

Toxicologia Ambiental: Aspectos toxicológicos e políticos sobre a poluição do ar.

Carlos E. Matos

Farmacêutico. Mestrando em Saúde Pública, FSP/USP. Gerente de estudos especiais da Intertox - Toxicologia Computacional & In Silico, Toxicologia Ambiental, e Assuntos Regulatórios. Email: c.eduardo@intertox.com.br

Roberta D. Andrade

Graduanda em Direito, Faculdade Ruy Barbosa, Salvador – BA.
E-mail: roberta.andrade001@gmail.com

Resumo

Atualmente, os altos níveis de poluição atmosférica e a ausência de avanços para redução das emissões no mundo têm sido motivo de preocupação nas agências de saúde. Neste contexto, são apresentados neste trabalho os aspectos toxicológicos e de saúde pública relacionados à poluição do ar, com ênfase na complexidade e no alto grau de incertezas sobre os riscos, sobretudo, em relação ao Material Particulado. São discutidos os aspectos políticos na questão da saúde ambiental, e, suas limitações. Conclui-se que a complexidade do assunto demanda políticas e ações que contemplem a natureza global da poluição e maior adesão e esforços no estabelecimento de metas por parte dos países nas conferências sobre a matéria.

Palavras-chave: Direito à saúde, Direito sanitário; Direito ambiental, Poluição do ar, Material particulado e Risco toxicológico

Resumen

En la actualidad, los altos niveles de contaminación del aire y la falta de progreso en la reducción de emisiones en el mundo han sido motivo de preocupación en los organismos de salud. En este contexto, el presente trabajo presenta los aspectos de la toxicología y la salud pública relacionados con la contaminación del aire, con énfasis en la complejidad y el alto grado de incertidumbre acerca de los riesgos, especialmente en relación a lo Material Particulado. Se discuten los aspectos políticos del problema de salud ambiental, y sus limitaciones. La conclusión llegada es que la complejidad de lo tema demanda de políticas y acciones que aborden la naturaleza global de la contaminación y mayor adhesión y esfuerzos en lo establecimiento de objetivos por parte de los países en las conferencias sobre el tema.

Palabras clave: Derecho a la salud, Derecho sanitario, Contaminación del aire, Material particulado y Riesgo toxicológico

Introdução

A poluição do ar tem exercido grande impacto na saúde das populações, sendo um desafio o estabelecimento exato donexo causal entre as exposições e a ocorrência de danos, devido a uma série vieses e fatores de confusão, incluindo: incertezas em relação aos poluentes e produtos de transformação (falta de informações de sobre o comportamento ambiental e de dados de toxicidade); da exposição (múltipla exposição a diferentes agentes); e da falta de controle e monitorização ambiental em diversos locais.

Existem várias fontes de emissão de poluentes de origem antropogênica, incluindo veículos, atividades de mineração, processamento de metais e usinas de combustão, e grande número de processos industriais.

O estudo da poluição do ar tem sido segmentado de acordo com o tipo de ambiente, analisando-se separadamente ambientes externos e ambientes fechados, devido às diferentes variáveis de exposição envolvidas. Em ambientes fechados, considera-se que além da possibilidade de serem encontrados poluentes comuns do ar do ambiente externo: eventuais fontes de combustão de óleos, gás, carvão, madeira e do tabaco; materiais de construção; mobiliário com amianto; móveis com determinados produtos de madeira prensada; e produtos de limpeza doméstica; além daqueles provenientes de sistemas de aquecimento ou refrigeração contribuem com a poluição do ar de ambientes fechados (USEPA, 2011a).

Nos últimos anos, evidências científicas cada vez mais fortes apontam ambientes fechados e construções, os níveis de contaminantes podem ser maiores do que no ambiente externo, o que pode levar a maiores níveis de exposição considerando que pessoas podem passar 90% do tempo em ambientes fechados (USEPA, 2011a).

Devido à preocupação com ambientes fechados, a *Organização Mundial de Saúde (OMS)* publicou em 2010 um guia de orientação para a

monitorização da qualidade do ar em ambientes fechados. São apresentados dados toxicológicos e limites de exposição para 9 poluentes, incluindo benzeno, tricloroetileno, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, monóxido de carbono e outros (OMS, 2010).

Aspectos toxicológicos e de Saúde Pública

Segundo a OMS, mais de 2 milhões de casos de mortes prematuras a cada ano podem ser atribuídos à contaminação do ar em ambientes urbanos abertos e ambientes fechados, sendo que mais da metade deste número corresponde às mortes em países em desenvolvimento (OMS, 2005).

Em relatório publicado por uma organização não-governamental da Europa, sob o título "*THE UNPAID HEALTH BILL: How coal power plants make us sick*", faz-se referência às estimativas de que 18200 mortes prematuras por ano e um gasto equivalente a €42,8 bilhões na Europa são relacionados a problemas de saúde são atribuíveis à geração de energia pela queima de carvão (HEAL, 2013).

Considerando a ubiquidade de muitos outros agentes químicos presentes no ar, são muitos os outros *endpoints* conhecidos de importância para a Saúde Pública, desde efeitos agudos (ex: irritação ocular e do trato respiratório) a efeitos crônicos (doenças respiratórias crônicas, câncer pulmonar e do septo nasal).

Mais de 21.000 mortes/ano nos Estados Unidos são atribuídas ao câncer de pulmão pela exposição ao radônio no ar (especialmente ar em ambientes fechados), e segundo a OMS, a exposição a este agente é responsável por 15% dos casos de câncer de pulmão no mundo (USEPA, 2010a).

Material Particulado: fatos recentes e riscos toxicológicos

No amplo grupo dos clássicos poluentes atmosféricos (monóxido e dióxido de carbono, ácido sulfúrico e sulfatos relacionados, ozônio, dióxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos voláteis - VOC, entre outros); o Material Particulado (MP) tem sido motivo de preocupação para as agências internacionais, com frequente aparecimento nos meios de comunicação.

O MP consiste em partículas sólidas, gotículas de líquido, ou líquido condensado adsorvido a partículas sólidas; classificados segundo o diâmetro (em micrometros - μm), como o MP_{10} , com diâmetro menor que $10\mu\text{m}$; e $\text{PM}_{2,5}$, partículas bastante finas, com diâmetro menor que $2,5\mu\text{m}$ (USEPA, 2004). Sabe-se que fatores como densidade, forma, carga, e tamanho são condicionantes da chegada da partícula aos alvéolos, sendo que as mais lesivas possuem diâmetro de aproximadamente $1\mu\text{m}$ (AZEVEDO, 2004).

Em janeiro de 2013, foram publicados dados na imprensa internacional sobre a qualidade do ar em Pequim, na China, que indicaram níveis de mais de $600\mu\text{m}/\text{m}^3$ de MP (New York Times, 2013a). Sob o ponto de vista do risco toxicológico, tais níveis são de magnitude aproximadamente 24 e 12 vezes maior que os limites considerados seguros pela Organização Mundial de Saúde para $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente, em relação aos limites de 25 e $50\mu\text{m}/\text{m}^3$ para a média diária (OMS, 2005).

Em Teerã, capital da República Islâmica do Irã, Escolas, universidades, agências do governo tiveram fechamento ordenado pelo governo iraniano em janeiro de 2013, como medida de mitigação aos altos níveis de exposição à poluição do ar. Segundo as agências de saúde locais, aproximadamente 4.460 pessoas morreram no país nos meses anteriores, além de haver sido registrado notável aumento na incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares e dos casos de câncer relacionados à poluição do ar (New York Times, 2013b). A OMS divulgou recentemente dados sobre poluição por MP em aproximadamente 1100 cidades de 91 países, incluindo capitais e cidades com número de habitantes >100.000 (OMS, 2012).

Devido à evidência de efeitos pulmonares e cardiovasculares em exposições ao MP, a EPA (*Environmental Protection Agency*) adotou em 2004, um padrão para as MP_{2,5}, designado como *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS), normalizado na “Lei do ar limpo” (*Clean Air Act*). A média aritmética anual não pode exceder a 15 µg/m³ (microgramas por metro cúbico), baseada numa média de três anos; ou o 98º percentil da concentração de 24 horas, que não pode exceder 65 µg/m³ (baseada numa média de três anos). Este último padrão foi reduzido em 2006 para 35 µg/m³. No caso do MP₁₀, o padrão para a concentração de 24 horas é de 150 µg/m³, não havendo padrão para MP₁₀ em relação à concentração anual, devido à ausência de evidências de problemas de saúde decorrentes da exposição em longo prazo (EPA 2004; 2006).

Existem muitas incertezas relacionadas aos limites estabelecidos, uma vez que é variável a composição do material particulado, e que dependendo das fontes e interação entre poluentes, pode conter aderidos às partículas agentes radioativos ou carcinogênicos.

A complexidade da poluição e os aspectos socioambientais

A dinâmica de transporte de poluentes atmosféricos é complexa, e sabe-se que os poluentes podem ser levados a longas distâncias, dependendo da intercorrelação de variáveis do agente (características físico-químicas, tamanho e densidade de partículas, etc.), meteorológicas (velocidade dos ventos, fatores de distúrbio e turbulência no ar, gradiente térmico, etc.), da fonte (altura, intensidade, etc.) e topográficas (posição e altura de edifícios e montanhas, entre outros).

São realizadas modelagens de dispersão e de transporte de poluentes entre países e continentes, sendo que o resultado destes estudos é frequentemente motivo de impasses políticos e econômicos entre os países envolvidos, dando também um caráter de preocupação global ao atual

volume da poluição atmosférica e a ausência de perspectivas significativas de redução das emissões no mundo.

EWING e col. (2010) utilizaram isótopos de chumbo para verificar o caminho e o impacto da poluição com material particulado proveniente da Ásia, via trans-pacífico, à América do Norte. Os resultados sugeriram que uma média de 29% das partículas encontradas em São Francisco, Estados Unidos; eram de origem asiática. Além de elucidar dados sobre a transferência global da poluição, tais resultados evidenciam a natureza plurilateral da responsabilidade socioambiental, já que a qualidade do ar (e dos demais compartimentos ambientais), apesar dos limites geográficos, é essencial para a vida em todo o planeta.

Existem muitos estudos epidemiológicos sobre a associação entre níveis de exposição a material particulado e a ocorrência de efeitos cardiovasculares, considerando que altos níveis de exposição estão correlacionados com eventos cardiovasculares agudos. BURGAN e col. (2010), fizeram uma revisão de literatura, para avaliar a associação entre a exposição sub-diária (≤ 6 horas) a partículas finas de composições diversas e a ocorrência de efeitos cardiovasculares agudos (arritmias, isquemia e infarto do miocárdio), e os prováveis mecanismos envolvidos. Os dados que sugerem há associação positiva entre a exposição e determinados efeitos cardiovasculares.

Aspectos políticos e a questão da saúde ambiental

Historicamente, foi necessária a criação do aparato legal infraconstitucional (e de avanços na hermenêutica deste aparato com o avanço no conhecimento dos determinantes de saúde), aditivamente aos direitos fundamentais, e também, o estabelecimento das áreas Direito

Sanitário e Ambiental, para a estruturação de políticas ambientais e de saúde.

Não há uma definição de saúde na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988-CRFB/88. Por conseguinte, deve-se utilizar a interpretação extensiva para compreender que a saúde é o “estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”, conforme a definição da Organização Mundial de Saúde (OMS)¹. O mesmo pode se dizer sobre a segurança, pois essa palavra não abrange apenas o sentido penal, mas deve incluir a segurança alimentar, terapêutica, química, nuclear, etc.

O conceito de saúde² da OMS completa o sentido de saúde trazido no art. 3º e parágrafo único da lei 8.080/90, que dá foco ao meio ambiente, devido à sua relevância como determinante de saúde:

Art. 3º :A saúde tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais; os níveis de saúde da população expressam a organização social e econômica do País.

Parágrafo único. Dizem respeito também à saúde as ações que, por força do disposto no artigo anterior, se destinam a garantir às pessoas e à coletividade condições de bem-estar físico, mental e social.

(grifo nosso) (BRASIL,1990)

O direito à saúde é um direito social, conforme o art.6 da CRFB/88, pois não visa o benefício de um indivíduo, mas de toda sociedade brasileira,

¹ OMS - Organização Mundial de Saúde. Constituição da Organização Mundial de Saúde, 1946.

² Pode-se verificar, portanto, que o conceito de saúde adotado nos documentos internacionais relativos aos direitos humanos é o mais amplo possível, abrangendo desde a típica face individual do direito subjetivo à assistência médica em caso de doença, até a constatação da necessidade do direito do Estado ao desenvolvimento, personificada no direito a um nível de vida adequado à manutenção da dignidade humana. (BRASIL, Ministério da Saúde, 2003, p. 47)

e, acima de tudo, é um direito que necessita da intervenção do Estado, para que seja utilizado com equidade e em pró do interesse público.

Art. 6º: São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a de toda moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição. (grifo nosso) (BRASIL, 1988)

O direito à saúde possui mecanismos para exigir do Estado obras e planejamento de políticas públicas para a devida prestação de saúde para o serviço público, conforme o art. 196. Esse planejamento só decorre da administração pública, pois se refere à forma de implementação que o Estado dá à saúde, ou seja, o direito à saúde é parte instrumentalizada do direito administrativo, porque apenas com o devido desenvolvimento na gestão administrativa baseada no interesse público e nas leis que foram desenvolvidas para execução dessas ações, pode se chegar a uma prestação adequada do serviço.

Art. 196: A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988).

Todo o embasamento legal existente para a execução da administração pública objetiva a tutela da saúde e é matéria do Direito Sanitário. A partir desse campo do conhecimento que se disciplina o exercício da função sanitária dos entes públicos. O Direito Sanitário tem foco voltado para a saúde pública, desse modo, sua finalidade central é coordenar, gerenciar, criar respostas normativas a fim de dar garantias ao seu propósito (DIAS, 2003).

O direito sanitário se interessa tanto pelo direito à saúde, enquanto reivindicação de um direito humano, quanto pelo direito da saúde pública: um conjunto de normas jurídicas que têm por objeto a

promoção, prevenção e recuperação da saúde de todos os indivíduos que compõem o povo de determinado Estado, compreendendo, portanto, ambos os ramos tradicionais em que se convencionou dividir o direito: o público e o privado (BRASIL, 2003)

No contexto ambiental, a Política Nacional do Meio Ambiente de 1981 já previa a necessidade de atenção ao meio ambiente, o qual é compreendido como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. O direito ao meio ambiente, consolidado explicitamente, se encontra no art. 225 da CRFB/88, que dispõe sobre o nexos causal entre o meio ambiente ecologicamente equilibrado e a qualidade de vida.

O direito ao meio ambiente equilibrado não está no art. 5 da CRFB, artigo que concentra os direitos fundamentais, todavia, para garantia da saúde é essencial a qualidade ambiental.

Art. 225: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL,1988).

A lei nº6.938/81 rege a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual integra a saúde ambiental ao ideal da dignidade da pessoa humana, art. 2º. O princípio dignidade da pessoa humana é o fundamento, utilizado como guia de interpretação da CRFB, previsto no art. 1, inciso III, que todas as outras normas devem priorizar, sendo este o princípio fundamental do Estado. Dessa forma, pela questão imprescindível e essencial para a natureza humana, o princípio da dignidade possui uma relação direta com o meio ambiente, o qual visa manter o ambiente equilibrado com a finalidade de prover uma vida saudável e de qualidade para sociedade.

Art 2º: A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios. (BRASIL,1981)

Art. 1º da CRFB/88- A república federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos estados e municípios e do distrito federal e constitui-se em Estado democrático de Direito e tem como fundamento:

III – dignidade da pessoa humana; (BRASIL,1988)

As diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA foram formuladas em normas e planos, destinados a orientar a ação dos Governos da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios no que se relaciona com a preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico, segundo os princípios estabelecidos no art. 2º desta Lei. Todavia, esta função do PNMA é regulada pela Constituição, no art. 23:

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e Municípios:

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;

(BRASIL, 1988)

Considerações finais

Além da constante monitorização da qualidade do ar e outras políticas locais elementares (interpretação dos resultados, avaliação e gerenciamento dos riscos), são necessárias políticas e ações de maior espectro de controle de emissões, de incentivo às fontes energéticas limpas/sustentáveis, e, de desenvolvimento tecnológico para redução de consumo.

A cooperação entre países do MERCOSUL e a participação civil são aspectos primordiais, pois abordam o problema da poluição com ele o é, local e ao mesmo tempo, global. Devido à problemática da poluição na Europa, criam-se grupos como *Health and Environment Alliance (HEAL)* e *European Respiratory Society (ERS)* atuam ativamente na questão da poluição e das políticas ambientais.

Apesar dos direitos fundamentais estabelecidos e de todo aparato legal infraconstitucional existente no Brasil, a problemática da poluição abrange uma dimensão muito maior, já que os poluentes além de serem transportados a longas distâncias cruzando fronteiras; exercem efeitos globais, afetando, sobretudo, em áreas mais sensíveis (do ponto de vista socioeconômico, climático e biológico).

Além dos riscos à saúde, ressalta-se que a poluição pode provocar impactos e alterações no ambiente (aquecimento global e outras alterações climáticas), que podem provocar efeitos indiretos, como aumento de doenças infecciosas, escassez de água potável, entre outros.

A definição de políticas com perspectivas significativas, devido aos aspectos políticos, socioeconômicos e legais envolvidos; demanda instrumentos que aumentem a efetividade das conferências internacionais e maior adesão civil e dos representantes de cada país às metas e políticas definidas.

A implementação do Programa de Registro de Emissão e Transferência de Poluentes (RETP) ou *Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)* pelo Brasil é uma política promissora, e sob a perspectiva mundial, pode mudar o rumo da poluição no planeta.

Referências

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. *A Ecotoxicologia na Análise do Risco Químico* (Caderno de Referência Ambiental). v. 16, Salvador : CRA, 2004.

[BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.](#)

BRASIL. *Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990*. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL, *Resolução CONAMA nº 306*, 5 de julho de 2002. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais.

BRASIL, Ministério da Saúde. *Direito Sanitário e Saúde Pública*. Série E. Legislação de Saúde. Brasília, 2003

BRASIL, Ministério da Saúde. *Manual de direito sanitário com enfoque em vigilância em saúde*. 2ed. Brasília: Série E. Legislação de Saúde, 2006.

BURGAN, O.; SMARGIASSI, A.; PERRON, S.; KOZATSKI, T. Review: Cardiovascular effects of sub-daily levels of ambient fine particles: a systematic review. *Environmental Health*, v.9, n. 26, 2010.

DIAS, H. P. *Direito Sanitário*. Brasília: ANVISA, 2003.

ERDBRINK, T. Annual Buildup of Air Pollution Chokes Tehran. *The New York Times*, 6 de janeiro de 2013b. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2013/01/07/world/middleeast/tehran-is-choked-by-annual-buildup-of-air-pollution.html?_r=0>. Acesso janeiro de 2013.

EWING, S. A. CHRISTENSEN, J. N.; [Et al.]. Pb Isotopes as an Indicator of the Asian Contribution to Particulate Air Pollution in Urban California. *Environmental Science Technology*, 2010.

HEAL - Health and Environment Alliance. *THE UNPAID HEALTH BILL: How coal power plants make us sick*. HEAL's Technical reports, 2013. Disponível em: <http://www.env-health.org/IMG/pdf/heal_report_the_unpaid_health_bill_how_coal_power_plants_make_us_sick_final.pdf> acesso em março de 2013.

OMS - Organização Mundial de Saúde. *Constituição da Organização Mundial de Saúde*. Preâmbulo. Genebra, 1946.

RADICCHI, A. L. A.; LEMOS, A.F. *Saúde ambiental*. Belo Horizonte: Coopmed, 2009.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. *Air Quality Criteria for Particulate Matter*. Final Report, Oct. 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/pmdesignations/index.htm>> acesso em 10 dezembro de 2012.

_____. *Exposure to Radon Causes Lung Cancer In Non-smokers and Smokers Alike*(2010a). Disponível em: <<http://www.epa.gov/radon/healthrisks.html>> acesso em 10 dezembro de 2012.

_____. *PM Standards Revision – 2006*. Washington: EPA: 2006.

_____. *The inside story: A guide indoor air quality*. 2011a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidestory.html#Intro1>> acesso em janeiro de 2012.

WHO - World Health Organization. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Summary of risk assessment*. Global update 2005. Geneva: WHO Air quality guidelines, 2006.

_____. *WHO - guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010.

_____. *Outdoor air pollution*. Geneva: WHO publications, 2012.

WONG, E. . Beijing's Air Quality. *The New York Times*, 12 de janeiro de 2013a. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2013/01/13/science/earth/beijing-air-pollution-off-the-charts.html?_r=1&> Acesso em janeiro de 2013.