

RELAÇÃO ENTRE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE

SANTOS, Haroldo Lima.¹
FIALHO, Marcelito Lopes.²
REIS, Karina Pregolato.³
FRANCO, Márcia Villar.⁴
OLIVEIRA, Ricardo Bezerra de.⁵

RESUMO: A poluição atmosférica encontra-se presente nos mais diferentes cenários ao longo dos últimos 250 anos, desde que a Revolução Industrial acelerou o processo de emissão de poluentes que, até então, estava limitado ao uso doméstico de combustíveis vegetais e minerais e às emissões vulcânicas intermitentes. Hoje, aproximadamente 50% da população do planeta vivem em cidades e aglomerados urbanos e estão expostas a níveis progressivamente maiores de poluentes do ar. Este estudo é uma revisão não sistemática sobre os diferentes tipos e fontes de poluentes do ar e os efeitos respiratórios atribuídos à exposição a esses contaminantes. Os estudos ecológicos de séries temporais tem como objetivo investigar a associação entre os níveis diários de poluentes do ar (CO, O₃, SO₂, NO₂ e PM₁₀) e os atendimentos de idosos e crianças com infecções de vias aéreas superiores (IVAS) em do Pronto Socorros Médicos e aumento da morbimortalidade, portanto podem ser creditados aos poluentes particulados e gasosos, emitidos por diferentes fontes, aumentos nos sintomas de doenças, na procura por atendimentos em serviços de emergência e no número de internações e de óbitos. Monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂) estiveram diretamente associados à IVAS sendo essa associação robusta, resistindo à inclusão das variáveis de controle. Mais do que descompensar doenças pré-existentes, exposições crônicas têm ajudado a aumentar o número de casos novos de asma, de DPOC e de câncer de pulmão, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, fazendo com que os poluentes atmosféricos rivalizem com a fumaça do tabaco pelo papel de principal fator de risco para estas doenças. Na rotina de clínicos e

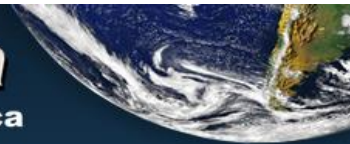
¹ Servidor Público Federal – Oficial Médico – Perito, cargo de carreira, no Exército Brasileiro. Docente do Curso Médico. Mestrando em Direito da Saúde: dimensões individuais e coletivas pelo Instituto de Educação Superior Santa Cecília – UNISANTA – Santos/SP. Especialista em Direito Penal Militar e Direito Penal Militar pelas Faculdades Integradas em parceria com o Exército Brasileiro. Especialista em Medicina de Emergência pelo Hospital Israelita Albert Einstein. Residente em Cirurgia Geral no Hospital Central do Exército Brasileiro. Graduado Bacharel em Direito pelo Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio – CEUNSP. Graduado em Medicina pela Universidade Estadual de Montes Claros. E-mail: haroldomocls@yahoo.com.br

² Advogado Autônomo. Mestrando em Direito da Saúde: dimensões individuais e coletivas – Unisanta.

³ Advogada Autônoma. Funcionária Pública Estadual – Executivo Público I no Departamento Regional de Saúde de Bauru – DRS VI. Mestranda em Direito da Saúde: dimensões individuais e coletivas pelo Instituto de Educação Superior Santa Cecília – UNISANTA – Santos/SP – Bolsista CAPES - PROSUP. Especializanda em Saúde Pública: política, planejamento e gestão pela UNIDERP – Educação à distância. Graduanda em Ciências Sociais pela Universidade Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP de Marília/SP. Especialista em Gestão Pública pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Especialista em Direito Civil e Processual Civil pela Faculdade Anhanguera de Bauru/SP. Graduanda em Relações Internacionais pelo Instituto de Ensino Superior de Bauru – IESB. Graduanda em Direito pelo Instituto de Ensino Superior de Bauru – IESB. E-mail: kpr.adv2010@gmail.com

⁴ Advogada Autônoma. Mestranda em Direito da Saúde: dimensões individuais e coletivas – Unisanta.

⁵ Advogado Autônomo. Professor de Direito IFMA. Mestrando em Direito da Saúde: dimensões individuais e coletivas – Unisanta.



pneumologistas, esperamos contribuir para consolidar a importância da investigação sobre a exposição aos poluentes do ar e o reconhecimento de que esse fator de risco merece ser levado em conta na adoção da melhor terapêutica para o controle das descompensações agudas das doenças respiratórias e para a sua manutenção entre as crises.

Palavras-chave: Sistema Respiratório. Poluição Atmosférica. Doenças Pulmonares. Infecções Respiratórias. Relação entre Doenças Pulmonares e Poluentes Atmosféricos.

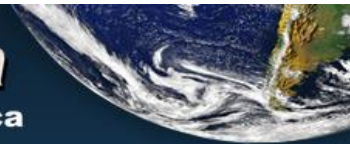
1 INTRODUÇÃO

Apesar dos efeitos da poluição terem sido descritos desde a antiguidade, somente com o advento da revolução industrial a poluição passou a atingir a população em grandes proporções. A rápida urbanização verificada em todo o planeta trouxe um grande aumento no consumo de energia e também de emissões de poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas, como as indústrias, e por fontes móveis, como os veículos automotores. Atualmente, aproximadamente 50% da população do planeta vivem em cidades e aglomerados urbanos e estão expostas a níveis progressivamente maiores de poluentes do ar. A outra metade, principalmente nos países em desenvolvimento, utiliza combustíveis sólidos derivados de biomassa (madeira, carvão vegetal, esterco animal seco e resíduos agrícolas) e combustíveis líquidos, em menor proporção, como fonte de energia para cocção, aquecimento e iluminação.

Na década de 80, a taxa de urbanização brasileira atingiu a marca de 68,9%. Hoje, esse fato pode ser percebido por meio de diversos fatores, sendo um deles a qualidade do ar e sua possível repercussão nas doenças respiratórias. Devido à grande área de contato entre a superfície do sistema respiratório e o meio ambiente, a qualidade do ar interfere diretamente na saúde respiratória. Além disso, uma quantidade significativa dos poluentes inalados atinge a circulação sistêmica através dos pulmões e pode causar efeitos deletérios em diversos órgãos e sistemas, além das infecções de vias aéreas.

Para o Brasil, a Organização Mundial da Saúde estima que a poluição atmosférica cause cerca de 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes superior ao número de óbitos estimado pelo tabagismo ambiental/passivo, e 10,7 mil óbitos/ano decorrentes da poluição do ar em ambientes internos.

A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição. Alguns estudos mostraram uma associação positiva entre a mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças.



A carência de informações no que se refere à relação poluição atmosférica e doenças respiratórias nos grandes centros urbanos instigou a verificação dessa relação. Assim, o

O objetivo do presente trabalho é a relação existente entre os poluentes atmosféricos e a morbidade por doenças do aparelho respiratório na população.

Segundo dados da CETESB⁶, são 230 fontes industriais prioritárias de queima de combustíveis fósseis, as quais lançam anualmente para a atmosfera $3,7 \times 10^3$ toneladas de CO, $1,9 \times 10^3$ toneladas de HC, $6,3 \times 10^3$ toneladas de NOx, $16,4 \times 10^3$ toneladas de SOx e $5,2 \times 10^3$ toneladas de material particulado. No entanto, mesmo com uma situação crítica de poluição, são poucos os estudos que avaliam o impacto da poluição do ar na saúde da população

A avaliação do impacto global da poluição do ar na saúde, por meio de estudos de séries temporais, é importante para fortalecer a implantação da vigilância em saúde ambiental pelo setor saúde. Seu resultado mostra a estimativa direta do risco de adoecimento da população em função da variação das concentrações dos poluentes atmosféricos. Os impactos identificados podem ser monitorados ao longo do tempo, permitindo a avaliação da eficácia de medidas de controle.

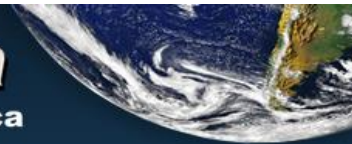
A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição. Alguns estudos mostraram uma associação positiva entre a mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças.

A carência de informações no que se refere à relação poluição atmosférica e doenças respiratórias nos grandes centros urbanos instigou a verificação dessa relação. Assim, o objetivo do presente trabalho é a relação existente entre os poluentes atmosféricos e a morbidade por doenças do aparelho respiratório na população.

2 BREVE HISTÓRICO

Episódios de poluição excessiva causaram aumento do número de mortes em algumas cidades da Europa e Estados Unidos. O primeiro episódio ocorreu em 1930, no Vale de Meuse, Bélgica, entre as cidades de Huy e Liège, uma região com grande concentração de indústrias, sendo quatro siderúrgicas, três metalúrgicas, quatro centrais de produção de energia elétrica e suas minas de carvão, seis indústrias de cerâmica e vidro que utilizavam fornos a carvão

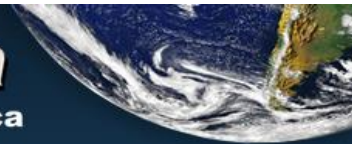
⁶ Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo, 2015.



ou gasogênio, três indústrias de cimento, três indústrias de transformação química de minerais, uma carvoaria, uma fábrica de pólvora, uma fábrica de ácido sulfúrico e uma fábrica de adubos, distribuídas em uma faixa de aproximadamente vinte quilômetros de comprimento. Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, que permaneceram estacionados sobre a região. Imediatamente foi registrado um aumento do número de doenças respiratórias e um excesso de mortes (60 mortes) até dois dias após o início do episódio.

Alguns anos após, um episódio semelhante ocorreu durante os últimos cinco dias do mês de outubro de 1948 na cidade de Donora, Pensilvânia. Os produtos da combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade devido à ocorrência de inversões térmicas que impediram a dispersão desses poluentes. Inversão térmica é um fenômeno meteorológico em que ocorre a presença de uma camada de ar frio alguns metros acima da superfície que impede a dispersão e a movimentação de massas de ar mais quentes localizadas próximas do solo. Essa camada mais fria age como se fosse a tampa de uma panela concentrando vapor no seu interior. Durante esse período foram observadas 20 mortes ao invés das duas mortes esperadas normalmente em uma comunidade de 14.000 pessoas. Porém, o mais clássico e mais grave dos episódios acerca dos efeitos deletérios dos poluentes do ar foi o acontecido em Londres. Durante o inverno de 1952, um episódio de inversão térmica impediu a dispersão de poluentes gerados então pelas indústrias e pelos aquecedores domiciliares que utilizavam carvão como combustível, e uma nuvem, composta principalmente por material particulado e enxofre (em concentrações até nove vezes maiores do que a média de ambos), permaneceu estacionada sobre a cidade por aproximadamente três dias, levando a um aumento de quatro mil mortes em relação à média de óbitos em períodos semelhantes. Indiscutivelmente, esses trágicos episódios direcionaram os olhos dos pesquisadores para a necessidade de se buscar o controle da emissão de poluentes do ar. Em 1955, o Congresso norte-americano liberou cinco milhões de dólares para a realização de estudos sobre o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde e a economia. Ações de controle ambiental não eram a pauta de discussão até aquele momento.

Só a partir do início da década de 60, foi criado um programa federal de poluição atmosférica, ligado ao Departamento de Saúde, Educação e Bem-Estar Social dos Estados Unidos. Esse programa delegou a responsabilidade do controle da emissão dos diversos poluentes atmosféricos aos estados da Federação, ficando a cargo do governo federal somente o estabelecimento das diretrizes necessárias para efetuar e viabilizar esse controle. Contudo, tal



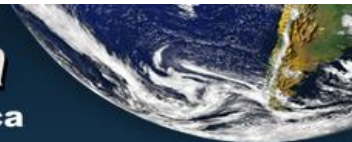
medida mostrou-se ineficaz já que vários estados não estavam preparados e estruturados para a realização dessas ações controladoras.

Novos episódios de aumento súbito da poluição ocorreram, um deles em Nova York, durante quatro dias de novembro de 1966, onde foram necessárias oito mortes e forte pressão da mídia para que se decretasse estado de emergência. Diante desses novos episódios, ainda na década de 60, os Estados Unidos estabeleceram padrões de qualidade do ar, especificando os seis poluentes atmosféricos que seriam controlados: partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e chumbo (Pb). A fim de efetivar esse controle, criou-se a Agência de Proteção Ambiental norte-americana. (EPA). Várias medidas de controle foram, então, implantadas, visando não só atingir as fontes de emissão móveis, como também as estacionárias.

Em 1990, foram conferidos à EPA poderes para determinar os critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, com base nos seus efeitos à saúde. Vários estudos epidemiológicos e experimentais contribuíram consideravelmente para a implantação desses controles, bem como para a elaboração de manuais de orientação. Porém, ainda que aprimoradas ao longo dos anos, tais medidas de controle não foram suficientes. Em 1991, aproximadamente 87 milhões de pessoas nos Estados Unidos permaneciam expostas a níveis superiores aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação norte-americana. Na Europa, o desenvolvimento de ações controladoras também foi bastante influenciado pelo episódio ocorrido em 1952 na cidade de Londres. O Parlamento inglês, em 1956, atribuiu às autoridades locais o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça preta emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou óleo diesel. Para tanto, o governo forneceu os subsídios necessários para a mudança dos sistemas de calefação para esses tipos de combustível. Os Clean Air Acts de 1956 e 1968 também ampliaram os controles de emissão de poluentes atmosféricos industriais, regulamentando as emissões de óxidos de enxofre e fumaça preta. Houve uma grande resistência por parte do setor industrial em cumprir as metas de adequação e diminuição da quantidade de emissão desses poluentes.

O fato é que, ao longo dos anos, as concentrações dos poluentes foram decrescendo nas grandes cidades inglesas, parte em função de um controle social mais efetivo, mas também em decorrência do ingresso da Inglaterra no Mercado Comum Europeu.

Há nos países desenvolvidos uma preocupação crescente com o aprimoramento de estudos usando os mais variados modelos e tendo como meta elucidar todo e qualquer questionamento. Vale ressaltar que, em tais países, o número de estudos sobre poluição atmosférica



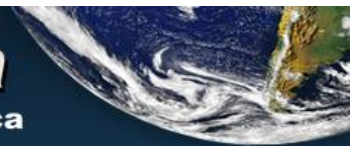
e seus efeitos deletérios à saúde tem crescido vertiginosamente ao longo das últimas décadas. O conhecimento científico adquirido tem influenciando e muito nas políticas públicas de controle ambiental nesses países.

3 PRINCIPAIS EVIDÊNCIAS DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR SOBRE A SAÚDE HUMANA

A convivência dos seres vivos, em especial a do homem, com a poluição do ar tem trazido conseqüências sérias para a saúde. Os efeitos dessa exposição têm sido marcantes e plurais quanto à abrangência.

Em países desenvolvidos e em desenvolvimento, crianças, adultos e idosos, previamente doentes ou não, sofreram e ainda sofrem seus malefícios, como citado anteriormente. As principais fontes poluidoras, que são os veículos automotivos e as indústrias, estão presentes em todos os grandes centros urbanos. Nas últimas três décadas, o melhor conhecimento das origens, composições, comportamentos, interações e, do ponto fulcral, os mecanismos de ação desses verdadeiros inimigos da saúde pública têm mobilizado esforços e recursos tecnológicos e financeiros diversos. Estudos observacionais têm procurado mostrar, com resultados cada vez mais significativos, efeitos de morbidade e mortalidade associados aos poluentes do ar. No entanto, para se avaliar a plausibilidade biológica desses achados, tem sido necessária a realização de estudos de intervenção e experimentais. O aprimoramento de técnicas de análise estatística de séries temporais, o tipo de estudo ecológico predominante quando se analisa mortalidade e sua associação com poluentes conferem confiabilidade aos resultados. Esses novos conhecimentos têm alterado conceitos previamente existentes. A adoção dos critérios de qualidade do ar foi baseada em conhecimentos existentes até aquele momento.

Contudo, estudos mais recentes mostram que podemos encontrar efeitos graves sobre a saúde mesmo quando os poluentes se encontram dentro dos padrões de segurança. Assim como mortalidade pode ser um marcador de efeitos sobre a saúde, parâmetros de morbidade também podem sê-lo, visto que pessoas levadas à morte devem ter apresentado toda uma história de alterações clínicas anteriormente. Essas alterações clínicas têm sido documentadas na forma de exacerbações de sintomas respiratórios e cardiovasculares, aumento das crises de asma e dor pré-cordial, limitação funcional, maior utilização de medicamentos, número de consultas em pronto-



socorro e internações hospitalares. Em síntese, através da análise dos estudos realizados em diversos centros urbanos.

4 EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE O CORPO HUMANO

A poluição atmosférica gera uma enorme degradação da qualidade de vida da população, provocando uma série de doenças respiratórias, cardiovasculares e neoplasias. Deve-se ressaltar que essas três categorias de morbidade compõem as principais causas de morte nos grandes centros urbanos (Barbosa, 1990). Além disso, ainda acarretam um decréscimo no sistema imunológico do indivíduo, tornando-o mais susceptível às infecções agudas.

Os mais afetados pela baixa qualidade do ar são as crianças, os idosos e as pessoas com problemas respiratórios (bronquite, asma e alergias). Hoje vale mencionar que boa parte da população dos grandes e médios centros urbanos é composta por idosos e crianças, justamente o grupo mais susceptível aos efeitos nocivos da poluição. Em crianças, a poluição atmosférica pode resultar em significativas ausências à escola, diminuição nas taxas de peak flow (Eficácia da função pulmonar, indicando quão abertas estão as vias respiratórias ou quão difícil é respirar), e aumento do uso de medicamentos em indivíduos que sofrem de asma. Nas pessoas normais, sejam elas adultas, crianças, ou idosos, a poluição ocasionara mudanças no sistema imunológico (Martins, 2002), além da deterioração da qualidade de vida, ocasionando mais idas a centros médicos, faltas na escola e/ou trabalho, além da restrição a prática de atividades físicas ao ar livre.

Mas quais doenças e/ou sintomas em específico podemos adquirir ao estarmos diariamente expostos ao ar poluído dos grandes centros urbanos. Vejam-se alguns deles listados abaixo:

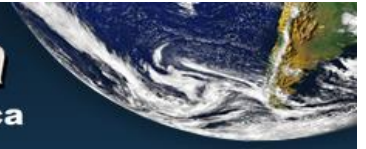
- Espirro, Tosse e ativação do aparelho muco-ciliar – ocorre quando inalamos material particulado, que atinge as vias aéreas inferiores, por ser uma partícula inalável. É um tipo de poluente com capacidade de transportar gases adsorvidos até as porções mais distas das vias, onde são efetuadas as trocas de gases no pulmão. Os mecanismos de defesa próprio dos organismos são o espirro, tosse e o aparelho muco-ciliar, causando assim um mal estar ao indivíduo;
- Lesões nas células das Vias Aéreas – Causadas pelo Ozônio (O₃), que é um potente oxidante, estas lesões se dão nas mais distas porções das vias respiratórias, gerando três respostas pulmonares: tosse, dor retroesternal à inspiração e decréscimo da capacidade ventilatória forçada;



- Irritações do Trato Respiratório – Causadas pelos aerossóis ácidos, ocasionam dor, tosse e desconforto ao indivíduo;
- Altos Níveis de Carboxihemoglobina – Causado pelo acúmulo de monóxido de carbono, tem como sua principal fonte o trânsito urbano. É comumente associado à intoxicações, focando seus efeitos principalmente sobre o coração (Freitas, 2003).
- Câncer do Pulmão – Ocasionalmente não apenas pelo hábito de fumar, mas também pelo simples fato de viver em locais onde os índices de poluição atmosférica são acima do suportado pelo organismo. É uma das doenças com maiores índices de mortalidade e também um dos tipos de câncer mais comuns em todo o mundo;
- Asma – Asma é uma doença inflamatória crônica das vias aéreas. O pulmão do asmático é diferente de um pulmão saudável, como se os brônquios dele fossem mais sensíveis e inflamados - reagindo ao menor sinal de irritação;
- Rinite e Bronquite – Rinite é um tipo de alergia que se manifesta no nariz e nos olhos, enquanto que a bronquite, que pode ser aguda ou crônica, é uma inflamação dos brônquios;
- Distúrbios de Ansiedade, Mal de Parkinson e Alzheimer – A inalação a longo prazo de partículas de metais poluentes e tóxicos, como mercúrio, cádmio e compostos de chumbo, podem dar origem a distúrbios de ansiedade e doenças como Alzheimer e Parkinson;
- Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) – Os pacientes com DPOC grave têm falta de ar ao praticarem atividades físicas, necessitando de internação hospitalar com certa frequência. Entre as complicações da doença estão o desenvolvimento de arritmias, necessidade de máquina de respiração e oxigenoterapia, insuficiência cardíaca no lado direito ou cor pulmonale (inchaço do coração ou insuficiência cardíaca devido à doença pulmonar crônica), pneumonia, pneumotórax, perda de peso ou desnutrição grave e osteoporose.

5 COMO OS POLUENTES AÉREOS AFETAM O SISTEMA RESPIRATÓRIO

Diversos mecanismos têm sido sugeridos para explicar os efeitos adversos dos poluentes aéreos. A explicação mais consistente e mais aceita é a de que altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidos nos poluentes ambientais, como MP de diversos tamanhos e composição, e nos gases, como O₃ e óxidos de nitrogênio, em contato com o epitélio respiratório,



provocam a formação de radicais livres de oxigênio e de nitrogênio que, por sua vez, induzem o estresse oxidativo nas vias aéreas.

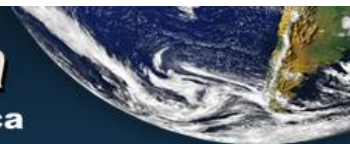
Em outras palavras, um aumento da presença de radicais livres que não foram neutralizados pelas defesas antioxidantes inicia uma resposta inflamatória com a liberação de células e mediadores inflamatórios (citocinas, quimiocinas e moléculas de adesão) que atingem a circulação sistêmica, levando a uma inflamação subclínica com repercussão não somente no sistema respiratório mas também causando efeitos sistêmicos.

6 POLUIÇÃO DO AR: FONTES, SÍTIOS DE AÇÃO E FISIOPATOLOGIA

O ar poluído é uma mistura de partículas — material particulado (MP) — e gases que são emitidos para a atmosfera principalmente por indústrias, veículos automotivos, termoelétricas, queima de biomassa e de combustíveis fósseis. Os poluentes podem ser classificados em primários e secundários.

Os poluentes primários são emitidos diretamente para a atmosfera, e os secundários são resultantes de reações químicas entre os poluentes primários. Os principais poluentes primários monitorados no Brasil e pelas principais agências ambientais em todo o mundo são óxidos de nitrogênio (NO₂ ou NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂). Um exemplo de poluente secundário é o ozônio (O₃), formado a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica dos COVs e do NO₂ na presença de raios ultravioleta provenientes da luz solar.

O MP é o poluente mais estudado e pode ter origem primária ou secundária. O MP varia em número, tamanho, formato, área de superfície e composição química, dependendo do local de sua produção e da fonte emissora. Os efeitos deletérios sobre a saúde humana produzidos pelo MP dependem de sua composição química e de seu tamanho. O MP é formado por múltiplos constituintes químicos, incluindo um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos, como sulfatos e nitratos, metais de transição sob a forma de óxidos, sais solúveis, compostos orgânicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, e material biológico, como pólen, bactérias, esporos e restos animais. O MP é classificado de acordo com o seu tamanho em partículas totais em suspensão: partículas com até 30 µm de diâmetro; partículas com diâmetro inferior a 10 µm (MP₁₀ ou fração inalável); partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm (MP_{2,5} ou fina); e partículas com diâmetro menor que 10 nm (MP_{0,1} ou ultrafina).

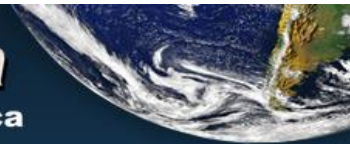


O Quadro 1 mostra os principais poluentes monitorados pelas agências de proteção ambiental nas áreas urbanas, suas fontes, área de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS MP 10	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta Traqueia, brônquios, bronquíolos	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno.
MP 2,5 MP 0,1	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas termoeletricas	Alvéolos Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea	
O ₃	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO _x) na presença de luz solar. A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NO _x são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	
NO _x , NO ₂	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior. Aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.
SO ₂	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição.
CO	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.

PTS: partículas totais em suspensão; MP: material particulado; MP₁₀: MP com menos de 10 µm de diâmetro; MP_{2,5}: MP com menos de 2,5 µm de diâmetro; e MP_{0,1}: MP com menos de 0,1 µm de diâmetro. Adaptado de Kunzli *et al.*

7 POLUENTES ATMOSFÉRICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE



As estações de monitoramento são responsáveis pelo conhecimento da qualidade do ar, no entanto os equipamentos de medição são caros e requerem grandes estruturas. No estado de São Paulo o órgão responsável pelo monitoramento do ar é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) que realiza a medição sistemática da qualidade do ar. Os poluentes monitorados pela Cetesb servem de indicadores da qualidade do ar e são escolhidos por sua frequência de ocorrência e os seus efeitos adversos. São eles: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis (COV) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Diversos estudos salientam que o termo amplo "material particulado" engloba uma série de poluentes tanto sólidos como líquidos que podem ficar suspensos na atmosfera devido ao seu tamanho reduzido.

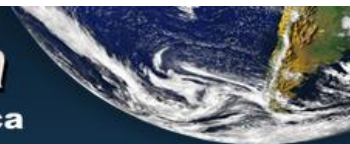
Estudos epidemiológicos no Brasil têm evidenciado associações de material particulado com a incidência de doenças, ainda ressaltam que os gases e partículas ultrafinas provenientes da queima de combustíveis, principalmente do diesel, são fatores responsáveis pela maior incidência de asma brônquica e outras doenças alérgicas em indivíduos.

Gouveia *et al.* (2006), em seu estudo na cidade de São Paulo (SP), identificaram associação de material particulado inalável ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos.

Comparado a outros poluentes, o ozônio é o mais complexo e difícil de ser controlado. Este não é emitido diretamente, pois forma-se na baixa atmosfera através de reações fotoquímicas. Os picos de ozônio ocorrem tipicamente em períodos de calor, elevada radiação solar e tempo seco. O estudo de Freitas *et al.* (2004) encontrou associação entre o aumento de admissões por doenças respiratórias com o ozônio.

Coelho (2007) ressalta que elevadas concentrações de dióxido de nitrogênio (NO₂) podem provocar problemas respiratórios, especialmente em crianças. Pessoas com asma também podem sofrer com problemas respiratórios adicionais ao entrar em contato com esse poluente.

No que se refere ao dióxido de enxofre (SO₂), Freitas *et al.* (2004) ressaltam que esse pode ser facilmente absorvido pelas vias respiratórias superiores, gerando riscos para a saúde. No estudo de Martins *et al.* (2002) o dióxido de enxofre não ultrapassou os limites aceitáveis dos níveis dos poluentes, mas mesmo assim se mostrou associado aos atendimentos por pneumonia e gripe em idosos. Além disso, Nascimento *et al.* (2004) encontraram correlação positiva entre dióxido de enxofre com o número de internações por doenças respiratórias. Coelho (2007) destaca que o monóxido de carbono (CO) é capaz de inibir a troca de oxigênio do sangue com os tecidos vitais e,



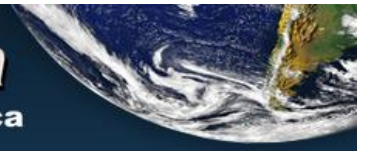
em concentrações elevadas, pode provocar a morte por envenenamento, afetando principalmente o sistema cardiovascular e nervoso. Martins *et al.* (2001) encontraram associação de monóxido de carbono com atendimentos por infecções de vias aéreas superiores em São Paulo (SP).

TABELA 1- Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(12): 2669-2677, dez, 2006

Desfechos estudados, detalhados por capítulos da Classificação Internacional de Doenças-10ª Revisão(CID-10), por faixa etária e prevalência de doenças respiratórias em relação aos poluentes atmosféricos mais comuns.		
Desfecho	CID-10	Faixa etária (anos)
Doenças do aparelho respiratório ≥65	J00-J99	< 5
Pneumonias ≥65	J12-J18	< 5
Asma	J45	< 5
Doença pulmonar obstrutiva crônica	J40-J47	≥65
Doenças do aparelho circulatório	I00-I99	≥65
Doença isquêmica do coração	I20-I22, I24	≥65

8 SUSCETIBILIDADE E GENÉTICA

A produção de radicais livres e a indução da resposta inflamatória pelos poluentes no sistema respiratório pode ser neutralizada pelas substâncias antioxidantes presentes na camada fluida de revestimento do epitélio respiratório — glutathione S-transferase (GST), superóxido dismutase, catalase, tocoferol, ácido ascórbico e ácido úrico — capazes de conter o estresse oxidativo e que representam a primeira linha de defesa contra os efeitos adversos dos poluentes. Entre os elementos antioxidantes presentes no epitélio respiratório, a GST é considerada a mais importante⁽¹¹⁾ e é representada por três classes principais de enzimas: GSTM1, GSTP1 e GSTT1.⁽¹¹⁾ Polimorfismos em genes que codificam as enzimas da família GST podem alterar a expressão ou a função das mesmas no tecido pulmonar e resultar em diferentes respostas à inflamação e ao estresse oxidativo e, conseqüentemente, resultar em uma suscetibilidade maior aos efeitos adversos dos poluentes aéreos.⁽¹¹⁾ Estudos realizados no

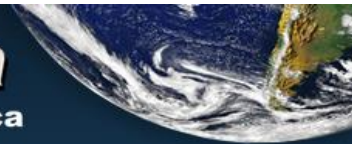


México mostraram que crianças asmáticas com polimorfismo por deleção dos genes que codificam as enzimas GSTM1 e GSTP1 apresentavam um aumento de suscetibilidade quando expostas ao ozônio, caracterizada por um aumento de biomarcadores de inflamação nasal, decréscimo no pico de fluxo expiratório e aumento da dispneia.

9 DOENÇAS POUCO ESTUDADAS RELACIONADAS A POLUENTES ATMOSFÉRICOS

POLUIÇÃO E DPOC - Os pacientes portadores de DPOC são particularmente vulneráveis ao estresse adicional em vias respiratórias causado por diferentes agentes agressores. O tabagismo é reconhecido como o mais importante fator para o desenvolvimento da DPOC, principalmente nos países desenvolvidos. Entretanto, nos últimos 10 anos, cresceu o número de estudos que sugerem que há outros fatores de risco além do tabagismo na gênese da DPOC. Esses fatores incluem a exposição aos poluentes do ar em ambientes internos e externos, ambientes de trabalhos com poeira e fumaça, história de infecções respiratórias de repetição na infância, assim como história de tuberculose pulmonar, asma crônica, retardo do crescimento intrauterino, alimentação deficiente e baixo nível socioeconômico. A exposição ao ar poluído associa-se ao aumento de morbidade respiratória por DPOC, que inclui aumento de sintomas respiratórios e diminuição da função pulmonar, sendo causa frequente de exacerbações que provocam visitas aos serviços de emergência ou hospitalização. A queima de biomassa em ambientes internos é uma causa significativa de DPOC em mulheres tabagismo apresentam enfisema e metaplasia das células caliciformes mais frequentemente do que aquelas expostas à queima de biomassa, essas últimas apresentam maior espessamento do septo interlobular, maior deposição de pigmentos no parênquima pulmonar, mais fibrose nas paredes das pequenas vias aéreas e maior espessamento da camada íntima da artéria pulmonar.

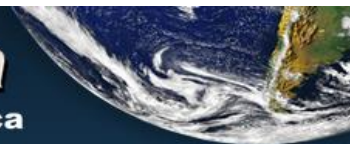
POLUIÇÃO E CÂNCER DE PULMÃO - A Organização Mundial da Saúde estima que no ano de 2008 houve 12,7 milhões novos casos de câncer em todo o planeta que ocasionaram 7,6 milhões de óbitos, sendo 1,61 milhões e 1,18 milhões os casos novos e número de óbitos por câncer de pulmão. Estudos têm evidenciado os efeitos da exposição a poluentes e o desenvolvimento de câncer de pulmão, atribuídos tanto à ação direta dos cancerígenos presentes na poluição, como à inflamação crônica induzida pelos mesmos. Um estudo prospectivo envolvendo



500.000 adultos de 50 estados dos EUA mostraram um aumento de 14% na incidência de câncer de pulmão, associado à elevação em $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do $\text{MP}_{2,5}$. Em um estudo realizado em países europeus, atribuiu-se que 5% e 7% dos diversos tipos de câncer de pulmão, respectivamente, em não fumantes e em ex-fumantes são causados pelos efeitos da poluição. Pela análise de diversos estudos de coorte e caso controle, foi sugerido que, em média, a exposição crônica à poluição do ar aumenta de 20-30% o risco de incidência de câncer de pulmão.

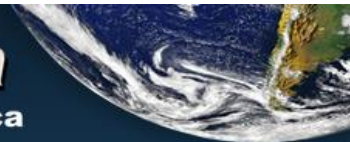
DEMÊNCIAS - ALZHEIMER E PARKINSON, DOENÇAS NEUROPSIQUIÁTRICAS E NEURODEGENERATIVAS - Poucas pessoas associam a má qualidade do ar com doenças como o Alzheimer, Parkinson ou outras doenças neurológicas, porém estudos modernos asseguram que esses males podem se desenvolver no organismo humano após anos de inalação de gases tóxicos e metais poluentes que estão presentes no ar. Já se sabe que a exposição crônica à poluentes atmosféricos está diretamente relacionadas a várias doenças Neurológicas/Neurodegenerativas, no entanto necessitam de mais estudos para determinar o tempo de exposição, quantidade de poluentes e fatores predisponentes. Alguns poluentes já tiveram sua fisiopatologia bem determinada e como os mesmos causam lesões no sistema nervoso central e periférico. Sendo o MP o mais eficiente transportador de poluentes atmosféricos para a intimidade do organismo, os mais implicados em tais doenças, mais estudados e entendidos, são:

Monóxido de Carbono - O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro, incolor, insípido produzido por queima incompleta de combustíveis que contém átomos de carbono. Sua toxicidade foi uma das primeiras a ser intensamente investigada e, portanto, é muito bem conhecida. Essencialmente, trata-se de uma substância que prejudica a oxigenação dos tecidos e, por isso, é classificada como um asfixiante sistêmico. Vejamos este mecanismo: A substância que carrega oxigênio aos tecidos é a hemoglobina que está dentro dos glóbulos vermelhos do sangue (também chamados de hemácias ou eritrócitos). Ao nível dos capilares pulmonares, a hemoglobina recebe oxigênio (O_2) do ar que está nos alvéolos e, depois, continua pelos vasos sanguíneos para levar este elemento vital a todos os tecidos. O O_2 é entregue a cada setor do organismo conforme sua necessidade e a hemoglobina recebe o CO_2 lá existente, e que é o produto resultante do metabolismo celular do qual os tecidos precisam se livrar. Repetindo: nos pulmões a hemoglobina troca CO_2 por O_2 nos tecidos a troca é inversa: O_2 por CO_2 . A reação acima é possível porque a combinação desses gases com a hemoglobina forma compostos instáveis, facilmente liberando O_2 ou CO_2 . Esse é um processo essencial à vida. Se parar, as células deixam de receber oxigênio e



entram em anóxia, ocorre asfixia geral. A periculosidade do CO resulta da estabilidade do complexo CO + hemoglobina (carboxihemoglobina), de modo que o mecanismo de troca fica prejudicado: a hemoglobina não se consegue livrar do CO, não pode trocá-lo por O₂ e, conseqüentemente, oxigenar o organismo. É por isso que o CO é um asfixiante sistêmico. Se 20% a 30% da hemoglobina ficarem saturados com CO, aparecem os sintomas e sinais de hipóxia (falta de oxigenação do organismo); acima de 60% de saturação, ocorrem perda da consciência e morte. A hipóxia é um fenômeno biológico complexo e suas manifestações clínicas são complicadas. Todos os órgãos necessitam de O₂, no entanto alguns em maior quantidade do que outros. Assim, o **sistema nervoso central** é o maior consumidor desse gás e é muito sensível à sua falta. Portanto, confusão mental, inconsciência e parada das funções cerebrais caracterizam as **intoxicações graves pelo CO**. Nos **envenenamentos crônicos, há perturbações mentais**, cardíacas, renais e hepáticas, principalmente. Entretanto, é importante saber que nas intoxicações agudas ou crônicas, se a vítima não mais respirar CO e, desse modo, a concentração de carboxihemoglobina se mantiver estável, a hemoglobina lentamente se livra desse gás tóxico, o sistema sanguíneo reage produzindo novos glóbulos vermelhos prontos para a troca vital de gases e, após vários dias, restabelece-se o ciclo normal da oxigenação celular. A absoluta maioria dos pacientes tem recuperação completa e sem sequelas.

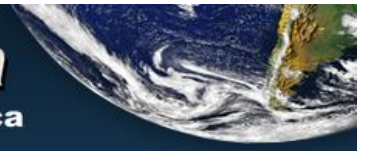
Hidrocarbonetos - Os HCs constituem uma grande família de substâncias orgânicas compostas de hidrogênio e carbono. Os combustíveis fósseis, a gasolina e o óleo diesel, têm centenas de HCs alguns formados por longas cadeias de carbono. Na queima dos combustíveis fósseis a situação persiste: os gases de emissão da gasolina e do óleo diesel contém muitos HCs distintos, entre eles uma família especial, a dos hidrocarbonetos policíclico aromáticos (HPAs). Dá-se o nome de aromáticos a todos os compostos orgânicos que têm núcleo benzênico (benzeno) na molécula. Chamam-se de cíclicos aqueles compostos que apresentam mais de um anel em sua estrutura, por exemplo o antraceno, que tem 3 anéis. HPAs são, pois, compostos orgânicos de carbono e hidrogênio que possuem mais de uma estrutura em anel e, pelo menos, um núcleo benzênico. Muitos HCs não têm efeitos sobre a saúde, a não ser em concentrações altíssimas que nunca ocorrem nas poluições atmosféricas. Entretanto, existem HCs que são perigosos por serem irritantes, por agirem sobre a medula óssea provocando **anemia e leucopenia**, isto é, diminuindo o número de glóbulos vermelhos e brancos, e, sobretudo, por provocarem câncer. Os mais ativos são os HPAs e suas potencialidades neoplásicas ou carcinogênicas - a capacidade de induzirem câncer - foram e são intensamente investigadas. Na indústria petroquímica existe o risco das leucemias (câncer do sangue) e, por isso, os níveis dos HCs perigosos são constantemente controlados. Nas



poluições atmosféricas por automóveis, a correlação entre os níveis de HPAs, densidade de tráfego e incidência de câncer pulmonar foi demonstrada e, em consequência, foram desenvolvidos os catalizadores que reduzem a quantidade de HPAs emitida pela queima de gasolina e óleo diesel. No Brasil esses catalizadores já são utilizados.

Aldeídos - Aldeídos são compostos químicos resultantes da oxidação parcial dos álcoois. Assim, o álcool metanol ao perder um átomo de hidrogênio (a perda de hidrogênio aumenta a proporção de oxigênio e, por isso, fala-se em oxidação dos álcoois) dá origem ao aldeído fórmico e o etanol, ao acético: $\text{HO}_3\text{C-OH}$ (metanol) \rightarrow $\text{HO}_3\text{C=O}$ (aldeído fórmico) $\text{HO}_3\text{C-HO}_3\text{C-OH}$ (etanol) \rightarrow $\text{HO}_3\text{C-HO}_3\text{C=O}$ (aldeído acético). No contexto da poluição do ar de São Paulo, os aldeídos interessam por causa do combustível álcool usado em automóveis. Os aldeídos emitidos pelos carros são o AF e o AA. O AF é componente dos gases de escapamento e é emitido em quantidades muito pequenas, tanto no caso da gasolina como no do álcool. O que polui o ar em quantidades maiores é o AA e isso só ocorre com o automóvel a álcool. Conforme já explicado, o etanol é parcialmente oxidado em AA que nas temperaturas do motor transforma-se em gás, e é emitido junto com todas as outras substâncias. Sua permanência na atmosfera é curta porque é extremamente reativo, transformando-se em outros compostos. Por essa razão é muito difícil obter altas concentrações de AA no ar, de forma estável e por longo tempo. Para efeitos biológicos, o AA é classificado como irritante e narcótico. Em altas doses e se injetado no organismo, este solvente também se mostra **cancerígeno**. Contudo, na prática, ninguém é injetado com AA e, conseqüentemente, seu potencial neoplásico é, até prova em contrário, apenas experimental. Sua **neurotoxicidade** é comprovada e altas concentrações na atmosfera, obtidas em laboratório, causam vertigens, convulsões, coma e morte a ratos. A autópsia evidências graves lesões no sistema nervoso central dos animais. Concentrações menores irritam as mucosas dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral, e provocam constrição dos brônquios, ou seja, uma crise asmática.

Chumbo - O Pb é um metal pesado que se adiciona à gasolina em forma de tetra-etila ou tetrametila de Pb, a fim de aumentar a octanagem desse combustível. Até há poucos anos, a cada litro de gasolina acrescentava-se em torno de 1g de Pb e os gases de escapamento liberavam praticamente toda essa quantidade de Pb no ar. Na década dos 70, estimou-se nos USA em 200.000 toneladas o Pb emitido anualmente pelos carros. Mais recentemente, em 1982, verificou-se que na cidade do México caía 2,3 toneladas de Pb sobre cada km^2 . Como se trata de um metal pesado, ao ser lançado na atmosfera pelo escapamento, uma pequena parte pode ser respirada por seres vivos, porém todo o resto precipita-se rapidamente ao solo. Aí, na terra, o Pb contamina águas, alimentos,



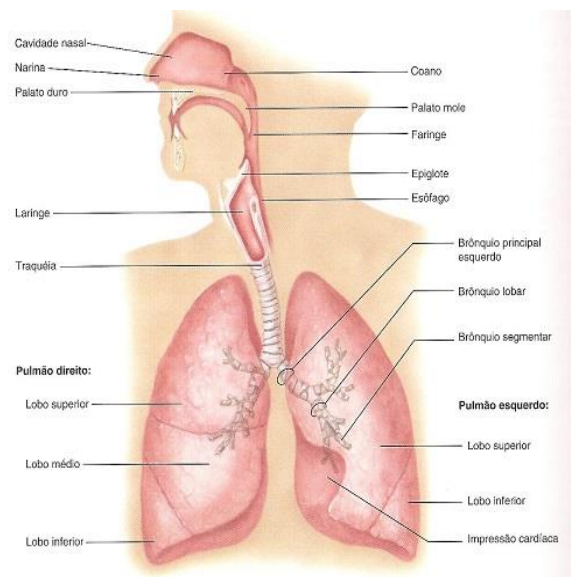
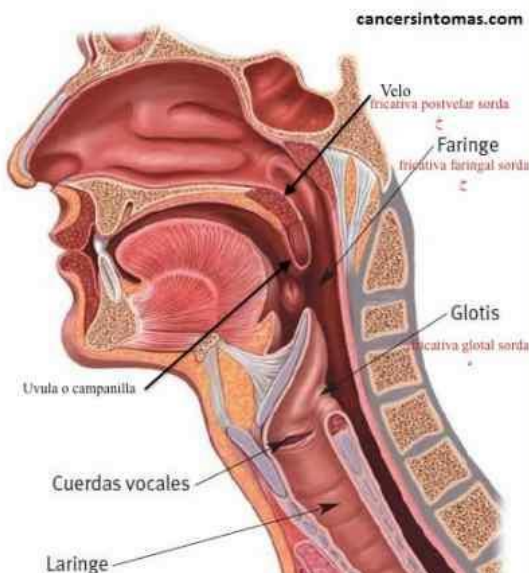
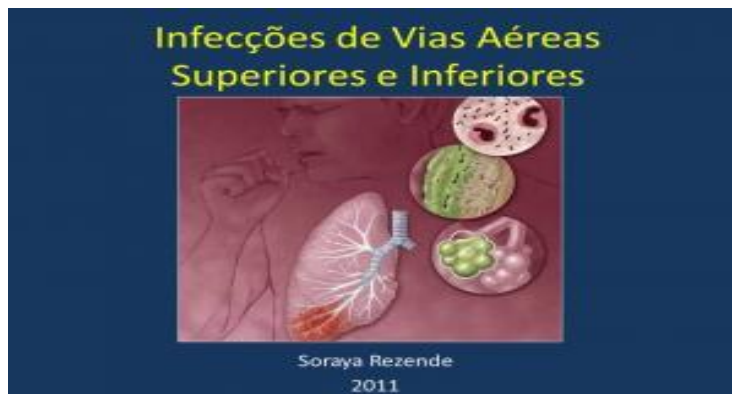
pastagens, enfim tudo que existe. Desta forma, além de entrar no organismo por inalação, o Pb também penetra por ingestão de alimentos contaminados. Já se calculou que um cidadão de uma grande cidade, onde circulam automóveis a gasolina com Pb, ingere aproximadamente três vezes mais Pb do que um indivíduo de área rural, longe de tráfego intenso. A intoxicação pelo Pb é conhecida há longa data e a doença que provoca é chamada de **saturnismo**. Existem alguns historiadores que atribuem a decadência do Império Romano ao saturnismo, visto que o encanamento hidráulico, que apenas servia à elite, era de chumbo. Esse metal afeta principalmente o sangue, o sistema nervoso, os rins e o aparelho gastrointestinal. No sangue causa anemia e uma degeneração das hemácias. No **sistema nervoso** verificam-se **neurites** nos adultos e **encefalopatias** nas crianças. Lesões dos túbulos proximais caracterizam o acometimento renal e, finalmente, a sintomatologia da intoxicação por Pb do aparelho digestivo é expressa por dores violentas em cólica. Os problemas renais, **neurites** e cólicas abdominais só aparecem com doses altas de Pb e, geralmente, são consequentes a acidentes ou intoxicações industriais. Portanto, afeta mais a população adulta. No caso das poluições de ar urbano, a quantidade de Pb jamais atinge níveis dramáticos, contudo, assim mesmo preocupa as autoridades sanitárias. Acontece que o Pb absorvido, seja pelos pulmões, seja por via digestiva, é cumulativo. Isto quer dizer que o organismo tem dificuldades em se livrar desse metal e há uma tendência de acumulá-lo nos dentes e nos ossos. Com o correr do tempo, mais e mais Pb é juntado no organismo e a sua taxa no sangue vai aumentando. No Brasil a gasolina vendida nos postos não contém Pb porque o etanol o substitui (a gasolina vendida nos postos contém 22% de etanol), e está bem demonstrado que os níveis atmosféricos deste metal diminuíram na cidade de São Paulo nos últimos anos. Isto não quer dizer ausência absoluta de Pb no combustível, pois durante a produção, armazenamento e distribuição ocorre contaminação da gasolina pelo metal.

10 NOÇÕES DE ANATOMIA PULMONAR E FISIOPATOLOGIA DE DOENÇAS RESPIRATORIAS CAUSADAS POR POLUENTES ATMOSFÉRICOS

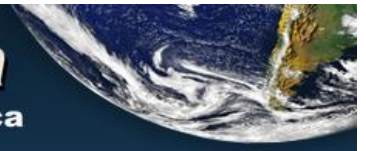
Os pulmões são órgãos que compõem o sistema respiratório, responsáveis pelas trocas gasosas entre o ambiente e a corrente sanguínea. São dois órgãos de formato piramidal, sendo estes os principais órgãos do sistema respiratório dos humanos. Pode ser dividido, basicamente, em



sistema respiratório alto (supra glótico – FIGURA 1) e baixo (Infra glótico – FIGURA 2)⁷. Os primeiros sintomas da poluição do ar no ser humano são ardor nos olhos, coceira no nariz e irritação na garganta. As partículas de poeira e dióxido de carbono presentes na poluição atmosférica podem também causar náuseas, vômitos e desmaios. A exposição prolongada à poluição pode trazer complicações mais graves, como doenças pulmonares e cardiovasculares, que podem levar à morte e enfraquecer o sistema imunológico. No mundo todo, as doenças que acometem o sistema respiratório ocupam o posto de terceira causa de morte. Dentre as **doenças mais comuns que acometem o aparelho respiratório** estão:



⁷ Noções básicas de Anatomia pulmonar para melhor entendimento do efeito deletério do poluente em relação as doenças e suas topografias.

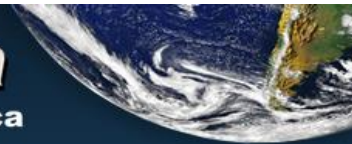


DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA - Esta é uma [doença crônica](#), progressiva e irreversível que afeta os pulmões, apresentando como principal característica a destruição de muitos [alvéolos pulmonares](#) e o comprometimento dos restantes. É mais comum em indivíduos do sexo masculino com idade avançada, sendo que também é frequente sua observação em indivíduos que já tiveram [tuberculose](#). Os principais fatores que levam ao aparecimento da DPOC relacionam-se ao tabagismo, vindo em seguida o fumo passivo, exposição à poeira por longos anos, poluição do ambiente e, em certos casos, fatores genéticos. De acordo com dados da [Organização Mundial de Saúde \(OMS\)](#), aproximadamente 80 milhões de pessoas apresentam DPOC moderada a severa, No Brasil, esta afecção acomete em torno de 5,5 milhões de pessoas por ano, segundo o Conselho Brasileiro de DPOC. Normalmente os pacientes com DPOC apresentam sintomatologia tanto da bronquite crônica quanto do enfisema pulmonar. Deste modo, atualmente utiliza-se mais o termo DPOC quando se faz referência a bronquite crônica e enfisema pulmonar, uma vez que, normalmente, as mesmas coexistem no mesmo paciente apresentando obstrução do fluxo de ar.

BRONQUITE CRÔNICA - A [bronquite crônica](#) é definida como uma inflamação dos [brônquios](#). Geralmente, surge depois de 20 a 30 anos de exposição dos brônquios a fatores irritantes, como o tabaco, [poluição do ar](#), entre outras fontes. Sua ocorrência é mais comum em mulheres do que em homens. Esta afecção pode preceder ou acompanhar o enfisema pulmonar.

ENFISEMA PULMONAR - Esta é uma doença crônica, na qual ocorre destruição gradativa dos tecidos pulmonares, passando estes a ficarem hiperinsuflados. Normalmente sua etiologia reside na exposição prolongada ao tabaco ou produtos químicos tóxicos.

ASMA - Doença crônica do trato respiratório, sendo uma infecção muito frequente na infância. A crise é causada por uma obstrução, devido a contração da musculatura lisa, edema da parede brônquica e infiltração de leucócitos polimorfonucleares, eosinófilos e linfócitos. Manifesta-se através de crises de broncoespasmo, com dispnéia, acessos de tosse e sibilos presentes à ausculta pulmonar. São episódios auto-limitados podendo ser controlados por medicamentos com retorno normal das funções na maioria das crianças. Em metade dos casos, os primeiros sintomas da doença surgem até o terceiro ano de vida e, em muitos pacientes, desaparecem com a puberdade. Porém a persistência na idade adulta leva a um agravamento da doença. A asma, também conhecida como asma brônquica ou bronquite asmática, é uma afecção pulmonar caracterizada pela inflamação das vias aéreas, que leva à diminuição ou até mesmo obstrução do fluxo de ar. Sua fisiopatologia está ligada a fatores genéticos e ambientais, manifestando-se por meio de crises de falta de ar. Nos Estados Unidos, essa doença leva ao óbito aproximadamente 5% dos adultos. Tanto os internamentos



quanto os óbitos relacionados a essa doença tem aumentado. No Brasil, dentro do SUS, a asma representa a terceira causa de internamentos, sendo que no ano de 2007 foram registradas 273.205 internações por essa doença no Brasil (2,41% das internações totais).

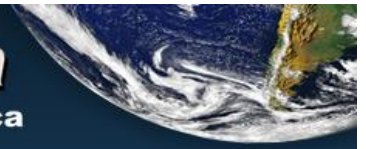
CÂNCER DE PULMÃO - O câncer de pulmão é um dos tumores malignos mais comuns, sendo que sua incidência no mundo todo vem aumentando 2% a cada ano. A mortalidade por esse tipo de neoplasia é muito elevada e o prognóstico está relacionado à fase em que é diagnosticado. O principal fator de risco para o aparecimento dessa neoplasia é o tabagismo. Atualmente, este último corresponde a 90% dos casos desse tumor. É mais comumente observado em homens do que em mulheres; todavia, o número de casos em mulheres está aumentando, enquanto que o número de casos em homens está diminuindo. Esta neoplasia também pode ser causada por certos produtos químicos, como: arsênico, berílio, asbesto, radônio, níquel, cromo, cádmio e cloreto de vinila, especialmente observados em ambiente ocupacional. Outros fatores relacionados ao surgimento desse tumor são os dietéticos, genéticos, histórico da DPOC e histórico de câncer de pulmão na família. Fatores desencadeantes: alérgenos (irritantes alimentares), infecções, agentes irritantes, poluentes atmosféricos e mudanças climáticas, fatores emocionais, exercícios e algumas drogas (ácido acetil salicílico e similares).

RESFRIADO - Inflamação catarral da mucosa rinofaríngea e formações linfóides anexas. Principais sinais e sintomas: febre de intensidade variável, corrimento nasal mucoso e fluido (coriza), obstrução parcial da respiração nasal tornando-se ruidosa (trazendo irritação, principalmente ao lactente que tem sua alimentação dificultada), tosse (não obrigatória), falta de apetite, alteração das fezes e vômitos (quando a criança é forçada a comer).

PNEUMONIA - Inflamação das paredes da árvore respiratória causando aumento das secreções mucosas, respiração rápida ou difícil, dificuldade em ingerir alimentos sólidos ou líquidos; piora do estado geral, tosse, aumento da frequência respiratória (maior ou igual a 60 batimentos por minuto); tiragem (retração subcostal persistente), estridor, sibilância, gemido, períodos de apnéia ou guinchos (tosse da coqueluche), cianose, batimentos de asa de nariz, distensão abdominal, e febre ou hipotermia (podendo indicar infecção).

AMIGDALITES - Muito frequente na infância, principalmente na faixa etária de 3 a 6 anos. Seu quadro clínico assemelha-se a um resfriado comum com febre, mal estar, prostração ou agitação, anorexia em função da dificuldade de deglutição, presença de gânglios palpáveis, mau hálito, presença ou não de tosse seca, dor e presença de pus na amígdala.

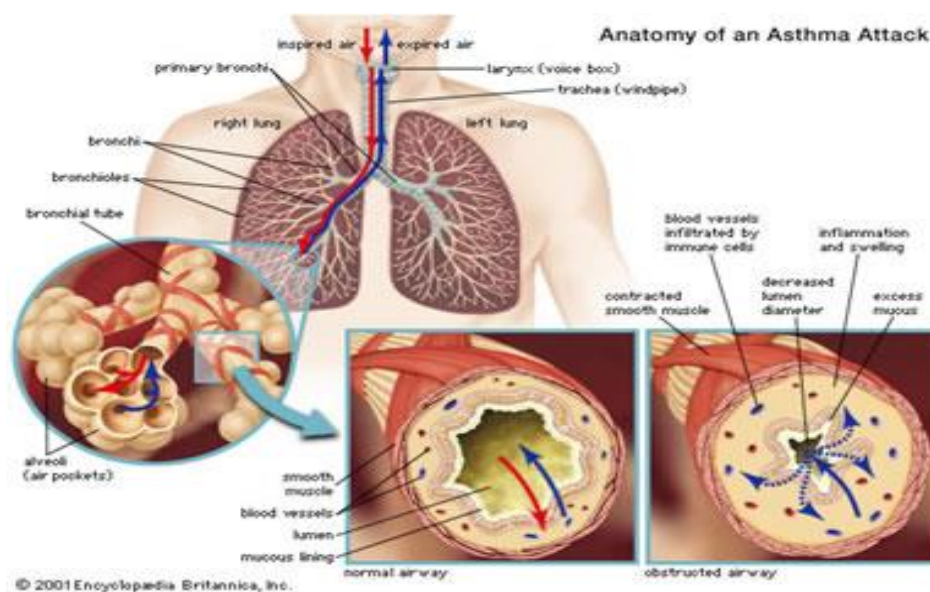
OTITE - Caracterizada por dor, febre, choro frequente, dificuldade para sugar e alimentar-se e irritabilidade, sendo o diagnóstico confirmado pelo otoscópio.



SINUSITE - Desencadeada pela obstrução dos óstios de drenagem dos seios da face, favorecendo a retenção de secreção e a infecção bacteriana secundária. Caracteriza-se por tosse noturna, secreção nasal e com presença ou não de febre, sendo que raramente há cefaléia na infância.

RINITE - Apresenta como manifestações clínicas a obstrução nasal ou coriza, prurido e espirros em salva; a face apresenta “olheiras”; dupla prega infra-orbitária; e sulco transversal no nariz, sugerindo prurido intenso. Pode ser causada por alergia respiratória, neste caso faz-se necessário afastar as substâncias que possam causar alergia.

BRONQUITE - Inflamação nos brônquios, caracterizada por tosse e aumento da secreção mucosa dos brônquios, acompanhada ou não de febre, predominando em idades menores. Quando apresentam grande quantidade de secreção pode-se perceber ruído respiratório (“chiado” ou “ronqueira”).





Efeitos da exposição aguda (horas e dias após a elevação da poluição)

- Aumento da mortalidade
- Exacerbação dos sintomas em indivíduos com DPOC e asma
- Aumento da mortalidade por doenças respiratórias
- Maior frequência de infecções respiratórias agudas
- Aumento do número de internações hospitalares por pneumonia
- Aumento da prevalência de sintomas e sinais de irritação nos olhos, narinas e garganta
- Aumento da prevalência de sintomas respiratórios agudos (sibilância, tosse e expectoração)
- Necessidade de aumentar a dose de uso de medicamentos
- Alterações agudas na função pulmonar
- Aumento do número de consultas médicas, de atendimentos de emergência e de internações
- Maior taxa de absenteísmo no trabalho e na escola

Efeitos da exposição crônica (anos de exposição crônica)

- Aumento da mortalidade por doenças respiratórias
- Aumento da incidência e prevalência de asma e DPOC
- Aumento da incidência e mortalidade por câncer de pulmão
- Aumento da incidência e de mortalidade por pneumonia e influenza
- Alterações crônicas na função pulmonar
- Redução crônica do VEF1 e CVF
- Menor desenvolvimento pulmonar em crianças e jovens
- Aumento da prevalência de pessoas com VEF1 abaixo da normalidade
- Aumento na taxa de declínio do VEF1

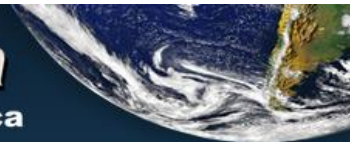
Outros efeitos

- Recém-nascidos com baixo peso
- Partos prematuros
- Alteração no desenvolvimento cognitivo das crianças

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade vem ampliando gradativamente a importância das responsabilidades sociais e ambientais atreladas aos processos de produção de bens e serviços. Qualquer movimento a favor da formulação de modelos de desenvolvimento mais equilibrados, capazes de sustentar uma relação harmônica entre fatores econômicos, sociais e ambientais, vem se destacando nos últimos anos. Isso é mais relevante considerando as alterações climáticas que vêm ocorrendo em todo o mundo e os seus possíveis reflexos nas condições de vidas no planeta.

Todos os estudos inclusos nesta revisão sugerem que existe associação da poluição atmosférica com problemas na saúde das populações estudadas com resultados capazes de afirmar que a exposição à poluição atmosférica contribui para o aumento da mortalidade e morbidade, principalmente por doenças respiratórias e cardiovasculares. Há uma diversidade de doenças estudadas, demonstrando que o efeito da poluição do ar não afeta apenas o sistema respiratório e circulatório da população, mas pode ser causador de risco para outros problemas como o baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme.



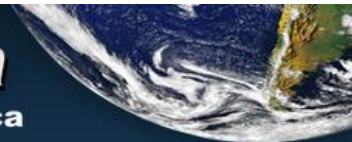
No que se refere à idade investigada, a maioria dos estudos avaliou os efeitos da poluição do ar na saúde de crianças, idosos e de recém-nascidos. Percebe-se que poucas são as pesquisas nesta área realizadas com pessoas da faixa etária entre 18 e 64 anos. Sugere-se a investigação dos efeitos dos poluentes nestas idades, visto que alguns estudos demonstram a associação de poluentes com problemas na saúde também nessa faixa etária.

Por fim, pode-se verificar, que apesar dos avanços capazes de proporcionar um ar mais limpo, os atuais níveis de poluição continuam a ser danosos para a saúde. Castro et al. (2003) destacam que para que sejam construídas políticas de saúde ambiental eficazes, tornam-se necessários estudos que mostrem a relação entre poluição do ar e a saúde, pois estes podem garantir uma melhoria da qualidade de informação a ser utilizada pelos gestores.

Ressalta-se também a importância de estudos que tratem dos efeitos da interação das pessoas no meio ambiente, pois estes ampliam a possibilidade de adoção de medidas preventivas capazes de diminuir a degradação ambiental e, conseqüentemente, os efeitos nocivos à saúde das pessoas.

12 REFERÊNCIAS

- AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C.F.L. **Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais**. Revista da Associação Médica Brasileira, v.58, n.3, p.302-7, 2012.
- BARBOSA, S. M. M. *et al.* **Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.265-75, 2015.
- CANÇADO, J. E. D. *et al.* **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.32, n. Supl. 1, p. S5-S11, 2006.
- CASTRO, A. H.; GOUVEIA, N.; CEJUDO, E.A.J. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v.6, n.2, 2003.
- [CETESB] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo, 2002**. São Paulo; 2003.
- FREITAS, C. *et al.* **Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997**. Revista Saúde Pública, v.38, n.6, p.751-7, 2004.
- GOUVEIA, N. *et al.* **Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.22, n.12, p.2669-77, 2006.
- JUNGER WL. **Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas [Tese de Doutorado]**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro; 2008.
- MARTINS LC, LATORRE MRDO, CARDOSO MRA, GONÇALVES FLT, SALDIVA PHN, BRAGA ALF. **Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil**. Rev. Saúde Pública 2002; 36:88-94.



NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, C.F.L. **Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças.** Revista Paulista de Pediatria, v.31, n.4, p.501-6, 2013.
REVISTA USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001.