

A Pequena Distância Entre a Remediação e a Poluição na Utilização de Equipamentos Para Tratamento do Ar em Ambientes Fechados. Uma Revisão Comentada

Isabelle Lúcia Ricard
Mestranda da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP.

Luiz Fernando de Góes Siqueira
Prof. Dr. Do Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP.

Introdução

Durante os últimos 25 anos, muitos problemas vêm sendo correlacionados ao condicionamento ambiental de interiores, recebendo crescente atenção por profissionais de várias áreas¹.

Detectada em meados da década de 70, e cognominada no início da década de 80, a expressão "Síndrome dos Edifícios Doentes" (SED) refere-se à relação de causa e efeito, entre as condições ambientais observadas em áreas internas, com reduzida renovação de ar e os vários níveis de agressão à saúde de seus ocupantes².

Epidemiologicamente, estas condições ambientais adversas, tornaram-se importante área de estudo, decorrentes das agressões ao conforto e ao bem-estar de quem vive em ambientes fechados, característica da sociedade contemporânea³.

Em 1982, a Organização Mundial da Saúde (OMS), através de uma comissão de "experts" definiu como "Síndrome dos Edifícios Doentes" ("Sick Building Syndrome"), uma combinação de sintomas gerais, que afeta diretamente os ocupantes de ambientes fechados. Entretanto o crescente número de agravos à saúde humana, mesmo não atendendo aos critérios epidemiológicos da SED, culminaram com a definição da "Doença do Ambiente Interno" - DAI - ("Building Related Illness"), como um estado mórbido ligado às condições do ambiente interno². Estas sintomatologias, podem estar ligadas a poluentes de origem física, química e biológica, isolada ou associadamente. Não menos preocupante que o processo de poluição biológica, é a poluição de origem química, quer do ponto de vista de Saúde Pública, quer do ponto de vista de Saúde Ocupacional, em função dos graves quadros produzidos, bem como das seqüelas, freqüentemente presentes entre as pessoas agredidas⁴.

A exposição ao ar em ambientes interiores, climatizados artificialmente ou não, quando contaminados, constitui um fato comum entre os mais variados fragmentos populacionais. O impacto na saúde humana e a degradação dos conceitos de "Qualidade de Vida" têm preocupado autoridades sanitárias em todo o mundo. Na corrida incessante e desenfreada na busca de um padrão ideal de qualidade de ar ambiental o segmento social organizado da população, tem desenvolvido e disponibilizado várias propostas de remediação, sem o adequado processo de avaliação técnico-científica. Dentre elas destacam-se os equipamentos de tratamento de ar⁵.

Alguns equipamentos para tratamento e purificação do ar em ambientes fechados deliberadamente produzem o gás ozônio. Os fabricantes afirmam que estes aparelhos são eficazes, seguros e inofensivos para a saúde. Muitos afirmam até ter aprovação de órgãos federais americanos para uso em ambientes fechados. Segundo a Agência Americana de Proteção ao Meio Ambiente (Environment Protection Agency - EPA) nenhum órgão do governo federal aprovou qualquer aparelho deste tipo para uso em ambientes fechados⁶, e diversos profissionais da área da saúde vêm debatendo a utilização do ozônio para o tratamento do ar há quase um século^{7,8,9,10,11}.

Ozônio

O ozônio é um gás constituído por três átomos de oxigênio. Dois átomos de oxigênio formam a base da molécula do oxigênio presente no ar que respiramos. O terceiro átomo, bastante instável, pode se desligar facilmente do ozônio para se ligar à moléculas de outras substâncias orgânicas, alterando sua composição química. É justamente essa propriedade do ozônio de se ligar com facilidade à outras substâncias que constitui a base do argumento de venda dos fabricantes de purificadores de ar. Muitos usam o termo "oxigênio energizado" ou "ar puro", sugerindo que o ozônio é um tipo saudável de oxigênio.

Essas propriedades químicas permitem que o ozônio, em altas concentrações, reaja tanto fora, como dentro do organismo humano, com determinados elementos orgânicos. O ozônio é um gás tóxico, com propriedades químicas e toxicológicas muito distintas do oxigênio. Quando inalado, o ozônio pode danificar o tecido pulmonar. Em baixas concentrações causa dores no peito, tosse, falta de ar e irritação da garganta; sintomas que podem afetar tanto pessoas saudáveis quanto as que já apresentam problemas respiratórios. Os efeitos do ozônio variam conforme a sensibilidade e capacidade de resposta individual, mas o gás também agrava as doenças respiratórias crônicas como a asma, e compromete ainda mais as defesas do organismo contra infecções respiratórias.

Praticar exercícios físicos quando existem altas concentrações de ozônio no ar favorece a inalação de grandes quantidades do gás, o que pode aumentar os riscos de problemas respiratórios. Esses efeitos são normalmente reversíveis, e desaparecem quando a pessoa se afasta do local contaminado. Entretanto, a recuperação pode ser mais lenta e os efeitos sobre a saúde mais agressivos, quando a exposição ao gás for muito prolongada ou em níveis muito elevados^{12,13}.

A tabela 1 mostra alguns limites e recomendações de diferentes órgãos governamentais americanos para a exposição humana ao ozônio. Existem diferenças bem definidas quanto à presença de ozônio na baixa e alta atmosfera. O ozônio da alta atmosfera ou "ozônio estratosférico", ajuda a filtrar os raios ultravioletas do sol, comprovadamente nocivos à saúde humana. Já o mesmo ozônio na baixa atmosfera, ou seja, no ar que respiramos, pode ser extremamente prejudicial para o sistema respiratório.

O ozônio, em níveis baixos (atmosférico), é obtido pela reação da luz do sol com certos elementos químicos presentes no meio ambiente, provenientes das emissões dos automóveis e das emissões industriais. Desta forma, níveis elevados de poluição atmosférica (Dióxido de nitrogênio, partículas finas e Hidrocarbonetos), geralmente induzem níveis críticos de ozônio na atmosfera, sendo este gás, tanto puro, como na presença de outros elementos químicos, extremamente prejudicial para a saúde.

Discussão

Quanto à efetividade dos purificadores de ar a base de ozônio no controle da contaminação em ambientes fechados, alguns dados científicos atuais sugerem que, em concentrações que não ultrapassam os limites aceitáveis para a saúde pública, o ozônio apresenta um potencial muito pequeno de remoção dos contaminantes presentes no ar de ambientes fechados, quer sejam químicos, físicos ou biológicos. Desta forma:

1. Contaminantes Químicos

O processo de reação química do ozônio com a maioria dos elementos químicos presentes no ar de ambientes fechados, levaria meses ou anos para

acontecer⁹, o que se considera, para o assunto que nos interessa, reação tecnicamente desprezível. Além disso, ao contrário do que alegam alguns fabricantes, os equipamentos não possuem a capacidade de remover o monóxido de carbono^{8,14} ou o formaldeído¹⁵. Outro ponto a ser considerado são os sub-produtos, irritantes ou nocivos^{16,17,18,19}, da reação do ozônio com elementos orgânicos com os quais este gás efetivamente reage. Alguns fabricantes afirmam que uma das vantagens do ozônio é inativar os elementos químicos do ar produzindo unicamente dióxido de carbono e água. Isso é totalmente incorreto, pois esta reação padrão não ocorre com a grande maioria das substâncias. Sub-produtos são formados, os quais podem ser substratos potenciais altamente reativos e capazes de produzir outros derivados, os quais por sua vez, podem apresentar alto potencial irritante ou corrosivo^{18,20,21}.

Estudo recente¹⁷ mostrou que a mistura de ozônio com elementos químicos emitidos por carpetes novos, após provocar uma redução dos gases emitidos pelos carpetes, incluindo aqueles responsáveis pelo odor, provoca um aumento do nível total de compostos orgânicos voláteis, especialmente de diversos aldeídos. Além dos aldeídos, o ozônio também favorece o aumento dos níveis de ácido fórmico¹⁹, ambos irritantes pulmonares, quando em grande quantidade.

Odores são gerados através da presença de determinados compostos químicos que agredem o ser humano através da sensação olfativa. Assim sendo, odores como uma classe especial de compostos químicos caracterizaram-se como um dos importantes alvos dos produtores de equipamentos de tratamento de ar, através da geração de ozônio.

Como os demais compostos químicos, o ozônio também não demonstrou ser eficaz na luta contra os odores em ambientes fechados: uma experiência¹⁰ em um ambiente que reproduzia uma câmara de embalsamento, onde o formaldeído é a principal fonte de odor, mostrou que o ozônio não reduziu a concentração de formaldeído no ar. Do mesmo modo, outras experiências sugerem que o ozônio é capaz de mascarar odores corporais em ambientes fechados, porém, não de eliminá-los, sendo a única exceção a reação do Sulfeto de hidrogênio (H₂S) com o ozônio gerando Sulfato (SO₃) e água (H₂O), porém este composto só é observado em processos de putrefação. Além de não haver provas contundentes de que o ozônio é efetivo no tratamento de odores, existe a possibilidade de alguns odorizadores, que atuam por mecanismos de aspersão de determinados compostos químicos com odor reajirem com o ozônio^{17,19}. Acredita-se que o ozônio reage também com a acroleína, um dos muitos elementos químicos irritantes e com odor presentes na fumaça de cigarro²².

2. Contaminantes Físicos

O ozônio, por si só, não é capaz de remover partículas em suspensão no ar, como poeira, pólen ou mesmo as partículas responsáveis pela maioria das alergias. Por isso, alguns purificadores de ar vêm equipados com ionizadores. Ionizadores emitem íons carregados no ar, positiva ou negativamente, que se ligam às partículas em suspensão no ar, carregando-as por sua vez, positiva ou negativamente. Assim carregadas, as partículas passam a apresentar a propriedade física de se fixarem em superfícies (móveis, paredes e outras) com carga eletrostática oposta ou ainda, de se agregar a outras partículas em suspensão, com diferentes cargas eletrostática, resultando em um processo de precipitação. Estudos^{14,25} demonstram que os ionizadores apresentam menor eficiência na remoção de partículas em suspensão no ar que filtros classificados como HEPA (High Efficiency Particulate Arrestance) ou precipitadores eletrostáticos.

3. Contaminantes Biológicos

Alguns dados^{13,3} mostram que, enquanto houver ozônio em baixas concentrações no ar, pode haver uma redução da concentração de microorganismos em suspensão no ar, assim como a inibição de seu crescimento. Entretanto, para que haja uma descontaminação que impeça e proliferação dos microorganismos uma vez que o ozônio é removido, estima-se que deveriam ser utilizadas concentrações de ozônio de 5 a 10 vezes superiores ao limite máximo permitido²³. Mesmo nesse caso, o ozônio não teria eficiência contra os microorganismos fixados em materiais porosos, como forros falsos ou materiais para isolamento²⁴.

Em alguns casos especiais, em "espaços não ocupados e fora da presença humana", utilizam-se altas concentrações de ozônio para ajudar a remover contaminantes químicos, biológicos ou odores, como é o caso de remediações após incêndio. Todavia, pouco se sabe a respeito dos sub-produtos que tais procedimentos podem gerar⁴. Sabe-se porém, que nessas concentrações, o ozônio pode afetar plantas, danificar materiais a base de borracha, fios elétricos e obras de arte, que contenham determinadas tintas ou pigmentos¹².

Considerações Finais

A remediação de poluentes em ambientes interiores, através de equipamentos purificadores de ar por geração de ozônio, passa a ser altamente questionada, quando avalia-se o controle das concentrações deste gás em ambientes interiores e os níveis de exposição de seus ocupantes.

A concentração real de ozônio dentro de um ambiente fechado depende de diversos fatores, dentre os quais: a potência do equipamento, o número de equipamentos em uso, o tamanho do ambiente, portas e janelas abertas ou fechadas, a quantidade de materiais e móveis que absorvem ou reagem com o ozônio, a taxa renovação do ar, a concentração de ozônio no ar externo e a precisão dos controles de ajuste de potência dos equipamentos.

Além disso, a exposição ao gás depende da proximidade entre o indivíduo e o equipamento, uma vez que a concentração de ozônio é maior quanto mais próximo do ponto de emissão.

- Em alguns casos, as instruções do equipamento recomendam que se use um purificador de ar compatível com o tamanho do ambiente a ser purificado; infelizmente, tais instruções sobre o tipo de equipamento que deve ser usado em cada tipo de ambiente, geralmente não são precisas o suficiente para garantir que as concentrações de ozônio não ultrapassem o limite máximo permitido. Estudos recentes²⁶ mostraram que um equipamento projetado para ambientes de "até 280 m²" utilizado na potência máxima em um ambiente de aproximadamente 25 m², gerou concentrações de ozônio da ordem de 0,5 a 0,8 ppm, ou seja entre 5 e 10 vezes mais elevadas que o limite máximo permitido (tabela 1).

- Outro trabalho científico¹² avaliou as concentrações de ozônio em ambientes residenciais, geradas por equipamentos em diversas situações (portas fechadas/ abertas, sistema de ventilação ligado/desligado) colocados em diferentes ambientes. Os resultados mostraram que somente quando não utilizados na potência máxima e com portas abertas, as concentrações não excediam o limite máximo permitido.

Conclusão

Quer seja puro, quer seja na presença de outros poluentes ou elementos químicos, quando inalado, o gás ozônio pode danificar os pulmões. Em baixas concentrações pode causar dores no peito, tosse, falta de ar e irritação da garganta e demais mucosas, além de agravar doenças respiratórias crônicas como a asma e diminuir a capacidade do organismo de defesa contra infecções pulmonares.

Os dados científicos demonstram que, quando utilizado em concentrações que não ultrapassem o limite máximo permitido, o ozônio não apresenta efetividade no controle da poluição química, física ou biológica, em ambientes fechados. Sua utilização pode até provocar, através das reações químicas com outros elementos presentes no ar e com os próprios sub-produtos que essas reações geram, o surgimento de novos poluentes químicos irritantes e até mesmo carcinogênicos.

Finalmente, mesmo seguindo-se criteriosamente as instruções de uso dos fabricantes de equipamentos purificadores de ar, cujo princípio de funcionamento é a emissão de ozônio, é geralmente difícil controlar sua concentração nos ambientes fechados, e conseqüentemente a exposição ao gás, uma vez que esta depende de uma série de fatores.

Assim, para controlar a qualidade do ar em ambientes fechados, é desaconselhável utilizar equipamentos que não apresentem resultados conclusivos e até mesmo podem causar algum dano à saúde humana. Deve-se adotar algumas ações simples, porém eficazes, como eliminar as fontes de poluição através de procedimentos de higienização adequados, controle da umidade, além da renovação adequada do ar, de forma a diluir os poluentes, tais como: utilização de taxas adequadas de renovação de ar ou abertura de janelas, no caso de residências, em locais de boa qualidade de ar externo.

Bibliografia

1. JANSSEN, J.E. & WOLFF, A.. 1986. Subjective response to ventilation. In: Managing indoor air for health and energy conservation. Proceedings of the ASHRAE Conference IAQ' 86. Atlanta, USA,
2. WORLD HEALTH ORGANIZATIONS. 1983. Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects. Copenhagen. WHO regional Office for Europe (European Series nº 78),
3. VAN BREUNINGEN, M.F.; KORT, H.S.M. & VAN BRONSWIJK, J.E.M.H. 1996. Hygienic Building Management for prevention and cure of Building-related Disease, a review. In: Indoor Air '96 (Proceedings of the 7th. International Conference on Indoor Air Quality and Climate). Nagoya, vol.1, pp. 635-40,
4. SKARET, E.1993. Indoor Climate. Air Quality, Strategy and Guideline. In: Indoor Air '93 (Proceedings of the 6th. International Conference on Indoor Air Quality and Climate). Helsinki, vol.3, pp. 513-84.
5. KUKKONEN, E.; SKART, E.; SUNDELL, J. & VALBJORN, O.. Indoor Climate Problems – Investigation and remedial measures – Nordic Ventilation Group.
6. U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). 1999 Residential Air Cleaning Devices: A Summary of Available Information. U.S. EPA
7. Sawyer, W.A.; Beckwith, Helen I. & Skolfield, Esther M. 1913. The Alleged Purification of Air By The Ozone Machine. Journal of the American Medical Association.
8. Salls, C.M. 1927. The Ozone Fallacy in Garage Ventilation. The Journal of Industrial Hygiene. 9:12.
9. Boeniger, M. F. 1995. Use of Ozone Generation Devices to Improve Indoor Air Quality. American Industrial Hygiene Association Journal.56 : 590-598.
10. American Lung Association. 1997. Residential Air Cleaning Devices: Types, Effectiveness, and Health Impact. Washington, D.C. January.
11. Al-ahmady, K.K. 1997. Indoor Ozone. Florida Journal of Environmental Health.June. pp. 8-12.
12. U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). 1996. Ozone Generators in Indoor Air Settings. Report prepared for the Office of Research and Development by Raymond Steiber. National Risk Management Research Laboratory. U.S. EPA. Research Triangle Park. EPA-600/R-95-154.
13. U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). 1996. Review of National Ambient Air Quality Standards for Ozone: Assessment of Scientific and Technical Information. OAQPS Staff Paper. Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park. NC. EPA-452/R-96-007.
14. Shaughnessy, R. J.; Levetin, E.; Blocker, J. & Sublette, K.L. 1994. Effectiveness of Portabel Indoor Air Cleaners: Sensory Testing Results. Indoor Air. Journal of the International Society of Indoor Air Quality and Climate. 4:179-188.
15. Esswein, E.J.; Boeniger, M.F. 1994. Effects of na Ozone-Generating Air-Purifying Device on Reducing Concentrations of Formaldehyde in Air. Applied Occupational Environmental Hygiene. 9(2): 139-146.
16. Weschler, C.J.; Brauer, M.; and Koutrakis, P. 1992a Indoor Ozone and Nitrogen Dioxide: A Potential Pathway to the Generation of Nitrate Radicals, Dinitrogen Pentaoxide, and Nitric Acid Indoors. Environmental Science and Technology. 26(1):179-184.
17. Weschler, C.J.; Hodgson Alfres T.; and Wooley, J. D. 1992b. Indoor Chemistry: Ozone, Volatile Organic Compounds, and Carpets. Environmental Science and Technology. 26 (12):2371-2377.
18. Weschler, C.J.; and Shields, H.C. 1996. Production of the Hydroxyl Radical in Indoor Air. Environmental Science and Technology. 30(11): 3250-3268.
19. Zhang, J. & Lioy, P.J. 1994. Ozone in Residential Air: Concentrations, I/O Ratios, Indoor Chemistry, and Exposures. Indoor Air. Journal of the International Society of Indoor Air Quality and Climate. 4:95-102.
20. Weschler, C.J; Shields, H.C. 1997a. Measurements of the Hydroxyl Radical in a Manipulated but Realistic Indoor Environment. Environmental Science and Technology. 31(12): 3719-3722.
21. Weschler, C.J; Shields, H.C. 1997b. Potencial Reactions Among Indoor Pollutants. Atmospheric Environment. 31(12): 3487-3495.
22. U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). 1995. Ozone Generators in Indoor Air Settings. Report prepared for the Office of Research and Development by Raymond Steiber. National Risk Management Research Laboratory. U.S. EPA. Research Triangle Park. EPA-600/R-95-154.
23. Dyas, A.; Boughton, B.J. & Das, B.C. 1983. Ozone Killing Action Against Bacterial and Fungal Species; Microbiological Testing of a Domestic Ozone Generator. Journal of Clinical Pathology. 36:110-1104.
24. Foarde, K.; van Osdell, D. & Steiber, R. 1997. Investigation of Gas-Phase Ozone as a Potential Biocide. Applied Occupational Environmental Hygiene. 12(8):535-542.
25. Pierce, M.W.; Janczewski, J.N.; Roethlisbergber, B.; Pelton, M. & Kunstel, K. 1996. Effectiveness of Auxiliary Air Cleaners in Reducing ETS Componentes in Offices. ASHRAE Journal.
26. ShAughnessy, R.J. & Oatman, L. 1991. The Use of Ozone Generators for the Control of Indoor Air Contaminants in an Occupied Environment. Proceedings of the ASHRAE Conference IAQ'91. Healthy Buildings. ASHRAE, Atlanta.