₂ produzido metabolicamente em um local fechado tornou-se um indicador popular da qualidade do ar

interno. É um excelente indicador da adequabilidade da ventilação e pode ser usado para determinar se outros contaminantes internos se acumularam ou não. Sua concentração é a base de funcionamento de muitos sistemas de ventilação e é utilizada como uma medida de conformidade com vários padrões.

A princípio, a taxa de CO₂ pode ser usada para avaliar as taxas de ventilação, determinar a proporção de ar externo que é misturado com o ar recirculado e providenciar uma indicação de como está a IAQ. Para condições normais de ocupação, concentrações acima de 10.000 ppm, de acordo com LIDDAMENT (1997), já indicam que as taxas de ventilação podem estar inadequadas para diluir outros poluentes mais nocivos que podem estar presentes.

A comparação das leituras mais altas desse gás entre salas e zonas de distribuição de ar podem ajudar a identificar e a diagnosticar várias deficiências na ventilação. Por exemplo, se uma concentração média mais elevada for encontrada na zona geral de ventilação, do que no ar de recirculação, tem-se um indicativo de que a mistura do ar está sendo mal feita. Entende-se por zona geral de ventilação, como a área dentro do ambiente em uma altura equivalente àquela em que as pessoas estão respirando (em torno de um metro de altura, em escritórios).

Níveis de CO₂ devem ser usados com cautela como indicadores de uma IAQ aceitável. A premissa básica é que, se o sistema de ventilação, aquecimento e ar condicionado não estão sendo eficazes na remoção desse gás, então os outros poluentes estão provavelmente se acumulando na mesma proporção. Contudo, pode haver uma fonte interna muito forte de outro contaminante, independentemente das medidas de CO₂. Além do mais, pode haver erros nas medidas do dióxido de carbono ou variações temporais nessas medidas que também podem levar a erros de interpretação dos níveis internos.

3.2.3 – Óxido e dióxido de nitrogênio

O óxido de nitrogênio (NO) é um gás venenoso, inodoro e incolor, que é produzido em combustões a alta temperatura. Uma vez no ar, rapidamente se combina com o oxigênio, produzindo o dióxido de nitrogênio (NO₂), gás também muito tóxico com coloração marrom escura e com um cheiro forte. Ele é um dos componentes externos principais da poluição do ar, absorvendo a luz do sol e formando uma névoa marrom-amarelada que às vezes pode ser observada acima das grandes cidades.

O dióxido de nitrogênio é extremamente reativo EPA-a (s/d) e interage com as superfícies internas e com o mobiliário. Tem o tráfego de veículos como sua principal fonte, de acordo com PALMER; KUKADIA (1997). Entretanto, fontes internas como aparelhos que queimem combustíveis orgânicos, tais como, fogões a gás e aquecedores de ambiente, além de fumaça de cigarro também são importantes. A Fig. 2 mostra outras fontes desse gás.

O NO₂ age como um agente irritante, afetando os olhos, pele e a mucosa do nariz, sendo que em altas concentrações pode afetar também a garganta e o trato respiratório. Por sua vez, o óxido de nitrogênio pode interferir no transporte do oxigênio aos tecidos do corpo e em níveis altos produz efeitos similares aos do monóxido de carbono. Exposições a altos índices desse gás, por exemplo como durante um incêndio, podem resultar em um edema pulmonar e prejuízos gerais ao pulmão.

Segundo EPA (1994), exposições contínuas a elevadas concentrações de NO₂ podem contribuir para o desenvolvimento de bronquite crônica. Por outro lado, por ter uma

solubilidade na água relativamente baixa, provoca uma mínima irritação da membrana mucosa no trato respiratório superior. Entretanto, o inferior é o principal local a ser intoxicado. Estudos recentes EPA (1994) indicam que uma exposição de baixo nível ao NO_2 pode aumentar a reatividade bronquial em pessoa asmáticas, diminuir o funcionamento do pulmão em pacientes com obstrução pulmonar crônica e aumentar as possibilidades de infecções respiratórias, especialmente em crianças.

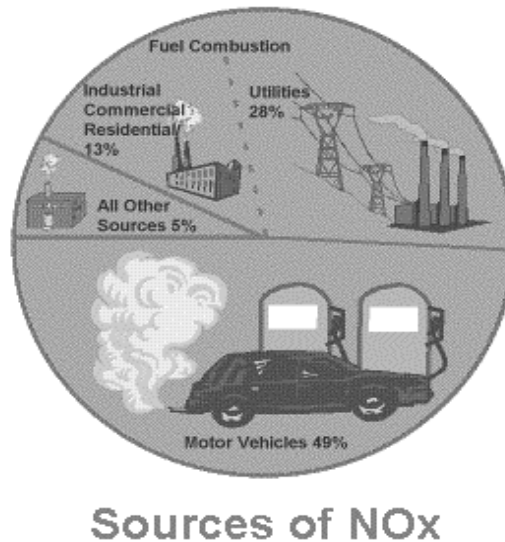


Fig. 2. - Fontes de dióxido de nitrogênio: residenciais, industriais e comerciais 13%, veículos a combustão 49%, utilidades 28% e outras fontes 5%. EPA (1997)

De acordo com HANSEN (1991), estudos nos EUA e na Grã-Bretanha concluíram que crianças expostas a elevados níveis de NO_2 possuem duas vezes mais a incidência de problemas respiratórios que aquelas que não se expuseram.

Algumas medidas podem ser tomadas para diminuir as concentrações deste gás no ambiente. Para residências, pode-se garantir que os aparelhos que queimem combustíveis estejam adequadamente ventilados. Como para a maioria dos outros poluentes, um sistema mecânico de ventilação ajudará a remoção dos poluentes e a prevenção de um acúmulo de gases tóxicos. A Associação de Saúde do Canadá recomenda que os níveis de NO_2 em casas permaneçam abaixo de 0,05 ppm.

3.2.4 – Dióxido de enxofre

O dióxido de enxofre é um gás incolor com um cheiro característico em altas concentrações. É um subproduto da combustão de combustíveis fósseis, tais como carvão e óleo, sendo usado (e liberado na atmosfera) em muitos processos industriais. Também é produzido sempre que algum composto com enxofre seja queimado. Portanto, são diversas as fontes de contaminação. Segundo a EPA, as concentrações internas são normalmente metade das externas, principalmente porque a maioria das fontes são externas e também porque ele é rapidamente absorvido pelos móveis.

A interpretação dos resultados disponíveis de estudos que associam os níveis desse gás com os efeitos à saúde é complexo, devida não só à pequena quantidade de dados representativos, mas também pelo fato de que outros gases podem interagir entre si, confundindo os valores. Mesmo assim, algumas conclusões podem ser tomadas, conforme a seguir.

O dióxido de enxofre prejudica a saúde humana. É altamente solúvel na água e portanto é rapidamente absorvido pelo muco nas membranas do sistema respiratório, além de ser muito prejudicial aos olhos. Após a inalação, ele é dissolvido pela umidade do muco e forma ácido sulfúrico e sulfuroso. Durante a respiração normal ele é absorvido primeiramente pelos tecidos nasais e somente cerca de 5%, de acordo com HANSEN, atingem o trato respiratório inferior. Contudo, durante a respiração oral, grandes quantidades de SO₂ podem atingi-lo. Em altas concentrações ou em inalação intensa, ele pode afetar o trato respiratório inferior, sendo que asmáticos apresentam maiores reações adversas que pessoas normais.

Concentrações acima de 6 ppm já produzem irritação nas membranas mucosas. Estudos epidemiológicos EPA (1994) indicam que uma exposição crônica ao SO₂ está associada com um aumento dos sintomas respiratórios e diminuição da função pulmonar. Estudos clínicos provaram que algumas pessoas asmáticas apresentam broncoconstrição mesmo em concentrações tão baixas quanto 0.4 ppm. EPA (1994).

Além dos efeitos nas pessoas, ele causa danos a materiais e edifícios. Também reage com a umidade da atmosfera produzindo o ácido sulfúrico (que junto com o ácido nítrico formam os principais componentes da chuva ácida), agente corrosivo muito poderoso que provoca os efeitos mencionados acima.

3.2.5 – Amônia

A amônia (NH₃) é um gás incolor, mais leve que o ar, não é inflamável, tem cheiro característico e sufocante, é tóxico, corrosivo e muito solúvel em água. Pode ser facilmente condensado em um líquido mediante frio e pressão e era, por isso, muito utilizado como gás de refrigeração. Em ambientes internos, é muito comum em banheiros, por ser o principal gás exalado da urina. Desenvolvimentos recentes podem levar à utilização de detectores desse gás para a automação de mictórios, reduzindo substancialmente o consumo de água nesses locais.

3.2.6 – Formaldeído

Formaldeído é um importante produto químico industrial usado para fazer outros produtos químicos, materiais de construção e de limpeza. É um dos compostos, pertencente ao grupo químico dos aldeídos, que se inclui em uma grande “família química” chamada compostos orgânicos voláteis ou VOC’s. O termo volátil significa que o composto volatiliza-se (torna-se gás) à temperatura ambiente. É um dos poluentes da qualidade interna do ar que pode ser facilmente medido EPA (1998) e devido à sua importância foi colocado, neste trabalho, separado dos VOC’s.

É incolor em temperatura ambiente, tem um odor pungente e é influenciado quimicamente pela temperatura e umidade. É muito solúvel em água e altamente reativo, com fórmula HCOH. Pode ser encontrado em três estados físicos: gás, solução aquosa e como polímero sólido. Sendo muito solúvel em água, ele pode irritar qualquer parte do corpo humano que contenha umidade, tais como os olhos e o trato respiratório superior.

É utilizado em uma larga variedade de produtos e é mais freqüentemente introduzido no edifício durante a construção inicial ou reformas. Segundo a EPA, é utilizado em muitos produtos de construção, sendo o principal componente de algumas espumas de isolamento, partes de chapas, incluindo madeira compensada, “fiberglass”, adesivos, colas, conservantes em algumas tintas e cosméticos, alguns produtos de papel, fertilizantes, vidro e material de empacotamento. Ele também é produzido por combustão incompleta de combustíveis baseados em hidrocarbonetos. Portanto, fumaça de cigarro, combustíveis para aquecimento ou para cozinhar, tais como gás natural e querosene, são fontes. Altas concentrações em escritórios podem ser vistas devidas à sua liberação a partir de chapas usadas em móveis e até mesmo em papel de parede.

A simples presença humana e sua atividade aumenta a quantidade de aldeídos em ambientes fechados. Porém, uma das principais fontes são as chapas de madeira que o contém em sua composição. É interessante destacar que altas temperaturas aumentam a emissão do gás, sendo que sua concentração depende também da umidade (diretamente proporcional) e da taxa de troca do ar (quanto maior, menor a concentração).

O formaldeído é muito tóxico. Quando presente no ar em níveis acima de 0,1 ppm, ele causa lacrimejamento nos olhos, com uma sensação de queima, não só nos olhos, como também na garganta e nariz. Além disso, causa destruição do revestimento do nariz, com conseqüente diminuição da habilidade do sistema respiratório em reter partículas do ar e micróbios, levando a outras doenças respiratórias. Náuseas, tosse, problemas de pele (reações alérgicas) e chiados durante a respiração também foram efeitos relacionados a suas concentrações. É considerado pela EPA como um cancerígeno provável EPA-b (s/d), já que estudos epidemiológicos revisados pela mesma instituição mostraram um aumento significativo de câncer no trato respiratório relacionado à exposição a níveis elevados de formaldeído.

O formaldeído está normalmente presente em baixos níveis, usualmente abaixo de 0,03 ppm, tanto no ambiente externo quanto no interno. Áreas rurais possuem concentrações menores que áreas urbanas. Residências ou escritórios que contém produtos que exalam formaldeído (chapas prensadas de madeira ou com formaldeído em sua composição usadas no chão ou mesmo nas paredes) podem possuir níveis maiores que o acima indicado.

3.2.7 – Compostos orgânicos voláteis

O termo “compostos orgânicos” engloba todos aqueles que contenham carbono e hidrogênio. Por sua vez, compostos orgânicos voláteis são aqueles que se volatilizam à temperatura ambiente. Alguns dos compostos mais importantes encontrados no ambiente interno e suas fontes encontram-se na tabela abaixo.

Composto	Fontes mais importantes
Acetona	pinturas, removedores, materiais usados para polimento.
Hidrocarbonetos Alifáticos (octano, decanos, hexano, etc)	Pinturas, adesivos, gasolina, máquinas de fotocópia, tapetes, processos de combustão.
Hidrocarbonetos aromáticos (dentre eles, tolueno e benzeno)	Processos de combustão, pinturas, adesivos, gasolina, papel de parede.

Tabela 2 – Alguns compostos orgânicos voláteis e suas fontes mais importantes.

Se não houver fontes, os níveis externos são baixos, entretanto, os níveis internos podem ser muito elevados. Níveis típicos de escritórios variam de poucos microgramas por m³ a alguns miligramas por m³. Todos os edifícios contém uma larga variedade de fontes de produtos químicos, tais como: plásticos, fumaça de cigarro, ceras de chão, produtos de limpeza e processos associados com a combustão, copiadoras e produtos usados em máquinas de fotocópia.

A identificação e a medida desses compostos individualmente é cara, demanda tempo e invariavelmente o total medido será subestimado, porque eles estão presentes em concentrações muito pequenas.

Os sintomas relacionados à exposição a esses compostos incluem: cansaço, dores de cabeça, tonturas, fraqueza, sonolência, irritação dos olhos e pele. A níveis de cerca de 0.3 mg/m³, irritação e desconforto podem aparecer em resposta à presença desses poluentes combinados com condições inadequadas de conforto (temperatura e umidade).

É importante ressaltar que um composto pode interagir com o outro (processo conhecido como sinergia) e fazer com que os efeitos à saúde sejam agravados, isto é, os gases juntos apresentam um efeito pior que a soma dos efeitos dos gases isolados. Como o conhecimento disponível da toxicidade dos compostos orgânicos voláteis é incompleto e os efeitos de suas misturas no ar são desconhecidos, a Associação de Saúde do Canadá sugere que uma redução geral da exposição a esses compostos seja feita.

3.3 - Contaminantes biológicos

São encontrados em diversas concentrações em todos os tipos de ambiente, sejam eles domésticos, industriais, escolas ou escritórios Federal – Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health (1995). Pessoas e animais domésticos liberam fungos e bactérias, reservatórios de água permitem o crescimento dos mesmos e o ar externo pode trazê-los também.

No ar interno, a contaminação microbiológica pode ser um problema sério, sendo que uma série de fatores permitem o crescimento e a liberação desses agentes biológicos no ar. Alta umidade, ventilação reduzida, edifícios “selados” e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado que possuem água ou condensação em algumas partes (torres de resfriamento) permitem o crescimento e a distribuição de vários microorganismos. Dentre esses fatores, a alta umidade relativa do ar é um dos mais importantes, pois permite o aumento das populações de ácaros e o crescimento de fungos sobre superfícies úmidas. O desenvolvimento de estudos sobre os contaminantes microbiológicos é importante devido às várias implicações de saúde e conforto decorrentes.

A avaliação microbiológica em edifícios começou por volta dos anos cinquenta, quando infecções em alguns hospitais tornaram-se comuns. Uma das causas dessas infecções foi associada à propagação de fungos, bactérias e vírus pelo sistema de ventilação. Na Europa e na América do Norte houve relatórios que relacionaram certas doenças com as condições dos edifícios, sendo que os ocupantes apresentavam sintomas tais como: febre, dificuldade de respiração, tosse, dores musculares e mal-estar.

Agentes biológicos no ar interno são conhecidos por causarem três tipos de doenças humanas EPA (1994): infecções, doenças causadas por microorganismos que invadem os tecidos humanos, como por exemplo o resfriado comum e a tuberculose; hipersensibilidade, causada por uma ativação específica do sistema imunológico; e toxicidade, quando as toxinas produzidas por esses agentes causam efeitos nocivos diretos.

A contaminação interna com microorganismos pode ocorrer sob muitas circunstâncias, sendo que ela ocorre, na maioria das vezes, quando uma falha no projeto do edifício, no sistema de ventilação ou ar condicionado permite, a proliferação desses microorganismos. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, há alguns sintomas encontrados em “edifícios doentes” que podem ser relacionados a uma contaminação microbiológica.

Vírus e bactérias causam doenças, mas o ar interno não é usualmente a causa de infecções virais, já que vírus não sobrevivem muito tempo fora do hospedeiro e a transmissão depende do contato com um indivíduo infectado (Federal – Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health - 1995). Entretanto, certas espécies de bactérias, como a *Legionella pneumophila*, podem ser importantes do ponto de vista da qualidade do ar interno.

Segundo a EPA, a *Legionella pneumophila* é um dos três principais agentes bacteriológicos que causam uma forma de pneumonia de difícil detecção. Como essa doença é difícil de ser distinguida das formas mais comuns de pneumonia, muitos casos não são relatados. Cerca de mil casos são comunicados ao Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos EUA anualmente (Federal – Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health - 1995). Contudo, estima-se que aproximadamente 25.000 casos ocorram, sendo que desses, 5.000 a 7.000 resultem em mortes a cada ano. Trata-se da “Doença dos Legionários”, que pode resultar em pneumonia se for disseminada dentro do edifício. Torres de resfriamento, condensadores por evaporação, e sistemas de água quente podem ser fontes de proliferação da *Legionella pneumophila*.

A inalação de grandes quantidades de esporos de fungos pode causar hipersensibilidade à pneumonia, contudo isto raramente resulta da exposição ao ar interno, sendo mais comum reações alérgicas ou asmáticas. Alguns bolores produzem micotoxinas que frequentemente se acumulam nos esporos. A inalação destes esporos é associada a algumas queixas encontradas em edifícios doentes. É importante ressaltar que algumas pessoas possuem maior sensibilidade à exposição a esses microorganismos, como por exemplo pacientes com AIDS ou em tratamento químico ou radioativo (pessoas com câncer).

Espécies de fungos que possuem a habilidade de crescer e de se acumularem internamente ou em equipamentos de manipulação de ar são diferentes daqueles que crescem em plantas ou folhas. A condensação e a acumulação de água permitem o crescimento de muitos fungos que podem provocar ou induzir alergias ou outros problemas que não são rapidamente detectáveis por procedimentos médicos comuns.

A principal estratégia para diminuir os problemas com microorganismos é evitar ou pelo menos manter o crescimento dos mesmos dentro de um nível mínimo. Isso pode ser alcançado de diversas maneiras:

- remover fontes de água que permitam o crescimento dos fungos;
- manter a umidade relativa do ar menor que 60%;

- remover materiais orgânicos porosos claramente infectados, como tapetes embolorados;
- umidificadores portáteis de ar devem ser evitados em escritórios porque raramente eles são mantidos em condições próprias de uso e acabam se tornando fontes;
- o uso de filtros eficientes no sistema de tomada de ar externo é importante, para controlar a entrada de esporos de fungos e outros contaminantes biológicos. Eles devem ser trocados periodicamente.

3.4 - Materiais particulados

Material particulado é o termo utilizado para designar uma mistura física e química de diversas substâncias presentes em suspensão no ar como sólidos ou sob a forma líquida (gotículas, aerossol). Dentre os inúmeros poluentes normalmente encontrados no interior das edificações, os particulados representam a forma mais visível de poluição e para sua detecção não exigem instrumentação com grande nível tecnológico. A matéria particulada total é designada pelo termo matéria particulada em suspensão, sendo a matéria particulada inalável somente aquelas que são pequenas o bastante para passar pelas vias aéreas superiores e alcançar os pulmões.

O tamanho das partículas pode variar de 0,005 a 100 micrometros. Ainda existe muita controvérsia relacionada ao tamanho de partícula que pode ser depositada no aparelho respiratório. Segundo o Comitê Consultivo Federal em Saúde Ambiental e Ocupacional do Canadá (1995), a faixa que é considerada ao estudar-se a qualidade interna do ar e os efeitos dessas partículas à saúde humana é de 0,1 a 10 micrometros. Menores do que isso são normalmente exaladas e, maiores do que 15 micrometros, são grandes demais para serem inaladas, sendo detidas antes de chegarem aos pulmões (Federal – Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health - 1989). Embora ainda haja discussão entre o tamanho das partículas que conseguem atingir determinadas partes do sistema respiratório, a determinação de matéria particulada inalável é importante, já que parte do que é inalado pode ser irreversivelmente depositado nas paredes respiratórias.

As partículas internas têm como origem tanto fontes internas quanto externas, mas o problema no interior do edifício difere da situação externa não só no tamanho das mesmas, mas também na composição química. Internamente, as partículas ocorrem principalmente nas frações finas, já que as fontes internas (tais como: fogões, aquecedores de ambiente, aparelhos que lidem com combustão e cigarros) tendem a produzir partículas pequenas e o “envelope” do edifício (sua fachada) age como um filtro parcial, retendo as maiores. Além disso, internamente, os particulados apresentam uma quantidade muito maior de matéria orgânica que aquela encontrada no ar externo devida, principalmente, às atividades desenvolvidas dentro do edifício como, por exemplo, cozinhar, limpar e usar produtos de consumo.

A composição química da matéria particulada no ar de interiores é muito variável, constituindo-se de amianto, fibras minerais (veja item 3.6.1 - asbesto), fibras sintéticas, esporos fúngicos, restos de insetos e resíduos alimentares, pólen, aerossóis de produtos de consumo e alérgenos. O conhecimento da composição dessa matéria em suspensão no ar pode auxiliar no desenvolvimento de previsões de efeitos à saúde.

Numerosos estudos epidemiológicos indicam que a saúde humana melhorou conforme as concentrações de particulados diminuíram. (Federal – Provincial Advisory Committee on

Environmental and Occupational Health - 1995). Apesar de algumas incertezas nesses estudos, eles proporcionaram algumas informações importantes para os níveis nos quais acredita-se que efeitos adversos à saúde possam ser esperados. Aumentos na mortalidade foram observados especialmente entre os mais idosos e pessoas com problemas cardiovasculares ou respiratórios preexistentes, quando eles foram expostos a concentrações acima de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, acompanhados de elevados níveis de dióxido de enxofre por períodos de um a quatro dias. Para os mesmos níveis foram relatados aumentos de consultas a clínicas e admissões em hospitais, ainda segundo a mesma referência.

Exposição crônica por períodos de vários anos em níveis moderados de particulados, em torno de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para matéria particulada em suspensão ou $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para matéria particulada inalável, parecem estar correlacionados com o aumento de sintomas respiratórios e de doenças respiratórias.

As partículas podem ser produzidas ou tornar-se aéreas por vários processos: atrito entre partes que se movimentam ou entre peças de mobiliário e o chão produzem partículas sólidas; o ato de varrer, tirar a poeira, aspirar a vácuo facilitam a reentrada de partículas no ar; umidificadores e “sprays” produzem partículas líquidas (gotículas). Além disso, fumar, cozinhar e até mesmo a lavagem de uma área, produzem a condensação de aerossóis.

É interessante ressaltar que a presença de material particulado em suspensão em ambientes internos, além de afetar a saúde humana, pode ocasionar a deterioração de materiais de precisão e obras de arte, através de deposição e reação na superfície. A deposição contínua da poeira sobre os documentos prejudica a estética dos mesmos, favorece o desenvolvimento de microorganismos e pode acelerar o processo de deterioração do material de arquivo devido aos ácidos nela contidos.

Por último, deve-se ressaltar que problemas respiratórios com provável origem relacionada a particulados não ocorrem apenas com concentrações elevadas. Estudos realizados EPA (1995) mostraram que concentrações relativamente baixas de particulados inaláveis têm sido associadas com aumento de risco de bronquite aguda em crianças.

3.5 - Ocupantes do edifício

A variedade de contaminantes que resultam da atividade humana é muito grande. Pode-se considerar a fumaça de cigarro como a principal fonte interna. Enquanto os fumantes expõem-se à principal carga da fumaça, pessoas ao redor de fumantes (os fumantes passivos) estão involuntariamente sujeitos a quantidades significantes de partículas inaláveis, monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis, óxidos de nitrogênio e diversos outros poluentes. Mais de cinquenta componentes da fumaça do cigarro são relacionados a efeitos adversos à saúde, sendo que desses, doze são ou podem ser cancerígenos EPA-c (s/d).

A atividade metabólica humana por si só altera a qualidade do ar por diminuir a concentração de oxigênio e aumentar a de dióxido de carbono. Respiração, transpiração e a preparação de alimentos adicionam vapor d'água, bem como outras substâncias que geram odores à atmosfera interna.

Condicionadores de ar, lustra móveis, ceras, produtos de higiene pessoal (como desodorantes), polidores, limpadores, pinturas e todos os apetrechos de limpeza freqüentemente utilizados em ambientes residenciais são fontes de vários produtos químicos orgânicos e inorgânicos. Muitas substâncias encontradas no ambiente de trabalho podem ser encontradas também no setor residencial devido a atividades de lazer ou “hobbies”. Além disso, trabalhadores expostos a contaminantes no seu trabalho podem trazê-los para dentro de casa.

3.6 - Outros contaminantes

3.6.1 - Asbesto

Asbesto é um termo que descreve seis ocorrências naturais de materiais fibrosos encontrados em certas formações rochosas. Quando retirados da jazida e processados, eles são separados tipicamente em fibras muito finas, normalmente invisíveis a olho nu. Estas fibras podem permanecer no ar por muitas horas, podem ser inaladas e são encontradas quase que em todos os lugares em nosso meio ambiente, usualmente em níveis baixos

Sua utilização mais comum é em uma variedade de materiais de construção para isolamento térmica (lã de rocha, por exemplo) e como um retardador ao fogo. Materiais que contém asbesto são encontrados inicialmente em áreas dos edifícios que, geralmente, não são acessíveis ao público, como, salas de máquinas e próximo a caldeiras. As pessoas que entram em contato com eles são funcionários de manutenção e limpeza. Todavia, se esses materiais estiverem presentes no local acima do forro, utilizado como retorno do ar condicionado, e forem friáveis, eles podem se distribuir para todo o resto do edifício.

Elevadas concentrações de partículas aéreas de asbesto podem ocorrer depois que materiais que o contêm forem “perturbados”, isto é, forem manipulados por quaisquer atividades, tais como, corte e raspagem. Atividades mal sucedidas de remover esses materiais podem soltar as fibras no ar. É importante ressaltar que, se tais materiais não forem manipulados, permanecendo em repouso, não oferecem nenhum risco aos usuários. A partir do momento em que eles são corretamente usados e tratados, tanto na instalação quanto em processos de manutenção ou deslocamento, a soltura de fibras é bem reduzida, diminuindo, conseqüentemente, suas concentrações no ar.

Uma exposição a elevados índices, mesmo curta, pode resultar em doenças respiratórias em um curto intervalo de tempo. Entretanto, doenças mais graves, tais como: asbestosis (acumulação das fibras no pulmão, reduzindo a capacidade pulmonar), câncer de pulmão e um certo tipo de câncer que ocorre no peito e no tecido de revestimento do estômago, só aparecem depois de muitos anos após a exposição começar.

A maioria dos problemas de saúde relacionados aos asbestos foi experimentada por pessoas que expuseram-se a elevadas concentrações durante seu trabalho, como por exemplo mineiros, sem proteções adequadas. Outros desenvolveram doenças pela exposição a roupas e equipamentos que trouxeram de seus locais de trabalho. Depois que as fibras são inaladas, elas podem permanecer nos pulmões, acumulando-se.

A EPA sugere, como uma das medidas que podem ser tomadas para reduzir o contato das pessoas com essas fibras em suspensão no ar, que os materiais que contém asbesto não sejam manipulados. Caso seja necessária sua manipulação, que esta seja feita por pessoas treinadas e devidamente protegidas. Recomenda-se que após a identificação do material, os gerentes do edifício e o corpo administrativo possam instituir controles para garantir que o dia a dia do gerenciamento do edifício seja conduzido de modo a prevenir ou minimizar a soltura de fibras de asbesto no ar.

Por sua vez, o NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Healthy) recomenda o objetivo de eliminar a exposição ao asbesto. Caso não seja possível, deve-se manter suas concentrações as mais baixas possíveis. Estes controles devem garantir que, em caso de um acidente, o correto procedimento seja tomado.

3.6.2 – Radônio

Radônio é um gás incolor, sem cheiro e radioativo, produzido pelo decaimento do elemento químico radio. Ele ocorre naturalmente em quase todos os solos e rochas, sendo que, ao passar pelo solo e pela água em seu interior, entra nos edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, buracos e qualquer outra abertura em suas fundações. Materiais de construção podem liberá-lo também. Entretanto, estes materiais raramente provocam problemas de radônio por si só.

O efeito à saúde predominante associado a elevados níveis deste gás é o câncer de pulmão. Pesquisas também sugerem que a ingestão de água com níveis elevados podem causar riscos à saúde, embora estes efeitos sejam menos nocivos que aqueles causados por ar contaminado. De acordo com a Associação Médica Americana EPA (1995), os produtos originados pelo decaimento radioativo do radio (principalmente o radônio) causam centenas de mortes por câncer de pulmão, que poderiam ser prevenidas a cada ano, perdendo apenas para o fumo, como causa deste tipo de câncer. A EPA, (1995) estima que há cerca de 14.000 mortes por ano somente nos EUA, devidas a esse gás.

Apesar da sua toxicidade, dados preliminares de um estudo conduzido nos EUA, em edifícios federais, indicam que o radônio não será um problema tão sério em edifícios de múltiplos pavimentos como o é em casas. Um dos fatores principais que podem explicar esta diferença é que os prédios possuem menos espaço em contato direto com a terra, quando proporcionalmente comparados com as residências.

Três elementos devem estar presentes para que ele se torne um problema: uma fonte de radônio, um caminho que permita que ele entre no edifício e uma força que o conduza, pelo caminho, para dentro do edifício. Deve-se ressaltar que a prevenção é sempre preferível à diminuição de sua concentração depois que o gás já entrou no local. A redução dos caminhos e das forças são, portanto, o foco de atenção dos esforços durante a fase de diagnóstico e mitigação.

Metodologias para diagnóstico e mitigação de altas concentrações deste gás ainda não estão disponíveis devido: à diversidade e complexidade dos edifícios e ao fato de que pesquisas e desenvolvimento de tecnologias apropriadas para sua manipulação estão em fases iniciais.

4 – PREVENÇÃO DE PROBLEMAS NA IAQ

4.1 – Desenvolvimento de um perfil na IAQ

O perfil consiste numa descrição das características da estrutura do edifício, de sua função e das condições de sua ocupação, que influenciam a qualidade do ar interno. Com o seu desenvolvimento, são obtidas informações básicas a respeito de fatores que podem causar problemas no futuro. Além disso, proporciona uma compreensão do estado atual das condições do ar interno.

Esse perfil pode ajudar o setor de gerenciamento predial a identificar áreas potencialmente problemáticas e a priorizar orçamentos para manutenção e modificações futuras. Em conjunto com as informações sobre segurança, iluminação e outros sistemas importantes, tais como ar condicionado, por exemplo, torna-se uma espécie de “manual do edifício”, servindo como uma importante referência para resolução de problemas em IAQ em diversas situações.

O processo de desenvolvimento de um perfil não demanda muito tempo, de alguns dias a poucas semanas EPA-c (s/d), dependendo da complexidade do local e do nível de detalhamento requerido para as informações. O trabalho pode ser feito paulatinamente, de acordo com as possibilidades fornecidas pelo gerente do edifício, para não sobrecarregar as demais atividades de coordenação e manutenção.

4.2 – Passos para criação do perfil

A informação necessária para a elaboração de um perfil é similar àquela obtida quando da solução de problemas de IAQ, mas ela inclui todo o edifício, ao invés de ter a sua atenção focada exclusivamente para áreas que podem causar um problema identificado. A Fig. 3 EPA-c (s/d) apresenta simplificada um processo de desenvolvimento de um perfil de IAQ e divide o perfil em três grandes estágios: coleta e revisão de informações existentes; condução de uma inspeção pelo edifício; coleta de informações detalhadas do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado, caminhos dos poluentes e fontes.

4.2.1 – Coleta e revisão de informações existentes:

Consiste na união de quaisquer documentos existentes e disponíveis que descrevam a construção e operação do edifício, tais como: plantas arquitetônicas e mecânicas, especificações, relatórios de ajuste e manutenção, manuais de operação e relatórios de inspeção. O estudo dos projetos arquitetônico e mecânico originais permite um entendimento das funções pretendidas para o edifício.

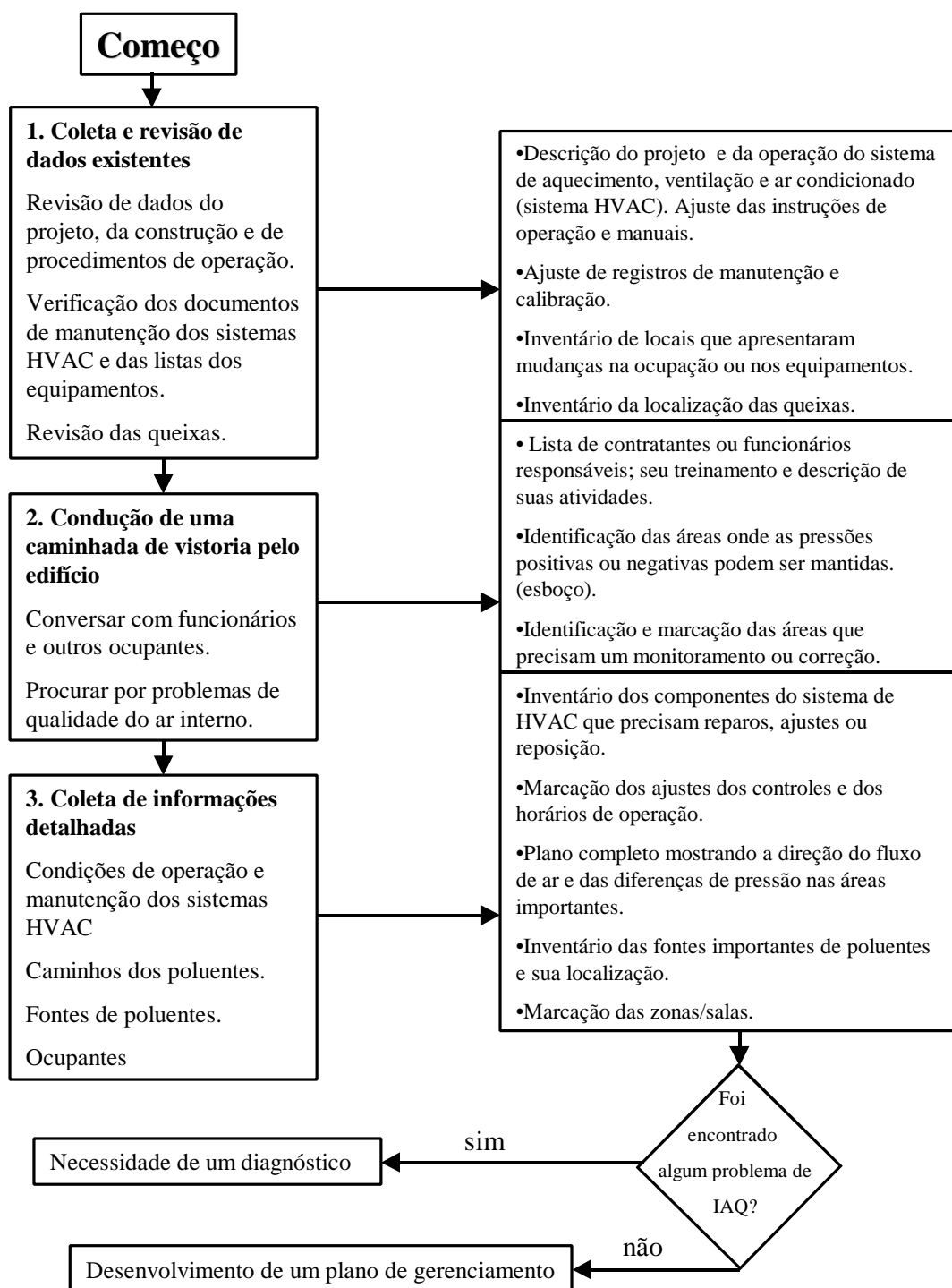


Fig. 3.- Processo de desenvolvimento de um perfil de IAQ EPA (s/d).

Além do mais, a reunião de todos esses documentos proporciona EPA-c (s/d):

- com relação aos manuais de operação: será que os funcionários entendem como o sistema HVAC deve ser operado e para que ele foi projetado? (os manuais são usados?).
- com relação a áreas remodeladas: o projeto do sistema de ventilação acompanhou a mudança?
- com relação à substituição, retirada ou inserção de equipamentos: o novo equipamento foi adequadamente testado e instalado? Foi preciso a troca? Os funcionários sabem como operá-lo? Possui as mesmas características que o anterior?
- ainda com relação à substituição de equipamentos: foi providenciada adequada exaustão para aqueles que a necessitam?
- há necessidade de alguma ventilação adicional devida ao aumento da ocupação ou devida às novas atividades desenvolvidas dentro de algum local?

4.2.2 – Condução de uma inspeção pelo edifício:

O objetivo dessa inspeção é adquirir uma boa visão geral das atividades dos ocupantes e das funções do edifício, além de tentar identificar problemas de IAQ. Segundo a EPA, não há um formato específico de desenvolvimento para esta fase. Cada edifício pode ter um plano de investigação diferente.

De um modo geral, medições detalhadas de temperatura, umidade, fluxo de ar e outros parâmetros são mais adequados para uma fase posterior da avaliação. Contudo, a verificação do comportamento de exaustões, como fumaça de cigarro, pode fornecer dados importantes para a percepção do fluxo de ar e da relação entre as pressões em áreas com uso especial, locais com fontes conhecidas e áreas vizinhas.

A inspeção fornece uma oportunidade de discutir com os usuários o tema da qualidade do ar interno, permitindo o entendimento de sua relação com as próprias atividades desenvolvidas. Essa discussão inclui:

- a programação de operação do sistema HVAC;
- a criação de um programa de manutenção do mesmo sistema, se já não houver uma;
- uso e armazenamento de produtos químicos;
- planejamento de procedimentos para isolar atividades que produzam contaminação, tais como pintura e limpeza.

Nesta fase, também são identificadas áreas potencialmente problemáticas. São consideradas problemáticas aquelas que apresentem: odores; condições sanitárias inadequadas; muita umidade, perceptível, por exemplo, pelo crescimento visível de fungos sobre as superfícies; equipamentos em condições inadequadas de higiene, principalmente torres de resfriamento; sinais de umidade nas paredes ou mesmo qualquer tipo de deterioração nas mesmas, como descoloração ou descolamento do revestimento (provocado por vazamentos); presença de substâncias tóxicas ou danos causados por incêndios.

É importante ressaltar que esses são indicadores gerais, isto é, fornecem uma idéia de como pode estar a IAQ através da análise de fatores que a influenciam como a umidade,

temperatura e fontes de poluentes químicos. Além desses indicadores, há alguns outros problemas que merecem atenção. São eles:

- manutenção inadequada do sistema de condicionamento de ar;
- sinais de desconforto dos ocupantes, tais como: temperatura inadequada, odores persistentes e sensação de falta de ar devido ao ambiente;
- densidade ocupacional acima daquela projetada para o sistema HVAC, resultando em uma incapacidade do sistema em manipular o excesso de cargas térmica;
- ventilação inadequada pela obstrução dos fluxos de ar ou mal funcionamento do sistema HVAC;
- fontes de calor: áreas com elevada quantidade de equipamentos, como muitos computadores ou máquinas de fotocópia, devem receber atenção especial.

4.2.3 – Coleta de informações detalhadas

Esta fase pode ser executada conforme a disponibilidade de tempo, dando-se prioridade às áreas que apresentaram problemas na fase anterior. Consiste em inspecionar mais detalhadamente o sistema HVAC. Essa avaliação consiste em: inspecionar as tomadas externas de ar, verificando se não estão obstruídas por exemplo; inspecionar também os registros externos de ar; checar a quantidade de ar externo de entrada e a mistura de ar recirculado com o renovado; verificar a condição dos filtros, bandejas de lavagem e demais componentes do sistema.

Da mesma maneira, devem ser obtidos dados mais precisos sobre o caminho dos poluentes dentro do edifício e sobre as fontes, podendo-se fazer um relatório sobre todos os produtos químicos ou substâncias tóxicas utilizadas, seus nomes e locais de uso. É importante também coletar mais dados sobre a ocupação do edifício, como por exemplo: quantidade de usuários no horário de pico por unidade de área, total de ar fornecido por pessoa, total de ar externo fornecido por pessoa e condição do sistema mecânico de ventilação.

4.3 – Desenvolvimento de um plano de gerenciamento de IAQ

O relacionamento entre os proprietários do edifício, gerentes, funcionários e usuários é um fator importante para as decisões que afetam a qualidade do ar. Os objetivos dessas diversas partes podem ser muito diferentes. Os ocupantes desejam um local agradável, seguro e atrativo. Se eles também alugam o espaço, eles também querem o máximo uso do local ao menor custo. Os construtores desejam manter uma boa qualidade a um custo adequado.

Apesar de discordâncias em muitos pontos, todos compartilham o mesmo objetivo de manter um ambiente interno saudável. O reconhecimento deste objetivo comum auxilia na discussão sobre qualidade do ar. Deve-se ressaltar que o gerenciamento de um edifício para alcançar essa meta envolve revisões e correções nos métodos e procedimentos utilizados para tal. Isto significa que um plano de gerenciamento apenas organizará melhor as atividades a serem desenvolvidas. Programas de treinamento e de educação para funcionários e ocupantes do edifício devem ser providenciados para garantir que os procedimentos sejam entendidos e aplicados.

A Fig. 4 apresenta EPA-c (s/d), de uma forma geral, os passos para a criação de um plano de gerenciamento. Esse plano foi desenvolvido pela EPA para fornecer uma visão global. Não serão apresentados detalhes sobre esse plano, o que foge ao objetivo desse texto.

De acordo com a figura, verifica-se que inicialmente é necessário escolher um responsável pela qualidade do ar, que deverá ter responsabilidades claramente definidas e adequada autoridade e recursos. Suas responsabilidades incluem: o desenvolvimento de um perfil, semelhante ao apresentado no item 4.2; coordenação de esforços do corpo administrativo que afetem a qualidade do ar, certificando-se que ele possua informações e autoridade para conduzi-los; revisão dos principais projetos do edifício no que diz respeito às suas influências na IAQ, dentre outras.

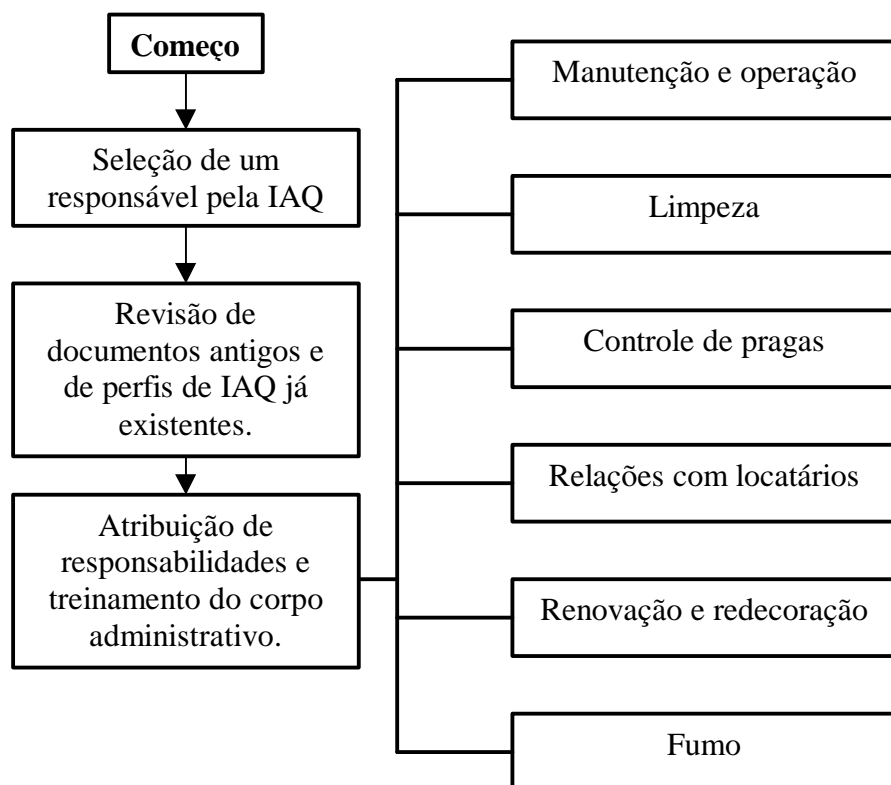


Fig. 4.- Desenvolvimento de um plano de gerenciamento para IAQ

Se este profissional não esteve envolvido na criação do perfil, ele deverá antes de usá-lo, revisá-lo. Com relação à atribuição de responsabilidades, ela varia de organização para organização, dependendo das atividades de rotina e das capacidades disponíveis. Cabe à própria organização criá-la.

A qualidade do ar é diretamente afetada pelo estado de conservação dos equipamentos do sistema de ventilação. Portanto, uma manutenção preventiva pode ser organizada e procedimentos para operação desses equipamentos podem ser criados. Outro fator importante é a limpeza que se, por um lado, é necessária para a remoção de sujeiras, por outro, pode piorar a qualidade do ar caso produtos inadequados sejam utilizados. É importante, portanto, conscientizar os funcionários responsáveis pela limpeza para a qualidade dos produtos usados, seu armazenamento e sua manipulação.

O controle de pragas por sua vez consiste no uso de pesticidas. Da mesma forma que a limpeza, deve ser desenvolvido um cuidado especial na manipulação e estocagem desses materiais. No que diz respeito aos locatários, deve-se estabelecer uma estratégia de comunicação que permita conscientizá-los do problema, buscando sua participação na prevenção e ao mesmo tempo analisar suas reclamações.

As atividades de reforma e redecoração podem criar problemas de qualidade do ar por produzirem poeira, odores e lançarem uma série de poluentes no ar. A prevenção de problemas torna-se mais difícil se, enquanto uma área é reformada, outra continua com suas atividades normais. Portanto, a organização de um cronograma para as reformas, bem como seu isolamento das demais é recomendado.

Por último, o fumo é um dos poluentes mais perigosos e mais comuns OSHA (1994). Da mesma forma que nos casos de reformas, áreas com fumantes devem ser separadamente ventiladas, pressurizadas negativamente em relação às áreas vizinhas e alimentada com maior quantidade de ar externo do que as áreas sem fumo. Um boletim do Instituto Nacional para Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) também recomenda que o ar originário de áreas com fumantes não recircule e seja diretamente direcionado para fora. Tanto a EPA quanto a NIOSH recomendam que sejam desenvolvidas políticas anti-fumo dentro dos ambientes.

5 – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE IAQ

5.1 – Tipos de dados que podem ser obtidos

1) Dados sobre o sistema de ventilação, aquecimento e ar condicionado, tais como:

- tipo de sistema utilizado: de volume constante, de volume variável;
- determinação das quantidades de ar de fornecimento, retorno e exaustão;
- condições de manutenção e uso de difusores, termostatos, ventiladores e registros;
- existem procedimentos de operação? Os funcionários os utilizam, sabem utilizá-los?
- o sistema foi ajustado, testado e balanceado depois de sua instalação?
- há documentos que comprovam que o sistema é regularmente inspecionado e calibrado?
- medição da umidade e temperatura externas e internas para verificar se a capacidade do sistema não foi ultrapassada.

2) Dados sobre fontes de poluentes:

- há indicadores de poluição presentes, como por exemplo, odores, poeira excessiva ou manchas?
- há problemas de higiene que podem introduzir contaminantes do ar como fungos e bactérias?
- fontes pontuais de poluição, como por exemplo, máquinas ou fogões, possuem exaustão adequada?
- existem atividades ou condições perto do edifício que possam ser relacionadas à saúde dos usuários?
- as tomadas externas de ar estão bem localizadas? (não devem estar perto de fontes de poluentes);

- medição das concentrações dos principais poluentes químicos, tais como: dióxido e monóxido de carbono, dióxidos de nitrogênio e enxofre, compostos orgânicos voláteis e amônia.

3) Dados sobre o caminho dos poluentes:

- há “caminhos” ou diferenças de pressão que podem remover os contaminantes de uma área para outra ou para fora do edifício?

4) Dados sobre os ocupantes e atividades desenvolvidas por eles dentro dos edifícios:

- definição de áreas com grande concentração de queixas;
- densidade populacional de cada ambiente e detalhamento das atividades desenvolvidas;

É importante ressaltar que muitos outros dados podem ser obtidos, dependendo da necessidade e da complexidade do sistema envolvido.

5.2 – Visão geral da condução de uma investigação sobre IAQ

Uma investigação sobre qualidade do ar deve iniciar-se a partir do momento em que há uma ou mais razões para preocupar-se, como por exemplo queixas dos usuários. Algumas queixas podem ser resolvidas de maneira muito simples, através, por exemplo, de questões básicas e de bom senso feitas aos funcionários, aos ocupantes e ao corpo administrativo durante a caminhada de vistoria. Por outro lado, alguns problemas podem exigir testes mais detalhados que devem ser feitos por um profissional.

A figura a seguir EPA (s/d) mostra que a investigação é um ciclo de coleta de dados, formulação e teste de hipóteses. O objetivo dessa investigação é compreender o problema de IAQ, de maneira a poder resolvê-lo. Muitos possuem mais de uma causa e podem ser resolvidos com diversos métodos.

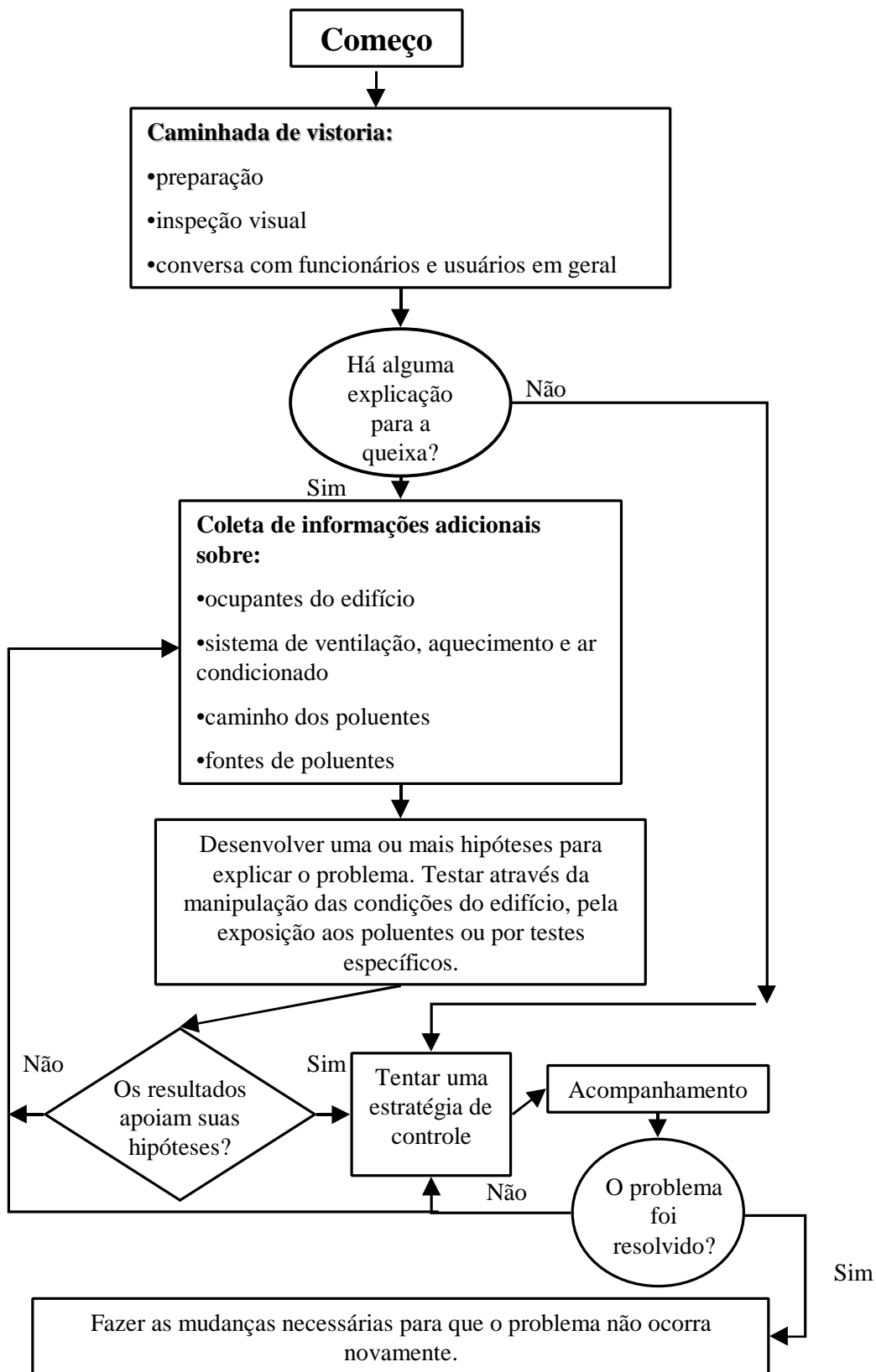


Fig. 5. – Visão geral da condução de uma investigação sobre qualidade do ar EPA-c (s/d).

5.3 – Medidas para reduzir a exposição aos contaminantes em uma residência

De acordo com EPA:

- não fumar ou permitir que os outros o façam, caso o fumo não possa ser evitado, aumentar a ventilação na área em que o fumo é executado através da abertura de janelas ou do uso de ventiladores;
- instalar exaustores ou ventiladores em cozinhas e banheiros para reduzir a exposição a agentes biológicos;
- aparelhos que produzam combustão devem estar bem calibrados e posicionados em locais que permitam boas condições de exaustão de suas emissões;
- as bandejas de água de condicionadores de ar, umidificadores e refrigeradores devem ser limpas com frequência. Carpetes ou tapetes molhados devem ser limpos e removidos;
- utilizar o porão como uma área de vivência somente se ele tiver uma ventilação adequada e não tiver vazamentos. Usar umidificadores de ar, caso necessário, mantendo a umidade entre 30 e 50%;
- ao utilizar produtos de limpeza, certificar-se de utilizá-los somente em locais com boas condições de ventilação e de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante;
- lareiras devem ser verificadas frequentemente, para limpeza e manutenção.

6 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS

6.1 – Comentários sobre a Portaria 3523 do Ministério da Saúde

Há uma preocupação mundial cada vez maior com a qualidade do ar de interiores principalmente em ambientes climatizados, além de uma ampla e crescente utilização de sistemas de ar condicionado. Tais sistemas correlacionam-se com a qualidade de vida dos usuários dos edifícios, já que interferem diretamente com as condições de conforto, no bem estar, na produtividade e no absenteísmo ao trabalho. Quando os sistemas acima citados possuem um projeto e instalações inadequados, operação incorreta ou manutenção precária, há um favorecimento da ocorrência e do agravamento de problemas de saúde dos usuários das edificações.

A Portaria 3523 tem por objetivo aprovar procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, considerando-se que: EPA (1995)

- americanos passam tipicamente 90% de suas vidas em ambientes fechados;
- a ventilação nos edifícios foi determinada como inadequada em mais de 50% dos 300 edifícios na qual o Instituto Nacional de Saúde dos EUA (NIOSH) conduziu investigações de qualidade do ar interno, sendo que, em aproximadamente 30% deles, um contaminante interno específico foi encontrado;
- o ar interno pode estar 100 vezes pior que o externo, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos EUA;
- a Organização Mundial da Saúde estima que em torno de 30% dos novos edifícios construídos ou reformados possuam problemas de IAQ.

Além disso, também objetiva aprovar um regulamento técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujeiras por métodos físicos e manutenção dos estado de eficiência e integridade de todos os componentes dos sistemas de climatização.

Medidas específicas referentes a padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados, em termos de definir parâmetros físicos e composição química do ar de interiores, bem como identificação dos poluentes de natureza física, química e biológica, com suas tolerâncias e métodos de controle e pré-requisitos de projetos de instalação e de execução dos sistemas de climatização, serão objeto de regulamento técnico a ser elaborado pelo Ministério da Saúde.

A portaria também impõe que todos os sistemas de climatização estejam em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle, exigindo a implantação, para sistemas com capacidade acima de 60000 BTU/h, por um responsável técnico habilitado, de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC).

Esse plano deve conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas, as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência, para garantia de condições de segurança. São fornecidos o PMOC e uma tabela de classificação dos filtros de ar para utilização em ambientes climatizados.

É importante ressaltar que esta norma é voluntária, isto significa que ela é obrigatória apenas depois que um estado ou localidade a adota no seu código de edificações EPA (1990). Além do mais, a maioria dos códigos de edificações relativos à ventilação são padrões apenas para o modo como edifícios em uma jurisdição em particular devem ser projetados. Não são padrões obrigatórios para o modo como os edifícios são operados.

6.2 – Comentários sobre a norma 62 – 1989 da ASHRAE – “Ventilação para uma qualidade do ar interior aceitável”

A primeira norma sobre ventilação da ASHRAE foi a 62-1973, intitulada “Padrões para ventilação natural e mecânica”. Esta norma fornecia proposições para ventilação através de valores para taxas mínimas e recomendadas de entrada de ar externo, para obter uma qualidade aceitável em vários tipos de ambientes internos. Sua complementação era feita pela norma 90-1975 que especificava o uso e taxas de trocas de ar.

A seguir, a norma de 1981 recomendava taxas de fluxos externos de ar para locais em que o fumo era proibido ou permitido, além de introduzir um procedimento alternativo para permitir práticas novas de conservação de energia no campo da ventilação.

A norma 62 de 1989 manteve dois procedimentos para o projeto de ventilação: Procedimento de Taxas de Ventilação e Procedimento de Qualidade do Ar. As condições especificadas por esta norma devem ser alcançadas durante a operação do edifício, bem como no seu projeto. Para facilitar isto, a norma contém requisições para a documentação do projeto do sistema de ventilação a serem fornecidas à operação do mesmo.

O objetivo é especificar taxas mínimas de ventilação e IAQ que será aceitável aos ocupantes humanos pretendendo-se minimizar o potencial para efeitos adversos à saúde. É importante ressaltar que a meta de alcançar um nível satisfatório de IAQ, mantendo um baixo consumo de energia, ou pelo menos minimizá-la, é cada vez mais importante e procurada.

No que diz respeito à abrangência, ela pode ser aplicada a todos os espaços internos que as pessoas possam ocupar, exceto em locais para o qual outras normas já sugestionem volumes para a troca de ar maiores que os especificados nesta.

O procedimento para melhorar a qualidade do ar através das taxas de ventilação consiste em providenciar ar, em quantidade e qualidade especificadas, ao espaço em questão. Ele prescreve a quantidade de ar externo aceitável para ventilação, sendo que as taxas especificadas, para a quais ar externo deve ser fornecido para cada ambiente, variam de 25 m³/h a 100 m³/h por pessoa, dependendo das atividades que normalmente ocorrem naquele espaço; o tratamento ao ar externo, quando necessário; taxas de ventilação para espaços residenciais, comerciais, institucionais, garagens e industriais; critérios para redução da quantidade de ar externo quando o ar de retorno é tratado por equipamentos de remoção de contaminantes e critérios para a ventilação variada, quando o ar no espaço pode ser usado como um reservatório para diluir os contaminantes.

Por sua vez, o procedimento de qualidade do ar fornece um método alternativo para alcançar uma aceitável qualidade do ar interno. Fornece também uma solução direta pela restrição da concentração de todos os contaminantes conhecidos, levando-se em consideração níveis especificados e aceitáveis. Incorpora tanto uma avaliação subjetiva quanto quantitativa. A avaliação quantitativa se baseia em níveis de concentração dos contaminantes. Contudo, como esta norma não visa ao fornecimento de índices aceitáveis de concentrações de poluentes no meio interno, mas a taxas de ventilação para obter tais condições, são indicados apenas alguns valores de concentrações. A norma neste ponto, apenas cita que contaminantes internos têm recebido uma atenção cada vez maior.

Por último, é interessante ressaltar que esta norma é voluntária, o que significa que ela se torna obrigatória apenas depois que um estado ou localidade a adotar no seu código predial. Além do mais, a maioria dos códigos atuais (nos EUA) relacionados à ventilação, são normas que dizem apenas como edifícios de uma determinada jurisdição devem ser projetados e não como devem ser operados. O que significa que mesmo se corretamente projetados, não há garantia de uma qualidade de ar aceitável, pois o sistema pode ser incorretamente operado.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIZLEWOOD, C.; OSELAND, N.; RAW, G. Testing times for indoor air quality. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.17, n.07, p.47, 1995.
2. ASHRAE Standard 62-1989. **Ventilation for acceptable indoor air quality**. Atlanta, GA, 1989.
3. BRICKUS, L. S.; AQUINO NETO, F. R. **A qualidade do ar de interiores e a química**. Química Nova, São Paulo, julho de 1997.

4. CUELL, M. Building Related Sickness. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.15, n.03, p. 21-22, 1993.
5. EPA. **Fact Sheet - Ventilation and air quality in offices.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1990.
6. EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **Indoor Air Facts nº 4 – Sick Building Syndrome.** Internet. <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1991.
7. EPA. **The “senseless” killer.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1993.
8. EPA. **Respiratory Health Effects of Passive Smoking.** <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1993.
9. EPA. **Indoor Air Pollution - An introduction for Health Professionals.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1994.
10. EPA. **Inside story cover: a guide to indoor air quality.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1995.
11. EPA. **Indoor air quality facts.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1995.
12. EPA. **Protect your family and yourself from carbon monoxide poisoning.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1996.
13. EPA. **Ozone: good up high, bad nearby.** Internet: <http://www.epa.gov/oar/oaqps> 1997.
14. EPA. **An update on formaldehyde.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. 1998.
15. EPA-a. **Indoor Air Pollutants – Nitric Oxide and Nitrogen** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. s/d.
16. EPA-b. **Formaldehyde.** Internet: <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. s/d.
17. EPA-c. **Building Air Quality: A Guide for Building Owners and Facility Managers.** <http://www.epa.gov/iaq/pubs>. s/d.
18. FEDERAL-PROVINCIAL ADVISORY COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEATH. **Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality.** Internet: <http://www.hc-sc.gc.ca> 1989.
19. FEDERAL-PROVINCIAL ADVISORY COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEATH. **Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide.** Internet: <http://www.hc-sc.gc.ca> 1995.
20. HANSEN, S.J. **Managing Indoor Air Quality.** Lilburn, Fairmont Press, 1991.
21. LIDDAMENT, M. Totally metabolic? **Buildings Services the CIBSE journal**, v.19, n.05, p.31- 32, 1997.
22. Ministério da Saúde. **Portaria nº 3523 de 28 de Agosto de 1998.** Internet: <http://www.estalo.com.br>. 1998.

23. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION **Indoor air quality.**
Internet: <http://www.osha.gov> 1994.
24. PALMER, J.; KUKADIA, V. Particle physics. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.19, n.05, p.29-31, 1997.
25. PARKER, J. The toxic zone. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.15, n.03, p. 24-26, 1993.
26. RAW, G. Indoor air quality: Key sources of pollution. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.19, n.05, p.27-28, 1997.
27. ROBERTSON, G. Sick Buildings - Effects, causes, analysis and prevention. In: COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT. **Rehabilitation of Damaged Buildings.** Bethlehem, Le High University, 1995. p.70 - 88.
28. SILVA, A. P. **Novo dicionário brasileiro Melhoramentos.** 6.ed. 1970.

ADENDO – ALGUMAS DEFINIÇÕES USADAS NESTE TEXTO TÉCNICO

- ar viciado – mistura gasosa que não apresenta as condições ideais de concentrações de poluentes, sejam eles químicos ou biológicos, estabelecidas por instituições relacionadas à qualidade do ar interno.
- boa qualidade do ar interno: conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas do ar que não apresentem agravos à saúde humana (ref. 9).
- condicionamento – processo pelo qual são atribuídas ao ar as características desejadas de umidade e temperatura (ref. 9).
- edifícios “selados” – edifícios no qual a troca de ar entre o meio interno e o externo é feita quase que exclusivamente através do sistema de ventilação forçada ou pelo ar condicionado. Não há ventilação natural ou se houver ocorre em pequena quantidade. A fachada do mesmo equivale a um envelope, sem janelas, dificultando as trocas de ar.
- Qualidade interna do ar: entendida como o conjunto de propriedades químicas (como a ausência de poluentes é impraticável em residências e no comércio, entende-se como a manutenção das concentrações dos poluentes abaixo dos níveis considerados como seguros), físicas (temperatura e umidade adequadas) e biológicas (também, manutenção das concentrações ou quantidades de microorganismos abaixo dos níveis considerados como seguros) que assegurem conforto e segurança à saúde dos usuários.
- limpeza - conjunto de operações preventivas que consistem na remoção de sujeiras dos componentes do sistema de climatização, evitando, deste modo, sua dispersão pelo ambiente externo, segundo ref. 9.
- manutenção- atividades técnicas e administrativas destinadas a preservar as características de desempenho técnico dos componentes ou sistemas de climatização, garantindo as condições previstas pela Portaria citada na ref. 9.
- ventilação variada- tipo de ventilação criada por sistemas de manuseio de ar que são projetados para condicionar o ar (mantê-lo com uma temperatura e umidade constantes) através da variação das taxas de entrada/saída para garantir conforto térmico.
- ventilação- quantidade de ar necessária ao controle da umidade e da qualidade do ar interno.

TEXTOS TÉCNICOS PUBLICADOS

- TT/PCC/03 - Parâmetros Utilizados nos Projetos de Alvenaria Estrutural – LUIZ SÉRGIO FRANCO. 21 p.
- TT/PCC/04 - Produção de Estruturas de Concreto Armado de Edifícios – MÉRCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 45 p.
- TT/PCC/05 - Tecnologia de Produção de Revestimentos de Piso – MÉRCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, ELEANA PATTA FLAIN, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI. 84 p.
- TT/PCC/06 - Análise de Investimentos: Princípios e Técnicas para Empreendimentos do Setor da Construção Civil – JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR 52 p.
- TT/PCC/07 - Qualidade dos Sistemas Hidráulicos Prediais – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA. 55 p.
- TT/PCC/08 - Sistemas Prediais de Água Fria – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES. 110 p.
- TT/PCC/09 - Sistemas Prediais de Água Quente – MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, YUKIO KAVASSAKI. 60 p.
- TT/PCC/10 - Serviços Públicos Urbanos – ALEX KENYA ABIKO. 26 p.
- TT/PCC/11 - Fundamentos de Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil – JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR. 120 p.
- TT/PCC/12 - Introdução à Gestão Habitacional – ALEX KENYA ABIKO. 35 p.
- TT/PCC/13 - Tecnologia de Produção de Contrapisos Internos para Edifícios – MÉRCIA M.S. BOTTURA DE BARROS, FERNANDO HENRIQUE SABBATTINI. 80 p.
- TT/PCC/14 - Edifícios Habitacionais de Estruturas Metálicas no Brasil – ALEX KENYA ABIKO, ROSA MARIA MESSAROS. 105 p.
- TT/PCC/15 - Qualidade na Construção Civil: Fundamentos - LUCIANA LEONE MACIEL, SILVIO BURRATTINO MELHADO. 30 p.
- TT/PCC/16 - Urbanismo: História e Desenvolvimento – ALEX KENYA ABIKO, MARCO ANTONIO PLÁCIDO DE ALMEIDA, MÁRIO ANTONIO FERREIRA BARREIROS. 50 p.
- TT/PCC/17 - Infra-Estrutura Urbana – WITOLD ZMITROWICZ, GENEROSO DE ANGELIS N. 42 p.
- TT/PCC/18 - Sistemas Prediais de Águas Pluviais - ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA. 120 p.
- TT/PCC/19 - Sistemas de Chuveiros Automáticos - ORESTES MARRACCINI GONÇALVES, EDSON PIMENTEL FEITOSA. 65 p.
- TT/PCC/20 - A Organização Administrativa do Município e o Orçamento Municipal – WITOLD ZMITROWICZ, CIBELE BISCARO. 30 p.
- TT/PCC/21 - Análise em Project Finance. A escolha da moeda de referência. JOÃO R. LIMA JR 42P.
- TT/PCC/22 - Prevenção de Trincas em Alvenarias através do Emprego de Telas Soldadas como Armadura e Ancoragem - JONAS SILVESTRE MEDEIROS, LUIZ SÉRGIO FRANCO. 78p.
- TT/PCC/23 - Qualidade do Ar Interior – ADRIANO TROTTA CARMO, RACINE TADEU ARAUJO PRADO. 35p.

Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP – Brasil
Fax: (011)8185715- Fone: (011) 8185452 - E-mail: secretaria@pcc.usp.br