

Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras

Aspects of air pollution: a reflection about air quality in Brazilian cities

Alexandre Fernando da Silva^a

Carlos Alexandre Vieira^b

^aDoutorando em Ciências pela Universidade de Franca
Email: xnandosilva@gmail.com

^bDoutorado em Ciências pela Universidade de Franca, e Coordenador do
Curso de Química da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade
Divinópolis
Email: carlosalexvieira@yahoo.com.br

Recebido em: 04/03/2017 | Aceito em: 02/06/2017

ARTIGO

RESUMO

A humanidade vem modificando o espaço natural para atender suas demandas de sobrevivência e consumo. Nesta ação, gera resíduos que podem poluir cursos d'água, o solo ou atmosfera. Nas últimas décadas a poluição do ar tem recebido destacada atenção, devido aos elevados índices de contaminação do ar nos grandes centros. As consequências da poluição estão ligadas diretamente na saúde dos seres vivos e alterações no clima global. Nesse trabalho são apresentados um breve histórico que frente a atual preocupação com a poluição atmosférica, a descrição dos principais agentes poluentes, o panorama dos padrões de qualidade do ar e da rede de monitoramento nacionais. Busca, a partir destas informações discutir os impactos na saúde e economia e ainda ressaltar a necessidade do país encarar a gestão da qualidade do ar como um problema de saúde pública, estabelecendo padrões legais de níveis aceitáveis de concentração de poluentes e a construção de uma rede nacional de monitoramento. No sentido de manter o controle sobre emissões em fontes fixas e/ou móveis, ações efetivas devem ser executadas por parte do poder público em suas várias esferas e pela sociedade civil, como agente fiscalizador e atuante para melhorar constantemente a qualidade do ar.

Palavras-chave: Qualidade do ar. Poluição atmosférica. Monitoramento.

ABSTRACT

Humanity has been modifying the natural space in order to meet demands of survival and consumption. This action creates waste that can pollute the water courses, the soil and the atmosphere. In the last decades the air pollution has received outstanding attention, because of the high rates of contamination, especially in the big urban centers. The consequences of pollution are directly linked to the health of living beings and to changes in global climate. This paper presents data related to the impacts of air contamination on people's health and also a study of the art related to the specific legislations of air quality and its monitoring in Brazilian Regions. It seeks to discuss the impacts of contamination on health and economy and also to emphasize the need to consider the air quality management as a public health problem, establishing legal standards of acceptable levels of concentration of pollutants and the construction of a network monitoring. In order to keep control over emissions in fixed and / or mobile sources, effective actions must be carried out by the public authorities in all spheres and by civil society, both of them working as a monitoring and acting agent for constant improvement of air quality.

Key words: Air quality. Atmospheric pollution. Monitoring.

1 INTRODUÇÃO

A espécie humana passou por milhares de anos sem modificar “significativamente” o meio ambiente, vivendo como caçadores-coletores em pequenas tribos que utilizavam apenas o que conseguiam para subsistência. A partir do surgimento das grandes aglomerações a modificação do ambiente foi intensificada. Durante os últimos séculos, com a crescente do desenvolvimento científico e tecnológico, a população mundial cresceu expressivamente e hoje a humanidade ocupa boa parte da superfície do globo. Distintamente dos primeiros humanos, em tempos atuais, a construção das cidades modernas e o modelo de desenvolvimento econômico embasado no consumo geram, inevitavelmente, significativas alterações no meio ambiente, sendo as mesmas no solo, cursos de água ou pela eliminação de poluentes na atmosfera.

Desde a Revolução Industrial o homem tem modificado o mundo não apenas visando a sobrevivência, mas em acordo a seus interesses econômicos em detrimento dos danos consequentes. Os processos industriais, a vida nas grandes cidades com tráfego intenso de veículos, a vida cotidiana cercada de equipamentos tecnológicos, todas essas ações humanas modernas geram resíduos que, sem a destinação ou tratamento adequados causam danos ao meio ambiente, mas especialmente a saúde de populações humanas e animais. O entendimento de que

ações humanas são responsáveis por danos expressivos ao meio ambiente e a modificação do clima global é relativamente recente. Os primeiros apontamentos sobre questões ambientais surgiram durante a revolução industrial. Mas no decorrer das últimas décadas o confronto entre as temáticas ambientais e econômicas, têm levado a busca de um consenso de atitudes (LOPES, 2010).

Em paralelo às questões ambientais mais amplas e preocupações com impactos de longo prazo, há uma corrente de preocupação imediatista, pois o lançamento de poluentes no ambiente promove implicações sociais e econômicas em curto prazo. Os vários poluentes contribuem para desequilíbrios ambientais, mas a poluição atmosférica assume protagonismo quando o assunto se refere às doenças respiratórias. O ar poluído é significativamente danoso à saúde, dessa forma, se a população está sob atmosfera contaminada, não há alternativas pontuais a serem realizadas, mas sim ações em contextos mais amplos, tendo como objetivo a melhorada qualidade do ar para todos os indivíduos (DAPPER; SPOHR e ZANINI, 2016).

Neste trabalho, o objeto geral é apresentar breve referencial teórico sobre a poluição atmosférica nos grandes centros urbanos brasileiros e os impactos à saúde das populações e ao meio ambiente. Tais informações são relevantes no contexto de subsidiar novos estudos sobre esta temática e ainda a tomada de decisões por parte de organizações voltadas ao controle e manutenção da qualidade do ar em grandes centros. Busca-se ainda o estabelecimento de paralelo ao contexto atual do controle da qualidade do ar no Brasil, a partir dos parâmetros legais vigentes, medidas de controle e ações governamentais em relação ao tema. Por fim, discutir a importância do controle de emissões atmosféricas e do estabelecimento de mecanismo de medição da qualidade do ar.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho a metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico através de artigos científicos buscados nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico e Science Direct, utilizando como busca os termos “poluição do ar”, “poluição

atmosférica” e “poluentes atmosféricos”. Também foram utilizados como base textual livros de química ambiental e outros referentes ao tema. Além destes, fontes oriundas de organizações como Organização Mundial da Saúde (OMS), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Organização das Nações Unidas (ONU), e ainda relatórios das organizações não governamentais (ONG's): Instituto Saúde e Sustentabilidade e Instituto de Energia e Meio Ambiente forneceram informações estatísticas sobre os efeitos da poluição atmosférica no clima e saúde de populações, além de dados sobre a qualidade do ar no Brasil e outros países.

3 BREVE HISTÓRICO DA POLUIÇÃO DO AR

A atmosfera é um sistema dinâmico que está sujeito modificações de suas características em níveis locais e globais. Geralmente estas modificações ocorrem por fatos naturais como erupções vulcânicas ou queimadas de origem natural. Atualmente é consenso que ações humanas podem modificar a composição da atmosfera, seja no entorno de grandes concentrações urbanas ou mesmo em esfera global. Tais mudanças em nível global podem ter efeitos severos na mudança do clima do planeta, especialmente a longo prazo. Em 2015, o Acordo de Paris, celebrado por 195 países, reconheceu que mudanças climáticas constituem uma ameaça iminente e com potencial irreversibilidade de efeitos sociais e para o planeta (ONU, 2015).

Ações antrópicas que emitem a atmosfera agentes que podem modificar a qualidade do ar tem origem na descoberta do fogo por humanos ancestrais. Ações individuais ou de pequenos grupos causavam danos de difícil percepção, mas em grandes aglomerações, os efeitos somados tornaram-se mais claros. Na cidade de Roma, há dois mil anos, houveram as primeiras reclamações relativas a qualidade do ar (CAVALCANTE, 2010). Na Idade Média, apesar de doenças como peste bubônica e varíola dizimarem parte da população, já era entendido que a poluição causada pelo homem era responsável por causar doenças. Neste sentido, em 1272,

o rei Eduardo I da Inglaterra determinou a redução da queima de carvão (BEHRENDT; *et al.*, 2014).

As emissões de origem antrópica foram intensificadas a partir da Revolução Industrial, com o aumento da demanda por fontes energéticas e o uso especialmente de combustíveis fósseis. As indústrias eram geralmente concentradas em regiões geográficas específicas, tal condição somada a ausência de políticas de controle das emissões e preocupação com os impactos de poluentes sobre a sociedade, culminaram no surgimento de vários problemas locais relativos a poluição atmosférica (MACHADO, 2005).

No decorrer do século XX, a intensificação da queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo, para geração de energia, extração e processamento de materiais primas como minérios e ainda setores industriais de base como fundições e siderúrgicas, fábricas de cimento, vidro e indústrias químicas tornaram-se as principais fontes de emissões de poluição do ar. A partir deste contexto, a atual concepção dos danos decorrentes da descarga de poluentes na atmosfera e legislações em vários países do mundo são produto de eventos críticos no decorrer do século XX (CCPS, 2006).

Eventos críticos de poluição do ar são produtos de vários fatores que incluem densidade industrial, condições climáticas e topografia da localidade. Tais eventos ocorrem geralmente em regiões de baixas altitudes ou vales. Estes fatores convergem com a exacerbação de emissões de gases e partículas poluentes para “piora” aguda da qualidade do ar de determinada localidade, afetando drasticamente a qualidade de vida e saúde da população local em curto período de tempo. Um destes eventos ocorreu em Gasglow, Escócia, em 1909, quando 1063 mortes foram atribuídas a inversão térmica durante o inverno com a formação de intensa neblina sobre a cidade. Este evento foi discutido pelo Dr. Harold Antoine Des Voeux, que utilizou o termo “*smog*”, derivado de duas palavras da língua inglesa “*smoke-fog*”. O termo “*smog*” é utilizado para referência a formação de neblinas originadas de poluentes (VIEIRA, 2009).

O Vale do Rio Meuse, na Bélgica, concentrava por uma faixa de 20 km grande densidade de indústrias siderúrgicas, metalúrgicas, geradoras de energia,

minas de carvão e carvoarias, fábricas de vidros e fertilizantes e ainda fundições de zinco com fornos a carvão. No inverno de 1930, durante 4 dias de dezembro, devido à baixa dispersão de ventos e as grandes emissões de poluentes, uma densa neblina tóxica cobriu parte da Bélgica. Nos vilarejos as margens do rio Meuse, entre as cidades de Huy e Liege, centenas de pessoas apresentaram problemas respiratórios e cerca de 60 pessoas morreram neste episódio (NEMERY; HOET e NEMMAR, 2001)

Em 1948, o distrito de Donora, no estado da Pensilvânia, Estado Unidos, detinha uma grande quantidade indústrias fabricantes de aço e zinco. Em outubro daquele ano ocorreu a formação de uma neblina tóxica resultante de uma intensa inversão meteorológica anticiclone, que causou a morte de 40 pessoas e a hospitalização de cerca da metade da população do distrito, de cerca de 14 mil habitantes. O evento despertou o interesse das autoridades norte-americanas para os efeitos da poluição atmosférica e tornou-se um marco no início do estudo de tais eventos, que culminou na proposição de legislações de controle ambientais de poluentes (HELFAND; LAZARUS e THEERMAN, 2001).

Episódio semelhante ocorreu no inverno de 1952, em Londres, Inglaterra, porém com elevada severidade. Durante 5 dias uma neblina cobriu a cidade londrina com alta concentração de particulados e outros poluentes tóxicos originados das emissões da crescente frota de carros da cidade, da intensa industrialização e ainda da queima de carvão nos aquecedores das residências locais. Nestes 5 dias, nas semanas e meses seguintes, 4.000 pessoas morreram em decorrência de complicações respiratórias e cardíacas. Na época o controle estatístico não detinha a eficiência necessária para determinar o aumento da mortalidade em relação as condições normais em curto prazo, somente anos depois foi detectado a elevação do número de falecimentos e atualmente existem estudos que indicam que o número chegou próximo de 12.000 mortos em consequência do episódio londrino (ZHANG; LIU e LI, 2014).

Atualmente eventos como estes ainda ocorrem em regiões de alta densidade industrial e que as preocupações com as emissões de gases poluentes ainda são incipientes, ou relacionados ao grande número de veículos circulando pelas ruas das grandes cidades. As várias ocorrências de mortalidade em decorrência de eventos

Ciência e Sustentabilidade - CeS | Juazeiro do Norte, v. 3, n. 1, p. 166-189, jan/jun 2017

críticos de poluição do ar levaram vários países a repensarem a maneira como lidam com as emissões, estabelecendo leis rígidas de controle e financiando pesquisas para o desenvolvimento de sistemas de contenção e compensação cada vez mais eficientes. Além da preocupação com eventos locais, nas últimas décadas a comunidade científica tem alertado as lideranças mundiais sobre o impacto das mudanças climáticas, especialmente referente ao aquecimento do planeta em cerca de 0,6°C no século XX (CRUZ, *et al.*, 2014).

O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), elaborado pelos órgãos da ONU, Organização Meteorológica Mundial (WMO) e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP), divulgado em 1988, despertou o mundo para as consequências das ações humanas ao clima global, em decorrência das emissões de poluentes atmosféricos. A consistência do relatório demonstrou que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera são responsáveis pela elevação da temperatura global. As consequências do aumento da temperatura média do planeta vão desde a elevação dos níveis oceânicos (devido aos derretimentos de glaciares) à eventos extremos climáticos, como furacões mais intensos e mais frequentes (SANTOS, 2007).

Em novembro de 2015 foi realizado em Paris a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima com o objetivo de estabelecer metas de redução das emissões de gases precursores de mudanças no clima global. O acordo fechado tem como principais pontos: a) o compromisso de trabalharem para que a elevação da temperatura média global fique em no máximo 1,5°C neste século; b) financiamento por países ricos em U\$\$ 100 bilhões por ano em pesquisas e/ou adequações processuais para minimização das emissões e; c) revisão do acordo a cada 5 anos. No entanto não estabelece percentual de redução e nem quando deve cessar o aumento das emissões. Este acordo é inédito e apesar da ausência de metas específicas demonstram a preocupação global frente as emissões de gases poluentes e que ações devem ser tomadas a fim de reduzi-las (ONU, 2015).

4 PRINCIPAIS POLUENTES E SEUS EFEITOS NO AMBIENTE

O planeta é envolto em uma “fina camada” de gases que se estende por cerca de 480 quilômetros de altitude, denominada atmosfera. A troposfera é a camada mais interna estendendo-se por 16 quilômetros de altitude e concentra a maior proporção, cerca de 80% dos gases. Nesta camada ocorre a maioria dos fenômenos climáticos e sua constituição é praticamente constante. A atmosfera possui como principais constituintes o nitrogênio que corresponde por 78% em volume e oxigênio 21%. O restante de 1% é composto por argônio (0,9%) e dióxido de carbono (0,03%) e outros gases em concentrações traços: hidrogênio, ozônio, metano, monóxido de nitrogênio e gases nobres (MEDEIROS, 2005).

A atmosfera é um sistema dinâmico que altera suas condições constantemente. Tais alterações originam os fenômenos climáticos. As emissões de poluentes de uma região além de alterar a qualidade do ar local podem também influenciar a dinâmica atmosférica em todo planeta. A composição básica da atmosfera tem origem na emissão de gases em várias fontes naturais como: florestas, oceanos e vulcões. No entanto, emissões de fontes não naturais, ou seja, produtos da atividade humana podem alterar as concentrações de alguns gases e trazer mudanças significativas no comportamento climático da atmosfera. As fontes emissoras antrópicas são divididas em duas classes: fontes móveis e estacionárias. As principais fontes de emissões móveis são os veículos automotores como carros, caminhões, tratores dentre outros. Fontes estacionárias são oriundas de processos industriais, geralmente chaminés de caldeiras, fornos, termoelétricas e sistemas de exaustão (CASTRO; ARAÚJO e SILVA, 2013).

O termo poluente refere-se a substâncias que presentes no ar e em determinadas concentrações podem causar prejuízos ao bem estar público e danos a flora, fauna e materiais, além de tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde de populações (CETESB, 2001). A poluição atmosférica tem vários agentes, mas pode ser definida como a presença na atmosfera de substâncias danosas e em quantidade suficiente para interferir em seu equilíbrio e composição, prejudicando o meio ambiente e populações humanas, a fauna e flora (AZUAGA, 2000).

Os efluentes atmosféricos são divididos em duas classes, poluentes primários, emitidos diretamente das fontes na atmosfera e secundários, provenientes das reações dos efluentes com compostos da baixa atmosfera, geralmente

Ciência e Sustentabilidade - CeS | Juazeiro do Norte, v. 3, n. 1, p. 166-189, jan/jun 2017

catalisados pela radiação solar. Dentre os principais poluentes estão o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o dióxido de enxofre (SO_2) e os materiais particulados (fuligens, fragmentos metálicos e de carvão, névoas ácidas dentre outros). Há ainda outros poluentes relevantes provenientes da volatilização e/ou combustão de combustíveis fósseis, dentre os principais estão os compostos orgânicos voláteis (COV's) e os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA's). Ambos apresentam toxicidade e os COV's são altamente reativos e podem participar de reações na atmosfera formando poluentes secundários (CASELLI, *et al.*, 2010). Um exemplo dessas reações é a formação do ozônio na baixa atmosfera, produto da reação fotocatalisada pela luz solar, entre os óxidos de nitrogênio e os COV's.

“Os materiais particulados são sólidos pequenos ou partículas líquidas – outras que não água pura – que estão suspensas no ar e que são geralmente invisíveis individualmente a olho nu” (BAIRD e CANN, 2011, p. 154). Raramente apresentam forma esférica, mas convencionalmente adota-se o diâmetro para dimensioná-los. Os particulados são classificados quanto ao tamanho, em Partículas Totais em Suspensão (PTS), cujo o diâmetro é inferior a $50\ \mu\text{m}$ e Partículas Inaláveis (MP_{10}) com diâmetro aerodinâmico menor que $10\ \mu\text{m}$. Há uma subclassificação das partículas inaláveis em partículas inaláveis finas – $\text{MP}_{2,5}$ ($<2,5\ \mu\text{m}$) que quando inaladas podem atingir os alvéolos pulmonares e partículas inaláveis grossas ($2,5$ a $10\ \mu\text{m}$). As partículas finas, na sua grande maioria, ficam retidas na parte superior do sistema respiratório (CETESB, 2001).

As emissões deste poluente têm origens variadas, desde a queima de combustíveis fósseis em veículos a chaminés industriais, queimadas e até vias sem pavimentação. O material particulado causa desconforto ao respirar e tem sido associado a doenças do trato respiratório como asma brônquica e outras doenças alérgicas em indivíduos, além de doenças cardiovasculares (ARAÚJO, *et al.*, 2014).

O dióxido de enxofre (SO_2), em escala global, tem sua maior fonte em vulcões e pela oxidação de gases sulfurados decorrentes da decomposição de plantas, no entanto, nestes casos são lançados em altas altitudes ou longe de grandes centros urbanos (BAIRD e CANN, 2011). As principais fontes antrópicas de emissões de dióxido de enxofre são através da queima de combustíveis fósseis, seja de fontes

industriais ou veiculares. Na atmosfera é um dos principais precursores da chuva ácida, uma vez que reage com o vapor de água formando ácido sulfúrico (H_2SO_4). Pode reagir com vários oxidantes na atmosfera e formar sulfatos na forma de particulados, contribuindo para a concentração de partículas sólidas na atmosfera (MARTINS e ANDRADE, 2002).

Os óxidos de nitrogênio têm origem variada, desde a queima de combustíveis fósseis a desmatamentos e atividade vulcânica, queima de biomassa (fundamentalmente queima de florestas provocada por fontes naturais) e atividade bacteriana (CÓNSUL, *et al.*, 2004). Nas grandes cidades é emitido em fontes estacionárias e formado nos motores de veículos. Apesar dos combustíveis terem percentuais baixos de nitrogênio, durante o funcionamento o motor atinge elevadas temperaturas que favorecem a queima de parte do nitrogênio atmosférico que é emitido na forma de óxidos. Os óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera com vapor de água para formar o ácido nítrico (NO_3) que, em conjunto com o ácido sulfúrico (H_2SO_4), formado a partir do dióxido de enxofre, são precursores da chuva ácida.

O óxido nítrico (NO) é um poluente primário pois no ar atmosférico pode ser convertido em dióxido de nitrogênio (NO_2). Os óxidos de nitrogênio (NO_x) reagem junto a compostos orgânicos voláteis (COV's) na baixa atmosfera, catalisados pela radiação solar, para formação de ozônio, o chamado *smog* fotoquímico (GROSJEAN e GROSJEAN, 1998). Na estratosfera o ozônio atua como barreira para os raios ultravioletas, impedindo que atinjam a superfície terrestre, proteção conhecida como camada de ozônio. No entanto, o ozônio formado na camada mais interna da atmosfera (troposfera) é um importante poluente secundário, em alta concentração torna-se um problema de saúde pública. Alguns efeitos são observados na ocorrência de elevadas concentrações de O_3 , como tosse, dor de cabeça, náuseas, falta de ar e dores peitorais. Em concentrações superiores a $360 \mu g/m^3$ pode causar danos a função pulmonar (DUTRA; FIORAVANTE e FERREIRA, 2009).

5 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR NO BRASIL

O Brasil passou por intenso processo de industrialização e urbanização a partir da metade do século XX e apesar do conhecimento dos efeitos da poluição atmosférica sobre o meio ambiente, apenas no início da década de 1980 foi elaborada a primeira regulamentação nacional referente ao tema. O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar) foi estabelecido pela Resolução CONAMA nº 5, de 15/06/1989 com o propósito de limitar em esfera nacional as emissões atmosféricas por tipologia de fontes e poluentes prioritários.

Após um ano da publicação da Resolução CONAMA nº 5, os padrões nacionais de qualidade do ar foram estabelecidos pelo IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 03/90. Tais padrões definem legalmente o limite máximo seguro para a saúde da população e o meio ambiente que um determinado poluente pode apresentar em concentração na atmosfera. Os limites são estabelecidos em acordo a cada poluente e a estudos científicos relativos aos efeitos no ambiente e a saúde, fixando níveis que propiciam margem segura adequada (BRASIL, 1990).

Desde então, novas regulamentações foram publicadas visando a restrição de emissões e a melhoria da qualidade do ar. Ainda em 1990 foi publicada a Resolução CONAMA 08/1990: que “estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes fixas” (BRASIL, 1990). Apesar de ser um avanço na determinação de limites de emissão, essa resolução se mostrou incipiente diante da variedade de processos industriais e fontes emissoras em um país de grandes dimensões, variedade econômica e em desenvolvimento.

Apenas em 2006 uma nova resolução, mais abrangente e adequada às condições do país foi publicada. A Resolução CONAMA 382 de 26 de dezembro de 2006 que “estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas”, que variam por poluente e por tipologia de fonte (BRASIL, 2006). Posteriormente foi publicada pelo CONAMA a Resolução 432, que complementa as delimitações anteriores e “estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007” (BRASIL, 2011).

Os padrões de qualidade do ar, definidos pela Resolução CONAMA 03/1990, são divididos em duas classes: primários e secundários. Os padrões primários

referem-se “as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população”. Os padrões secundários são níveis desejáveis de concentração de poluentes, pois neste caso estão “abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral” (CONAMA, 1990).

Duas décadas passaram desde o estabelecimento dos padrões nacionais de qualidade do ar e mesmo com resoluções específicas para fontes fixas, o país ainda possui limites incipientes em comparação com padrões internacionais. Os Estados Unidos e países membros da União Europeia adotam padrões mais rigorosos em paralelo aos recomendados pela OMS – Organização Mundial de Saúde em publicação de 2006 “*WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*” (OMS – Diretrizes sobre a qualidade do ar para as partículas, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre). Estes padrões adotados apresentam uma maior preocupação com os particulados inaláveis (PM_{2,5}), sendo que no Brasil inexistem padrões para esta tipologia de poluente (MARQUES e DOS SANTOS, 2012).

Essa carência de padrões nacionais mais rigorosos consistem em um sério problema de saúde pública para a sociedade e demanda ações governamentais para prover legislações atualizadas e em conformidade com os padrões internacionais. A TABELA 01 compara os padrões primários estabelecidos pelo CONAMA com aqueles adotados nos Estados Unidos e União Europeia.

TABELA 01: Padrões primários de qualidade do ar do Brasil, União Europeia e Estados Unidos

Poluente	Tempo de amostragem	Brasil	União Europeia	Estados Unidos
CO (mg/m ³)	24h	9	10	10
NO ₂ (µg/m ³)	1h	320	200	339
SO ₂ (µg/m ³)	24h	365	350	655
MP _{2,5} (µg/m ³)	1 ano	-	25	12
MP ₁₀ (µg/m ³)	24h	50	50	50

Fonte: Adaptado de: Santana *et al.*, 2012

O comparativo dos padrões primários brasileiro, americano e europeu revelam similaridades, especialmente para os poluentes CO e MP₁₀, o que demonstra o alinhamento da legislação brasileira com a adotada nestes países. Em relação ao dióxido de nitrogênio o padrão europeu mostra pequena tolerância, enquanto Brasil e Estados Unidos são similares. Para o dióxido de enxofre o padrão americano mostra-se elevado em relação ao brasileiro e europeu. Apesar das similaridades o padrão brasileiro possui um ponto crítico, a inexistência de padrão para os particulados inaláveis (MP_{2,5}). Neste ponto mostra-se preocupante devido a características deste poluente: tamanho reduzido, composição diversificada e capacidade de acessar as vias aéreas inferiores.

A disparidade crítica no padrão nacional revela uma necessidade, a revisão dos padrões de qualidade do ar. A legislação brasileira data de 1990, desde então o país passou por várias mudanças significativas como aumento da frota de veículos e maior industrialização. Somado a isso a grande extensão territorial com variações econômicas, sociais e políticas. Tendo em vista que desde a publicação não houveram atualizações, revela-se a necessidade de discussões entre a sociedade e o poder público para o aprimoramento desta legislação e o estabelecimento de novos padrões mais adequados a realidade atual do país e as preocupações com o meio ambiente pela sociedade moderna (LIMA, *et al.*, 2012).

6 PANORAMA DA REDE DE MONITORAMENTO NO BRASIL

As redes de monitoramento no Brasil seguem os mesmos problemas que o estabelecimento de padrões adequados de qualidade do ar. Em 2014 o Instituto de Energia e Meio Ambiente realizou o Primeiro Diagnóstico da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil e registrou dados alarmantes. Dentre as 27 unidades federativas, 15 não dispõem de nenhum dado referente a qualidade do ar ou o monitoramento foi realizado por um curto período de tempo. O estudo elencou três fragilidades no monitoramento da qualidade do ar. As redes que existem nem sempre monitoram a totalidade de parâmetros regulados no país, não há monitoramento contínuo e a descontinuidade compromete a representatividade dos dados apresentados (IEMA, 2014).

Também em 2014 o Instituto Saúde e Sustentabilidade realizou levantamento através de informações disponibilizadas em sites governamentais de órgãos ambientais federais e estaduais. As informações encontradas convergem para aquelas encontradas pelo estudo do Instituto de Energia e Meio Ambiente. Os dados obtidos relativos à qualidade do ar no Brasil são provenientes de 252 estações de monitoramento, distribuídas em 94 municípios e o Distrito Federal (VORMITTAG, 2014). Esse quantitativo é claramente incipiente diante de um universo de 5.570 municípios brasileiros, ainda que a existência de estação na localidade não significa que o monitoramento seja efetivo, pois podem existir estações em quantidade menores que o necessário para um levantamento representativo.

Quando considera a distribuição por regiões a carência neste setor fica ainda mais clara (TABELA 02). A região Sudeste concentra o maior número de estações de monitoramento, sendo 74 municípios monitorados contando com um total de 194 estações. A região Sul figura na segunda posição, com 13 municípios e 33 estações, seguida da região Centro-Oeste com monitoramento presente em apenas 3 municípios, com destaque para o Distrito Federal que detém 8 estações. A região Nordeste apresenta apenas 3 municípios contemplados com 17 estações. O levantamento demonstra enorme carência de estações de monitoramento especialmente regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste, considerando ainda a extensa área territorial e a presença de importantes centros urbanos. O destaque fica para os estados de Rio de Janeiro e São Paulo, que apresentam 80 e 86 estações, respectivamente. Em suas capitais estão o maior volume, sendo 25 estações na cidade de São Paulo e 22 na cidade do Rio de Janeiro (VORMITTAG, 2014).

TABELA 02: Distribuição das estações de monitoramento atmosférico no Brasil.

Regiões	Estado	Número de estações	Total de estações
Centro-Oeste	Goiás	3	8
	Distrito Federal	4	
	Mato Grosso	1	
Nordeste	Bahia	16	17
	Sergipe	1	
	Espirito Santo	8	
Sudeste	Minas Gerais	20	194
	São Paulo	86	
	Rio de Janeiro	80	
Sul	Paraná	13	33
	Rio Grande do Sul	20	

Fonte: Adaptado de (VORMITTAG, 2014)

Estados da região Norte não apresentam nenhuma estação de monitoramento, o que também ocorre nos estados de Mato Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, e na região Sul, Santa Catarina.

Nos Estados Unidos os dados sobre a qualidade do ar são disponibilizados aos cidadãos desde a década de 1980 pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EUA) – EPA (*United States Environmental Protection Agency*). Em 2014 o país contava com cerca de 5.000 estações de monitoramento ativas. Na Europa, a Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA, em inglês, *European Environment Agency*) é o órgão ambiental que representa a União Europeia (UE), desde 1994. No ano de 2013 estavam mantidas 7.500 estações de monitoramento da qualidade do ar (VORMITTAG, 2014).

Diante destes dados, ao estabelecer paralelo a políticas praticadas em outros países, avalia-se que no Brasil, o cuidado com o monitoramento da qualidade do ar ainda é incipiente.

Há a necessidade urgente de investimento em uma rede nacional de avaliação da qualidade do ar com o objetivo de estabelecer e subsidiar políticas públicas afim de mitigar ou regular as emissões de gases e partículas poluentes.

7 A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Ações efetivas para delimitar novos limites de emissão de fontes fixas e móveis e estabelecimento de padrões de qualidade do ar mais adequados a realidades nacionais ou em concordância com as especificidades de cada região somente é possível através de levantamento de dados estatísticos confiáveis e representativos. Neste contexto a avaliação da concentração de poluentes na atmosfera é ferramenta fundamental para o estabelecimento de políticas públicas com o objetivo de melhorar a qualidade do ar nos centros urbanos.

A preocupação em dimensionar a presença de poluente no ar justifica-se pelos danos causados a saúde e pela ausência de barreiras para este tipo de contaminante. A poluição emitida por um determinado país ou localidade não fica restrita aquele local e pode causar prejuízos para além das fronteiras. Segundo a OMS – Organização Mundial de Saúde, 92% da população mundial vive em locais onde os níveis de qualidade do ar excedem os limites estabelecidos pela organização e três milhões de mortes por ano estão relacionadas à exposição à poluição do ar em ambientes externos, sendo que 90% delas ocorrem em países de baixa e média renda (OPAS/OMS, 2016).

Os impactos a saúde decorrentes da exposição a poluição do ar são preocupantes. Em 2015, a poluição do ar esteve relacionada diretamente a 19% das mortes devido a doenças cardiovasculares em todo o mundo, 24% das mortes por doenças isquêmicas do coração, 23% das mortes decorrentes de câncer de pulmão e 21% das mortes por AVC - acidente vascular cerebral (WANG, 2015). Segundo a OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico estima-se que cerca de 6 a 9 milhões de mortes prematuras ocorrerão por ano até 2060 em decorrência da poluição do ar. O número equivale a uma morte a cada 4 a 5 segundos (OCDE, 2016).

Vários estudos relacionam a poluição do ar a várias doenças do trato respiratório e cardíacas, ou ainda o aumento do índice de câncer na população. Em estudo realizado em 2012 no município de São José dos Campos, São Paulo, a concentração na atmosfera local de poluentes como MP₁₀ e SO₂ foi relacionada ao aumento das internações de crianças asmáticas na rede de saúde do município (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012).

Em estudo publicado em 2015, a poluição atmosférica é relacionada ao aumento de atendimentos de emergência pediátrica de pacientes portadores de anemia falciforme em pronto-socorro, em São Paulo. Os dados foram levantados no período entre setembro de 1999 e dezembro de 2004. Foram observados aumentos de até 19% nos atendimentos (BARBOSA, *et al.*, 2015).

A baixa qualidade do aré relacionada a outras enfermidades, como a óbitos e internações em decorrência de AVE – acidente vascular cerebral. Em estudo realizado em indivíduos com idade acima de 50 anos, residentes no município de Sorocaba, entre o período de 1 de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2011 foi identificado a associação entre o dióxido de nitrogênio e à hospitalização por acidente vascular encefálico(GAVINIER e NASCIMENTO, 2014).

A associação entre a exposição a poluentes e variadas doenças apontam para impactos socioeconômicos importantes. No Brasil, foram avaliadas 29 regiões metropolitanas em estudo que estimou o impacto econômico decorrente dos níveis de poluição atmosférica, em relação ao orçamento total do Ministério da Saúde de 2014. A conclusão foi de que 2% do total do orçamento são destinados a essa questão. Aparentemente é pouco, mas considerando que foi avaliado apenas parte do território nacional e o estudo não contemplou outros custos como internações, medicamentos e redução da produtividade em indivíduos afetados entende-se que o valor é subestimado (MIRAGLIA e GOUVEIA, 2014).

Segundo a OMS, apenas na Europa a poluição atmosférica é responsável por um custo de 1,6 trilhão de dólares por ano em mortes e doenças, o que é equivalente a quase um décimo do produto interno bruto da região (ONU, 2015). O aumento das emissões de poluentes atmosféricos terá impacto direto na economia global. Os custos relacionados a poluição atmosférica aumentarão de US\$ 21 bilhões em 2015 para US\$ 176 bilhões entre 2050 e 2060, segundo estimativas da OCDE. Ainda segundo estimativas da OCDE os impactos sobre a produtividade no trabalho, gastos com saúde e redução de rendimentos agrícolas, podem elevar os custos econômicos para cerca de 1% do PIB (Produto Interno Bruto) global até 2060 (OCDE, 2016).

Os números apresentados demonstram a importância do controle da qualidade do ar e dimensiona os impactos sociais e econômicos. No Brasil, observa-se um descaso em relação a esta questão sem o levantamento de dados

estatísticos, com grandes áreas do território sem informações básicas sobre os níveis de poluentes na atmosfera. Tais áreas incluem grandes centros urbanos e industriais, como Manaus e o estado de Santa Catarina. Essa realidade consiste em grave problema para a saúde pública e a qualidade de vida da população, tendo em vista que em menor consequência a poluição atmosférica gera desconforto respiratório.

Outras questões correlatas são influenciadas por esta desatenção no controle dos níveis de poluição do ar, como os elevados gastos no sistema de saúde com internações e o tratamento de agravamentos de doenças do trato respiratório. Neste contexto o levantamento de dados relativos a qualidade do ar é de extrema importância para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas de saúde, novas legislações mais rigorosas no que tange os limites de emissões e a proposição de planos estratégicos de longo prazo visando a manutenção da qualidade do ar em níveis aceitáveis.

O cuidado com o meio ambiente e com qualidade do ar nas cidades brasileiras é dever de todos, poder público e sociedade civil. Cada agente deve assumir seu protagonismo, a sociedade civil deve exercer papel de fiscalizador e cobrar dos agentes públicos ações para mitigar ou reduzir as emissões. Cabe ao poder público nas esferas federal, estadual e municipal custear a instalação e manutenção das estações de monitoramento da qualidade do ar, gerar dados e disponibilizá-los a população.

A negligência do estado brasileiro e a ausência de informações a população acarretam o baixo entendimento das graves consequências da poluição do ar. Neste contexto, a ação mais contundente a curto prazo é a conscientização da população quanto a importância do controle da poluição atmosférica. A sociedade informada terá subsídios para responsabilizar os agentes públicos e estabelecer a fiscalização contínua de suas ações, assim haverá resultados em médio e longo prazo. Cabe aos detentores do conhecimento a divulgação de informações pertinentes, seja por meios acadêmicos através da formação de profissionais comprometidos com atitudes que visem a manutenção da boa qualidade do ar, organizações não governamentais através da divulgação de relatórios que demonstrem a realidade do país ou mesmo órgãos públicos ligados à área ambiental que possuam corpo

técnico capacitado e conhecimento necessário ao entendimento das causas e danos da poluição atmosférica.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie humana no período pós revolução industrial está exposta a agentes contaminantes que os ancestrais ou em tempos históricos anteriores não estiveram. Claramente esta exposição traz consequências e a comunidade científica relata há décadas o aumento do índice de várias doenças especialmente em localidades densamente poluídas, agravamento de outras enfermidades e as mudanças climáticas em escala global, que as consequências não se limita somente aos humanos, mas a todos ecossistemas do planeta. Neste sentido, este trabalho buscou apresentar panorama histórico e atual da questão dos poluentes atmosféricos e suas consequências, e em relação as redes de monitoramento de qualidade do ar no Brasil.

Sob esta perspectiva foram identificados desafios enormes relativos a esta questão. O número limitado de estações de monitoramento da concentração de poluentes no ar nas cidades brasileiras e a consequente falta de informações adequadas sobre as condições atmosféricas. Além disso, o baixo investimento nesta área e a ausência de compreensão da população sobre as causas e consequências da poluição atmosférica. Tais desafios podem ser superados pela sociedade civil e órgãos governamentais através de engajamento contínuo, atenção e posição crítica em relação a manutenção de níveis aceitáveis de qualidade do ar. No entanto é preciso ação, visando resultados a médio e longo prazo, seja na elaboração de limites legais mais restritivos ou por investimentos em mecanismos de controle e mitigação das emissões de poluentes.

No que tange os padrões nacionais de qualidade do ar a legislação brasileira apresenta alguns pontos similares com aquelas adotadas em países europeus e nos Estados Unidos. Por outro lado padrões primários relevantes como para o agente MP_{2,5} é negligenciado na legislação brasileira. Tais padrões foram definidos em 1990, ou seja, há mais de 20 anos e desde então não passaram por revisões. Neste sentido há necessidade de revisão para adequar a realidade e contexto socioeconômico atual. Tais padrões mais que meramente números, são limites que

ultrapassados atingem diretamente a saúde de populações expostas aos poluentes. Adequar a legislação e aprimorar as medidas de controle é uma questão de saúde pública e deve ser encarada com seriedade pela sociedade e poder público.

No texto ficou claro que além da preocupação com a qualidade do ar local há um movimento mundial em torno das mudanças climáticas provocadas pelas emissões de gases do efeito estufa. Tais preocupações são consonantes com os cuidados locais, tendo em vista que a poluição não fica restrita a determinada localidade e afeta a atmosfera como um todo.

Por fim, a qualidade do ar é uma questão nacional, que afeta toda a população, portanto, deve ser encarada pela sociedade e esferas governamentais não apenas como uma questão política e social, mas uma questão de saúde pública. Não há solução permanente, mas deve haver atenção continuada para que os níveis de contaminantes no ar respirado pelos cidadãos nas cidades brasileiras sejam minimamente adequados a boa qualidade de vida e para que não gere desconforto ou riscos à saúde.

REFERÊNCIAS

AMÂNCIO, C.T.; NASCIMENTO, L.F.C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação Médica Brasileira**. 2012. Vol. 58 p. 302-307

ARAÚJO, S.L.L.; SALDIVA, P.H.N.; SCHWARTZ, J.; ZANOBETTI, A. Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. **Revista Saúde Pública**. 2014. Vol 48. p. 881-888.

AZUAGA, D. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia – **UFRJ**, 2000.

BARBOSA, S.M.M.; FARHAT, S.C.; MARTINS, L.C.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P.H.N.; ZANOBETTI, A. BRAGA, A.L.F. Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 31(2):265-275, 2015.

BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental – Quarta Edição. Porto Alegre. **Bookman**. 2011.

BEHRENDT H.; ALESSANDRINI F.; BUTERS J.; KRÄMER U.; KOREN H.; RING J. Environmental pollution and allergy: historical aspects. **Chem Immunol Allergy**. 2014;100:268-77.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 436, de 26 de dezembro de 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>> Acesso em: 26 mar 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html> > Acesso em: 25 mar 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf> > Acesso em: 25 mar 2017.

CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA; G. M. M. Qualidade do ar – parâmetros de controle e efeitos na saúde humana – uma breve revisão. **Holos**. 2013. Ano 29, vol 5. P. 107-121.

CASELLI, M.; GENNARO, G.; MARZOCCA, A.; TRIZIO, L.; TUTINO, M. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). **Chamosphere**. 2010. Vol. 81. Ed. 3, p. 303-311.

CAVALCANTI, P. M. P. S. Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva, 2010. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Rio de Janeiro: **UFRJ/COPPE**, 2010.

CCPS - Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. Safe design and operation of process vents and emission control systems. New Jersey: **John Wiley & Sons**, Inc., 2006.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar – informações. Disponível em: http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp. Acesso em: 24 mar 2017.

CÓNSUL, J. M. D.; THIELE, D.; VESES, R. C.; BAIBICH, I. M.; DALLAGO, R. M. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. **Química Nova**. 2004, vol.27, n.3, pp.432-440.

CRUZ, F. R. M.; SILVA, L. A.; PEREIRA, E. M.; LUCENA, R. L. Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima. **GeoTextos**, vol. 10, n. 1, jul. 2014.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R.R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**. [online]. 2016, vol.30, n.86, pp.83-97. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083. Acesso em: 01 abril 2017.

DUTRA, E. G.; FIORAVANTE, E. F.; FERREIRA, F.D. Emissão veicular e o ozônio troposférico na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **9º Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Las Palmas de Gran Canaria**. 2009.

GAVINIER, S.; NASCIMENTO, L. F. C. Poluentes atmosféricos e interações por acidente vascular encefálico. **Revista Ambiente e Água**. 2014, vol.9, n.3, pp.390-401.

GROSJEAN, E.; GROSJEAN, D.; Formation of Ozone in Urban Air by Photochemical Oxidation of Hydrocarbons: Captive Air Experiments in Porto Alegre, RS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 1998. Vol. 09. No. 2 p. 131-143.

HELFAND, W. H.; LAZARUS, J.; THEERMAN, P. Donora, Pennsylvania: An Environmental Disaster of the 20th Century. **American Journal of Public Health**. 2001, Vol. 91, No. 4. p.553.

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. 1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2014.

LIMA, Y. L., FARIAS, F. F., LIMA, A. M. L., ELISA, M. Poluição Atmosférica e Clima: Refletindo Sobre os Padrões de Qualidade do Ar no Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V. 2. N° 5 p. 555-564

LOPES, A.R.S.; História Ambiental: uma demanda Contemporânea. **Cad. Pesq. Cdhis**, Uberlândia, v.23, n.2, jul./dez. 2010

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do Solo e a Mitigação da Mudança Climática Global. **Química Nova**. Vol. 28, No. 2, p.329-334, 2005

MARQUES, R. DOS SANTOS, E.S.; Redes de monitoramento de material particulado inalável, legislação e os riscos à saúde. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. 2012. Vol. 08 p. 115-128

MARTINS, C.R.; ANDRADE, J.B.; Química atmosférica do enxofre (iv): emissões, reações em fase aquosa e impacto ambiental, **Química Nova**. 2002. Vol. 25, No. 2, p.259-272.

MEDEIROS, S.B.; Química Ambiental. 3 ed. Revista e Ampliada, Recife. 2005.

MIRAGLIA, S.G.E.; GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2014. Vol. 19 N° 10 p.4141-4147.

NEMERY, B.; HOET, P.H.; NEMMAR, A.; The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. **Lancet**. 2001. Vol. 357. p. 704-708.

OCDE - Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. O econômico Consequências da poluição do ar exterior. **Paris: Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. 2016. Disponível em: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/Policy-Highlights-Economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-web.pdf>. Acesso em: 25/05/2017

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 23 mar 2017

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Air pollution in Europe costs \$1.6 trillion a year in deaths and diseases, UN study shows. 2015. Disponível em: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=50716#.VUER9yFVikp>. Acesso em: 26 março 2017

OPAS/OMS – Organização Pan-americana de Saúde/Organização Mundial de Saúde. OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto na saúde. 2016. Disponível em: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5249:oms-divulga-estimativas-nacionais-sobre-exposicao-a-poluicao-do-ar-e-impacto-na-saude&Itemid=839. Acesso em: 30 mar 2017

SANTANA, E., CUNHA, K. B., FERREIRA, A. L., ZAMBONI, A.; Padrões de qualidade do ar -Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia, Padrões São Paulo : **Instituto de Energia e Meio Ambiente**, 2012, 81 p.

SANTOS, U. P. Poluição, aquecimento global e repercussões na saúde. **Revista da Associação Médica Brasileira**. 2007. vol.53 no.3 p. 193-194

VIEIRA, N.R.; Poluição do ar: Indicadores ambientais. Rio de Janeiro: E-papers, 2009.

VORMITTAG, E.M.P.A.; COSTA, R.R.; BRAGA, A.A.; MIRANDA, M.; NASCIMENTO, C. N.; SALDIVA, P.H. N. Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil. Instituto Saúde e Sustentabilidade. 2014

WANG, H. et al.; Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **Lancet**. 2016. N° 388, p.1459-1544.

ZHANG, D.; LIU, J.; LI, D. Tackling Air Pollution in China—What do We Learn from the Great Smog of 1950s in LONDON. **Sustainability** 2014, Vol 6, p. 5322-5338.