

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: [interfacehs@interfacehs.com.br](mailto:interfacehs@interfacehs.com.br)

## **A QUALIDADE DO AR DE INTERIORES E A SAÚDE HUMANA**

Maria de Fátima Barrozo da Costa<sup>1</sup>; Marco Antonio Ferreira Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutora em Saúde Pública. Pesquisadora da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; [mafa@ensp.fiocruz.br](mailto:mafa@ensp.fiocruz.br) <sup>2</sup> Doutor em Ensino de Biociências e Saúde. Professor e Pesquisador da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio / Fundação Oswaldo Cruz; [costa@fiocruz.br](mailto:costa@fiocruz.br)

### **RESUMO**

Os crescentes questionamentos sobre a qualidade do ar de interiores no Brasil e a necessidade do entendimento dos fatores que contribuem para sua complexidade e suas relações com a saúde humana tornaram-se temas de estudos relevantes para a saúde pública em nosso país. Este texto objetiva contextualizar a poluição do ar de interiores como um fator de risco à saúde humana, apresentando os principais fatores que contribuem para a qualidade do ar de interiores e os possíveis agentes causadores de agravos à saúde, enfatizando a necessidade de se estabelecer indicadores que possam ser utilizados na prevenção, controle e promoção da saúde humana em tais ambientes.

**Palavras-chave:** qualidade do ar de interiores; saúde humana; síndrome do edifício doente; doença do ambiente interno.

## INTRODUÇÃO

O impacto da qualidade do ar de interiores sobre a saúde e o bem-estar das pessoas que utilizam ou trabalham em ambientes aclimatados artificialmente tem sido tema de pesquisas na área da Saúde Pública desde 1970 (WHO, 2000).

Os modernos edifícios, aclimatados artificialmente, projetados para oferecer o máximo de conforto a seus ocupantes, muitas vezes com arrojados projetos arquitetônicos, podem estar criando um ambiente ameaçador à saúde humana. Vários estudos têm atribuído à má qualidade do ar interior a incidência de relatos de queixas entre os ocupantes desses locais, relativas à saúde e ao desconforto ambiental, como também, elevado número de absenteísmo, temperamento alterado, insatisfação e baixo rendimento no trabalho (GIODA & NETO, 2003; HOJO et al., 2005).

Os ambientes aclimatados artificialmente são considerados ambientes complexos, em virtude da infinidade de componentes químicos (substâncias tóxicas, carcinogênicas, radioativas) e biológicos (microrganismos patogênicos) emitidos por diversas fontes, e que, dependendo das condições físicas (umidade do ar, temperatura do ar, ventilação inadequada) do ambiente, podem estar interagindo entre si. Além disso, vários estudos têm evidenciado que o ar interior dos ambientes fechados pode ser mais poluente do que o ar exterior (LEE et al., 2006).

Diante da relevância do tema e pelo fato de existirem poucos estudos no Brasil nesta importante área da Saúde Pública, ressalta-se a necessidade de desenvolver programas de estudos da qualidade do ar de interiores, dentro de um contexto multi-interdisciplinar, visando contribuir para um melhor entendimento da questão e para o delineamento de indicadores que potencializem a saúde e o bem-estar dos ocupantes em tais ambientes.

Assim, em função da dimensão e complexidade da temática, este texto objetiva contextualizar a poluição do ar de interiores como um fator de risco à saúde humana.

## A EPIDEMIOLOGIA DOS AMBIENTES ACLIMATADOS ARTIFICIALMENTE

Em virtude da complexidade da composição do ar interior em ambientes aclimatados artificialmente, da especificidade dos poluentes e da susceptibilidade dos seres humanos a esses poluentes, os estudos epidemiológicos têm sido apontados, no âmbito científico, como uma ferramenta eficaz na visualização dos primeiros sinais de alerta da má qualidade do ar de interiores.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, no ano de 1982 os sintomas e sinais relatados por mais de 20 por cento dos ocupantes de ambientes aclimatados artificialmente, podendo desaparecer ou não quando eles deixavam o local, foram conceituados como “Síndrome do Edifício Doente” (*Sick Building Syndrome*). Esses sintomas e sinais inespecíficos relacionados com a Síndrome do Edifício Doente envolvem, por exemplo: dor de cabeça; tonteira; náusea; apatia; sonolência; cansaço; fraqueza; dificuldade de concentração; urticária, irritação e secura na pele; falta de ar; chiado no peito; coriza; irritação no nariz e na garganta; dor de garganta, irritação, ardor e lacrimejamento nos olhos (WHO, 1983).

Nessas colocações, os pesquisadores Costa e Brickus (2000) evidenciaram, através de um estudo epidemiológico envolvendo um *shopping center* aclimatado artificialmente, localizado na região do Grande Rio, maior prevalência de sintomas e sinais referentes à “Síndrome do Edifício Doente” entre os comerciários desse estabelecimento em comparação com os comerciários de lojas com ventilação natural. Dentre os 24 sintomas e sinais avaliados, 17 deles (vista cansada, resfriado ou gripe, rouquidão, dificuldade de respirar, apatia ou desânimo, dor de garganta e cabeça) apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos estudados ( $p < 0,001$ ). A pesquisa apontou, também, que o relato de queixas em relação ao desconforto ambiental, para as variáveis iluminação, umidade relativa do ar e odor, foi significativamente maior entre os ocupantes dos ambientes aclimatados artificialmente. Para o entendimento da complexidade desses ambientes artificiais, os pesquisadores Costa e Brickus (2000) consideraram os diferentes fatores que podem atuar nas relações entre o homem e o ambiente, interferindo direta ou indiretamente na saúde humana, como os: individuais (idade, sexo, hábito de fumar); comportamentais (estresse, irritação, tristeza, dificuldade de concentração); socioeconômicos (faixa salarial); organizacionais

(tipo de trabalho); arquitetônicos (sistema de ventilação, refrigeração) e ambientais (agentes químicos, físicos e biológicos).

Contudo, para associar determinados ambientes fechados com problemas específicos relativos à saúde dos seus ocupantes, uma comissão da National Research Council, em 1987, propôs além da “Síndrome do Edifício Doente” outra nomenclatura, ou seja, “Doença do Ambiente Interno” ou “Doença Relacionada ao Prédio” ou “Edifício Doente” (*Building-Related Illness*).

Dessa forma, “Doença do Ambiente Interno” compreende o relato de sintomas e sinais característicos da exposição a determinadas substâncias químicas (por exemplo, monóxido de carbono, formaldeído), bem como as doenças provocada por fungos, vírus e bactérias, que possam ser identificadas no interior dos edifícios.

Os relatos dos sintomas e sinais relacionados com a “Doença do Ambiente Interno” freqüentemente não desaparecem quando os seus ocupantes deixam o local, e muitas vezes afetam somente alguns dos seus usuários. Nesse sentido, para se obter sucesso na atenuação desses relatos de queixas é preciso identificar e remover a fonte de exposição.

A biblioteca central da Fundação Oswaldo Cruz, na cidade do Rio de Janeiro, em 1998, pode ser citada como um exemplo de “Edifício Doente”, onde houve uma contaminação acentuada de fungos, que se propagou graças à precariedade na manutenção do sistema de ar condicionado central, o que obrigou ao seu fechamento por um longo período (STRAUZ et al., 2001).

Diante do exposto, verifica-se que a má qualidade do ar de interiores desempenha importante papel na causalidade dos agravos a saúde. Seguramente, levando em conta esta constatação, a poluição do ar interior não se restringe apenas aos edifícios de escritórios (ZURAIMI et al., 2006), mas inclui ambientes não-industriais, como observado pelos estudos realizados em residências (ALMEIDA, 2004), escolas (RAMACHANDRAN et al., 2005), hospitais (LEUNG & CHAN, 2006), centros comerciais (COSTA & BRICKUS, 2000), meios de transportes (LAU & CHAN, 2003) e aeroportos (SILVEIRA et al., 2002).

Apesar dos inúmeros trabalhos de pesquisas que vêm sendo realizados por pesquisadores da Europa e da América do Norte nessa área, a transposição dos dados

para a realidade brasileira não é indicada, em razão de algumas diferenças, como as relacionadas a fatores climáticos, e de características típicas de costumes e comportamentos.

Por isso, seria interessante realizar estudos que visassem ao controle dos fatores de riscos relacionados aos poluentes do ar interior e dos agravos à saúde, empregando estudos epidemiológicos e construindo indicadores que permitam uma visão abrangente da relação entre saúde e ambiente, voltados inteiramente para a realidade brasileira.

Com certeza, esses procedimentos não esgotariam o leque de alternativas de pesquisas nesses ambientes, mas poderiam gerar conhecimentos e o desenvolvimento de novas abordagens do problema, contribuindo assim para a preservação da saúde dos ocupantes desses locais.

## **AS POSSÍVEIS FONTES POLUENTES E OS AGRAVOS À SAÚDE**

Em ambientes industriais, conhecem-se, *a priori*, os componentes químicos utilizados, como a matéria-prima, os subprodutos e o produto final, sendo possível, assim, identificar os poluentes, evidenciar os agravos à saúde decorrentes destes e apontar as possíveis medidas de prevenção.

Nos ambientes aclimatados artificialmente, “não-industriais”, encontram-se inúmeras fontes de contaminação que contribuem para a formação da má qualidade do ar interior, e que podem ser devidas a ventilação inadequada, contaminação interior (fumaça de cigarro, efluentes do corpo, emissões químicas dos móveis, equipamentos e materiais de limpeza, cortina, carpete), contaminação exterior (qualidade do ar, veículos, emissões industriais), contaminação microbiológica (bactérias, fungos) e material de construção.

É preciso ressaltar que a probabilidade de exposições múltiplas devidas à emissão dessas substâncias para o ar interior em ambientes aclimatados artificialmente é muito grande. Sabe-se, também, que dependendo da dinâmica dos poluentes e dos parâmetros físicos presentes nesses ambientes, diferentes efeitos tóxicos (independente, aditivo, sinérgico, potencializado e antagônico) ao homem podem ser evidenciados. A possibilidade de efeitos sinérgicos decorrentes de exposições a baixas concentrações tem sido assinalada pela literatura (HOGUE, 2000).

Além disso, incertezas quanto à potencialidade dos agravos à saúde, em relação a baixos níveis de poluentes no ar interior e ao tempo de exposição a eles, principalmente entre as substâncias carcinogênicas e mutagênicas, apontam para a relevância de estudos envolvendo a qualidade do ar de interiores (BRICKUS et al., 2001; COSTA & COSTA, 2002).

Assim, os agravos à saúde, decorrentes da poluição do ar interior, podem se manifestar no organismo imediatamente após a exposição ou possivelmente depois de anos, como no caso dos carcinogênicos. Vale salientar, também, que uma pessoa pode se tornar suscetível a determinado poluente depois de exposições repetitivas.

O mapeamento dos poluentes comumente encontrados no ar interior de ambientes fechados que constituem fatores de riscos à saúde tem revelado a presença de formaldeído, fumaça de cigarros, ozônio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, amônia, radônio, compostos orgânicos voláteis (benzeno, tolueno, xilenos, estireno, etilbenzeno, percloroetileno) e semi-voláteis, material particulado respirável, fibras, asbestos, fungos, bactérias, vírus, ácaros.

Dentre os quinhentos compostos orgânicos voláteis normalmente identificados no ar interior, pelo menos trinta dessas substâncias são carcinogênicas e mutagênicas (COSTA & COSTA, 2005). Na população em geral, a fumaça do cigarro relaciona-se à presença de mais de quatro mil poluentes (sendo cinquenta comprovadamente carcinogênicas) e é considerada uma das principais fontes de exposição não-ocupacional ao benzeno (COSTA et al., 2002).

Além disso, a presença de elevados níveis de compostos orgânicos voláteis no ar interior, em comparação com o ar exterior, alerta para a importância da questão da qualidade do ar desses microclimas artificiais, tanto quanto da poluição atmosférica (KOTZIAS, 2005).

Os riscos à saúde associados à exposição de contaminantes biológicos, como as bactérias, fungos e ácaros, em ambientes fechados, principalmente para pessoas alérgicas e/ou com o sistema imunológico debilitado, são freqüentemente enfatizados pela literatura (BRICKUS et al., 2004). Isso ocorreu, por exemplo, em 1977, envolvendo a bactéria *Legionella pneumophila*, que causa um dos tipos mais graves de pneumonia, com alta taxa de mortalidade (BRICKUS et al., 2001).

A falta de uma política preventiva nos programas de manutenção nos sistemas de refrigeração e ventilação pode ser fator determinante para a ocorrência de poluentes biológicos (microrganismos patogênicos) nos dutos do sistema, e conseqüentemente constituir uma ameaça à saúde dos seus ocupantes. Os agentes biológicos podem proliferar na água da bandeja de condensação dos aparelhos de ar condicionado ou nas torres de refrigeração dos sistemas de ventilação. Arrastada pelo ar, essa água é introduzida no ambiente refrigerado.

Diante desse quadro, o desconforto ambiental e os relatos de queixas relativas à saúde, decorrentes da má qualidade do ar de interiores, não podem ser identificados, minimizados e controlados adequadamente sem o uso apropriado de uma metodologia que dê conta da complexidade de todos os fatores envolvidos. Portanto, avaliar a questão sob um enfoque interdisciplinar com certeza contribuirá para um melhor entendimento do problema, levando à reflexão sobre a necessidade de investigações envolvendo a identificação dos riscos à saúde, ao mapeamento e controle das prováveis fontes de poluição e ao levantamento dos possíveis poluentes.

## **PERSPECTIVAS FUTURAS**

Na busca de alternativas para os problemas ecológicos e de superpopulação, muitos arquitetos vêm propondo possíveis soluções através de projetos audaciosos, nos quais megaedifícios ou cidades verticais seriam interligados por corredores de aço, vidro e concreto. Assim, no futuro, estima-se que uma pessoa passará toda a vida nesses ambientes aclimatados artificialmente, onde poderá morar, estudar, praticar esportes, fazer compras, trabalhar e se divertir.

Atualmente, no Brasil, a temática “qualidade do ar de interiores” ainda é um campo de estudos emergente. Apesar do crescente interesse da mídia, dos centros científicos do país e até mesmo de setores do governo, dispomos de poucos trabalhos de pesquisas envolvendo a qualidade do ar de interiores e legislações sobre microclimas artificiais.

Estudos adicionais são necessários visando à melhoria da qualidade de vida dos ocupantes desses ambientes, principalmente no que se refere ao questionamento da necessidade de uma proposta de valor limite (de referência) em ambientes não-

ocupacionais para alguns poluentes presentes no ar interior, especialmente os carcinogênicos e mutagênicos, pois os padrões industriais, como os Limites de Tolerância, introduzidos nas Normas Regulamentadoras da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho – Ministério do Trabalho (SSST – MTb) não se aplicam a esses ambientes não-industriais.

É verdade que já contamos com Regulamentações publicadas pelo Ministério da Saúde/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária, como a Portaria 3.523 (BRASIL, 1998), que introduziu critérios e procedimentos para limpeza e manutenção dos sistemas de climatização, e a Resolução nº 9 (BRASIL, 2003) que determina Padrões Referenciais de Qualidade do Ar de Interiores, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Apesar da relevância dessa resolução, parâmetros imprescindíveis no estabelecimento de medidas de controle de riscos à saúde, como os compostos orgânicos voláteis e formaldeídos, não foram contemplados, mas apenas alguns de seus indicadores (material particulado, dióxido de carbono e temperatura, entre outros).

Deve-se destacar, também, a importância de se investir mais na educação em saúde, como um instrumento eficaz no processo de conscientização e na luta contínua para tentar diminuir os agravos à saúde decorrentes dos fatores de riscos gerados pela exposição de poluentes no ar interior.

As questões relacionadas à qualidade do ar de interiores não devem ser tratadas linearmente e solucionadas por simples equações matemáticas. É necessário o envolvimento dos diferentes atores da sociedade e dos serviços de saúde pública, com base no reconhecimento da incerteza, diante da complexidade e da relevância que envolvem a temática, no sentido de contribuir para a avaliação e o gerenciamento das complexas interações do homem, com suas tecnologias e seus ambientes.

Nesse sentido, é preciso intensificar esforços no desenvolvimento de metodologias dos fatores determinantes e condicionantes dos poluentes do ar interior que interferem na saúde humana, que poderão gerar ferramentas eficazes no âmbito da Saúde Pública, contribuindo para a elaboração de políticas voltadas à qualidade do ar de interiores. Da mesma forma, é preciso estabelecer programas de controle e prevenção dos agravos à saúde dos ocupantes desses ambientes.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. M. *Mapeamento da qualidade do ar de interiores de residências no Estado do Rio de Janeiro*. 2004. 150p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro.

BRASIL. *Portaria 3.523*, de 28 ago. 1998. Brasília: Diário Oficial da União, 31 ago. 1998.

BRASIL. *Resolução RE nº 9*, de 16 jan. 2003. Brasília: Diário Oficial da União, 20 jan. 2003.

BRICKUS, L. S. R. et al. Fungi surveys in Tropical Southeastern Brazil. In: INTERNATIONAL BIOAEROSOL CONFERENCE, 5, 2004, New York. *Abstract*. New York: s.n., 2004.

BRICKUS, L. S. R. et al. Qualidade do ar de interiores e a saúde pública. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v.14, p.29-35, 2001.

COSTA, M. F. B.; BRICKUS, L. S. R. The effect of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with sick buildings in brazilian commercial establishments. *Archives of Environmental Health*, v.55, p.279-83, 2000.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. Benzeno: uma questão de saúde pública. *Interciencia*, v.27, p.201-4, 2002.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. *Segurança e saúde no trabalho: cidadania, competitividade e produtividade*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

COSTA, M. F. B. et al. A contribuição da fumaça ambiental do cigarro na exposição não-ocupacional ao benzeno. *Revista Brasindoor*, v.5, p.14-6, 2002.

GIODA, A.; NETO, F. R. A. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. *Caderno de Saúde Pública*, v.19, p.1389-97, 2003.

HOGUE, C. To MBTE or not to MBTE. *Chemical and Engineering News*, v.78, p.42-6, 2000.

HOJO, S. et al. Use of QEESI questionnaire for a screening study in Japan. *Toxicology and Industrial Health*, v.21, p.113-24, 2005.

KOTZIAS, D. Indoor air and human exposure assessment – needs and approaches. *Experimental Toxicology Pathology*, v.57, p.5-7, 2005.

LAU, W. L.; CHAN, L. Y. Commuter exposure to aromatic VOCs in public transportation modes in Hong Kong. *Science of the Total Environment*, v.308, p.143-55, 2003.

LEE, T. et al. Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sample in urban homes. *Indoor Air*, v.16, p.37-47, 2006.

LEUNG, M.; CHAN, A. H. S. Control and management of hospital indoor air quality. *Medical Science Monitor*, v.12, p.17-23, 2006.

RAMACHANDRAN, G. et al. Indoor air quality in two urban elementary schools. *Journal Occupational Environmental Hygiene*, v.2 p.553-6, 2005.

SILVEIRA, M. G. et al. Concentração de fungos no ar em um terminal aeroportuário na cidade do Rio de Janeiro – Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v.27, p.111-20, 2002.

STRAUZ, M. C. et al. Avaliação das condições de saúde e trabalho em ambientes com acervos documentais. *Revista Brasindoor*, v.5, p.22, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *Indoor air pollutants: exposure and health effects* (Euro Reports and Studies, 78). Copenhagen, 1983.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *The right to health indoor air*. Bilthoven, 2000.

ZURAIMI, M. S. et al. A comparative study of VOCs in Singapore and European office buildings. *Building and Environment*, v.41, p.313-29, 2006.

Artigo recebido em 04.08.2006. Aprovado em 05.10.2006