

**X-009 - POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO MUNICÍPIO DO RJ:
COMPARAÇÃO RESOLUÇÃO CONAMA 03/90 E NORMAS INTERNACIONAIS**

Eduardo Monteiro Martins⁽¹⁾

Químico, Doutorado em Química Atmosférica no Departamento de Físico Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Maycon Maia Ribeiro

Gestor Ambiental e Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Aline Ribeiro Meireles

Engenheira Ambiental e Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Josie Batista Bastos Carvalho

Química e Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Francisca Rodrigues Magalhães

Bióloga e Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524 – 5º andar - sala 5029 - bloco F - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ
- CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: (21) 2234-0512 ramal 20 - e-mail: edmmartins@gmail.com

RESUMO

Alguns poluentes podem ser encontrados em quantidades significativas em quase todas as cidades do mundo. Isso, somado a seu potencial dano a saúde, os torna alvos de estudos e presença nas regulamentações vigentes em cada país. De forma geral, estes poluentes são o monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), partículas inaláveis (PI ou PM₁₀) e ozônio (O₃).

No Brasil, a regulamentação para os poluentes atmosféricos com seus limites de concentrações é a resolução CONAMA 03 de 1990. Esta regulamentação nunca sofreu nenhum tipo de atualização em seus valores de concentração, como é comum ocorrer em legislações internacionais, tais como nas recomendações da Organização Mundial de Saúde e das legislações da Agência Ambiental Norte Americana e da União Européia. A Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro forneceu as médias de 1 hora, 8 horas e de 24 horas de todos os poluentes monitorados por suas estações entre os anos de 2012 e 2013. E estes foram analisados conjuntamente.

O ozônio (O₃) foi o poluente que apresentou mais violações do padrão em todas as estações quando a comparação foi feita com a Resolução CONAMA 03/90 e as demais legislações internacionais. Os bairros que apresentaram mais ultrapassagens quando comparados com a Resolução CONAMA foram Bangu, Irajá e Campo Grande com, respectivamente, 215, 189 e 77 ultrapassagens.

Com relação ao material Particulado, quando a comparação é feita com os padrões nacionais é observado apenas uma violação na estação de Irajá e outra violação na estação do Centro. Quando comparado com os padrões propostos pelas agências internacionais, todas as estações apresentam violação aos padrões.

Para o poluente SO₂, foram observadas ultrapassagens significativas nos bairros de São Cristóvão (70 ultrapassagens) e Centro (27 ultrapassagens) quando comparados ao padrão da OMS, o que provavelmente está associado ao grande número de indústrias e ao grande fluxo veicular movidos à diesel no local.

Além destes, nenhum outro poluente analisado apresentou ultrapassagens aos padrões de qualidade do ar do Conama 03/90 e das legislações internacionais utilizadas para comparação neste trabalho.

Ao final do trabalho, algumas atualizações na Resolução nacional foram propostas.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do ar, Poluição atmosférica, Conama 03 90.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, nos últimos anos, tem recebido uma atenção cada vez maior da comunidade científica. A grande concentração populacional em cidades, decorrente do processo de industrialização e urbanização, trouxe um aumento da emissão de poluentes atmosféricos e a consequente deterioração da qualidade do ar. Este processo é prejudicial à saúde da população, pois é um agravante de doenças respiratórias, cardiovasculares, neurológicas e diferentes tipos de cânceres, principalmente de crianças e idosos, que são mais sensíveis (BRUNEKREEF & HOLGATE, 2002; GURJAR et al., 2008; KAMPA & CASTANAS, 2008).

Alguns poluentes podem ser encontrados em quantidades significativas em quase todas as cidades do mundo. Isso, somado a seu potencial dano à saúde, os torna alvos de estudos e presença nas regulamentações vigentes em cada país. De forma geral, estes poluentes são o monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), partículas inaláveis (PI ou PM₁₀) e ozônio (O₃) (GIANNOULI et al., 2011; ZAMBONI, 2012). Destes, o ozônio é o único poluente secundário, ou seja, que não é emitido diretamente na atmosfera, mas é formado por reações químicas entre os poluentes primários. Este é um poluente tido em alta concentração em boa parte do mundo (SINGH et al., 2014; HAUKE, 1998).

Além de problemas relacionados ao ozônio, os principais centros urbanos apresentam altas concentrações de material particulado de diferentes tamanhos, devido a suas grandes frotas de veículos. Recebem destaques as partículas inaláveis (PM₁₀) e partículas respiráveis (PM_{2,5}), pois, devido ao seu pequeno tamanho, penetram mais profundamente no aparelho respiratório humano. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), este composto é um excelente indicador de correlação entre saúde pública e poluição atmosférica (SINGH et al., 2014; HAUKE, 1998; VOORHEES et al., 2014).

De acordo com a OMS, é responsabilidade de cada nação estabelecer seus padrões de qualidade do ar coerentes com suas especificidades (OMS, 2005). No Brasil, a regulamentação para os poluentes atmosféricos com seus limites de concentrações é a resolução CONAMA 03 de 1990. Esta regulamentação nunca sofreu nenhum tipo de atualização em seus valores de concentração, como é comum ocorrer nas legislações de outras agências ambientais ao redor do mundo. Algumas das atualizações que ocorreram nos últimos anos foram: Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2005; a agência do estado da Califórnia (CARB) em 2007; a lei da União Europeia, em 2008 (EUROPEAN, 2014); a Lei do Ar da Índia em 2009 (ÍNDIA, 2014); Normas Oficiais Mexicanas (NOM) em 2010; Environmental Protection Agency (EPA) em 2012; e os padrões de qualidade do ar da China em 2012 (CHINA, 2014). Estas mudanças foram consequências do desenvolvimento econômico destas cidades, o que ocasionou o aumento de frota veicular, a melhoria dos equipamentos de controle e monitoramento das emissões e o investimento em estudos dos impactos na saúde humana e ao meio ambiente. Em 2013, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) passou a utilizar de padrões de qualidade do ar próprios baseados nos valores da OMS. O mesmo ocorreu com o Instituto Estadual do Ambiente no Rio de Janeiro (INEA, 2013). O que se propõe são valores intermediários até que o valor final seja alcançado (CETESB, 2013).

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro é a região do país com maior densidade de pessoas e com a segunda maior quantidade de veículos. Isto, quando associado às suas características topográficas, como a influência da brisa do mar e montanhas que dificultam a dispersão dos poluentes, torna a poluição atmosférica um problema que afeta a qualidade de vida da sua população. Como consequência, as altas concentrações dos poluentes devem ser monitoradas e controladas (SMAC, 2012).

A rede de monitoramento de poluentes atmosféricos da cidade pode ser dividida em duas esferas governamentais: as estações do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e as estações da Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC) (INEA, 2014; SMAC, 2012). O monitoramento é feito de acordo com os poluentes regulamentados pela resolução CONAMA 03/90, acrescidos dos hidrocarbonetos não metânicos (HCNM) e do PM_{2,5}. Os HCNM são geralmente chamados de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e participam das reações de formação de ozônio; Por conta disso, é importante o conhecimento de suas concentrações para estudos relacionados ao O₃. O PM_{2,5} é regulamentado e monitorado na União Europeia, nos Estados Unidos, e está presente na lista da OMS de poluentes atmosféricos que devem ser monitorados (OMS, 2005; EPA, 2014; UNIÃO EUROPEIA, 2008).

De acordo com a SMAC (2012), a rede de monitoramento da Prefeitura do Rio de Janeiro opera desde o ano 2000. Inicialmente, eram monitoradas somente as partículas inaláveis, o dióxido de enxofre e o monóxido de carbono (PM_{10} , SO_2 e CO). As estações localizam-se apenas nos bairros do Centro, Copacabana, Tijuca e São Cristóvão. Além destas quatro estações fixas, o monitoramento era feito com uma estação móvel que ainda fazia as medidas das concentrações de O_3 , HCNM e NO_x . A estação móvel realizava o monitoramento em curtos períodos de tempo e em diferentes locais da cidade. No final do ano de 2011, esta rede foi ampliada para mais quatro estações fixas. As novas estações fixas estão instaladas nos bairros de Bangu, Campo Grande, Guaratiba e Irajá. As novas estações realizam o monitoramento do PM_{10} , SO_2 , CO , O_3 , HCNM, NO_x e $PM_{2.5}$. A distribuição espacial da rede de monitoramento da SMAC pode ser visualizada na Figura 1.



Figura 1. Distribuição espacial das estações de monitoramento atmosférico do Município do Rio de Janeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram fornecidos dados de todos os poluentes monitorados pelas estações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. O período analisado foi compreendido entre os anos de 2012 e 2013, e para tal, foram utilizadas médias de 1 hora, 8 horas e de 24 horas dos poluentes monitorados que estão presentes na legislação nacional e/ou internacional. Os bairros analisados foram Tijuca, Irajá, Bangu, Campo Grande, Centro, Copacabana e São Cristóvão. Na Tabela 1 são apresentados os valores dos padrões de qualidade do ar definidos pela Resolução CONAMA 03/90 e pelas legislações internacionais abordadas neste trabalho.

Tabela 1. Poluentes legislados no Conama 03/90 e normas internacionais.

LEGISLAÇÃO / POLUENTES ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	CONAMA 03/90	EPA	CARB	CHINA	ÍNDIA	OMS	NOM	EU
Partículas inaláveis - PM ₁₀ (24hs)	150 ¹	150 ³	50	150	100	50	120 ⁴	50
Partículas inaláveis - PM ₁₀ (MAA)	50	-	20	70	60	20	50	40
PTS (MGA)	80	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂ (1h)	-	-	-	-	-	-	-	350
SO ₂ (24hs)	365 ¹	-	105	150	80	20	288 ¹	125
SO ₂ (MAA)	80	-	-	60	50	-	66	-
CO (1h)	40.000 ¹	40000	23000 ¹	10000	40000	-	-	-
CO (8hs)	10.000 ¹	10000	10000 ¹	10000	10000	10000 ¹	12595 ¹	10000
O ₃ (1h)	160 ¹	-	180	200	180	-	220	-
O ₃ (8h)	-	-	-	160	100	100	160	120
O ₃ (AOT40)	-	-	-	-	-	-	-	18000 ⁵
NO ₂ (1h)	320	188 ²	339	200	-	200	395	200
NO ₂ (MAA)	100	100	57	40	40	40	-	40

MAA - Média aritmética anual

MGA - Média geométrica anual

¹ Valor que não deve ser excedido mais de uma vez por ano.

² Percentual de 98%, média de 3 anos.

³ Não pode ser excedido mais de uma vez por ano em uma média de 3 anos.

⁴ Percentual de 98%, média de 1 ano.

⁵ Soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com a utilização apenas de valores medidos entre 8 e 20 horas.

A partir dos dados recebidos foram produzidos gráficos e tabelas que demonstram o comportamento dos poluentes ao longo dos dois anos de monitoramento. Foi ainda, observado a frequência de ultrapassagens aos diferentes padrões com o objetivo de propor possíveis modificações nos padrões brasileiros de qualidade do ar.

RESULTADOS

O ozônio (O₃) foi o poluente que apresentou diversas violações em todas as estações quando a comparação foi feita com a Resolução CONAMA 03/90 e as demais legislações internacionais como apresentado na figura 2. Os bairros que apresentaram mais ultrapassagens quando comparados com a Resolução CONAMA foram Bangu, Irajá e Campo Grande com, respectivamente, 215, 189 e 77 ultrapassagens. Já os bairros de São Cristóvão, Centro e Copacabana apresentaram 19, 4 e 1 ultrapassagens respectivamente. A maior concentração de ozônio foi observada na estação de Campo Grande, com a concentração de 307,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo 191,85% acima do padrão de qualidade do ar determinado pela resolução CONAMA. O mesmo poluente quando comparado com o padrão de 8 horas das agências China, Índia, OMS, NOM e UE, teve suas concentrações

medidas acima do valor padrão em todas as estações. A estação de Bangu teve 112 ultrapassagens comparado ao padrão de 8 horas da OMS, seguido da Estação de Irajá com 77 violações deste mesmo padrão.

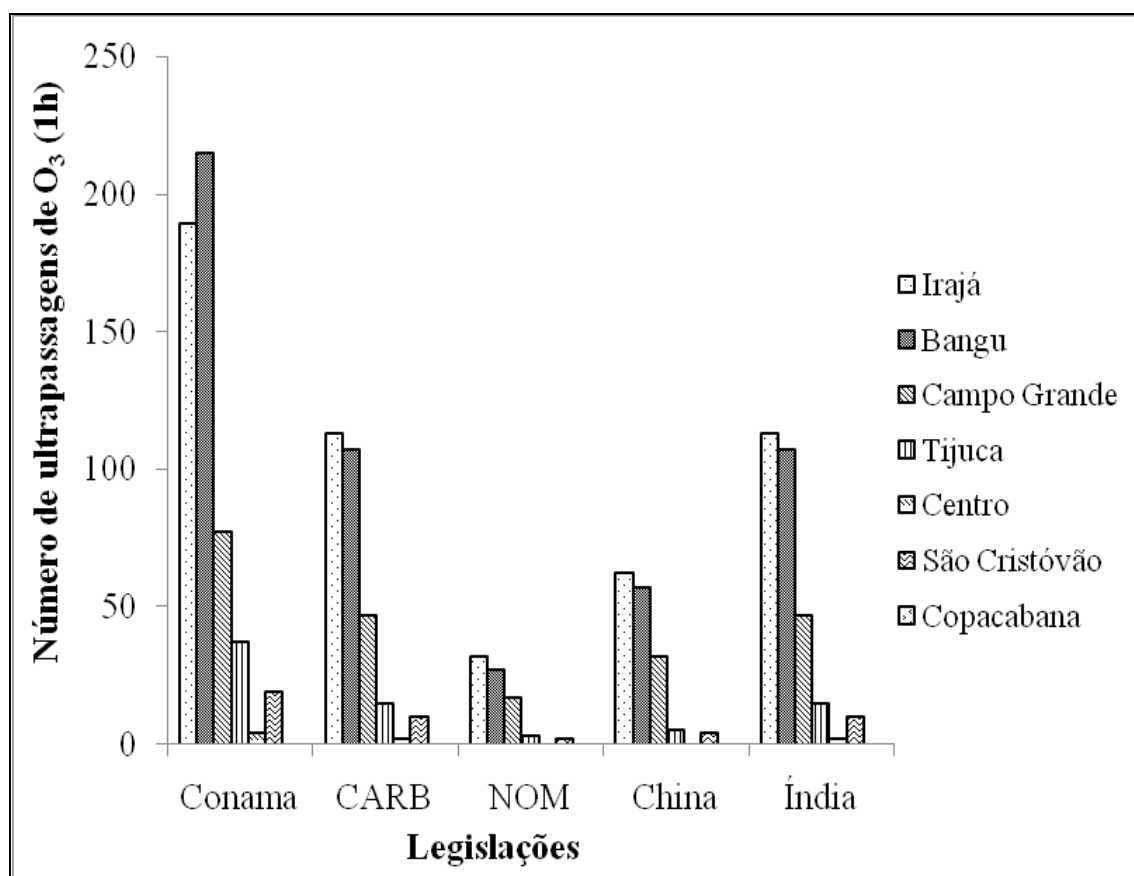


Figura 2. Ultrapassagens de O₃ (1h) durante os anos de 2012-2013.

Outro poluente que atinge e ultrapassa os valores de concentração dos padrões de qualidade do ar é o material particulado menor que 10µm (PM₁₀). Isto pode ser verificado na figura 3. Quando a comparação é feita com os padrões nacionais é observado apenas uma violação na estação de Irajá e outra violação na estação do Centro. Quando comparado com os padrões propostos pelas agências internacionais, todas as estações apresentam violação aos padrões. A estação de Copacabana apresenta 406 ultrapassagens ao padrão de qualidade do ar proposto pela CARB, OMS e EU. A segunda estação com maior número de ultrapassagens é a estação de São Cristóvão, com 146 ultrapassagens.

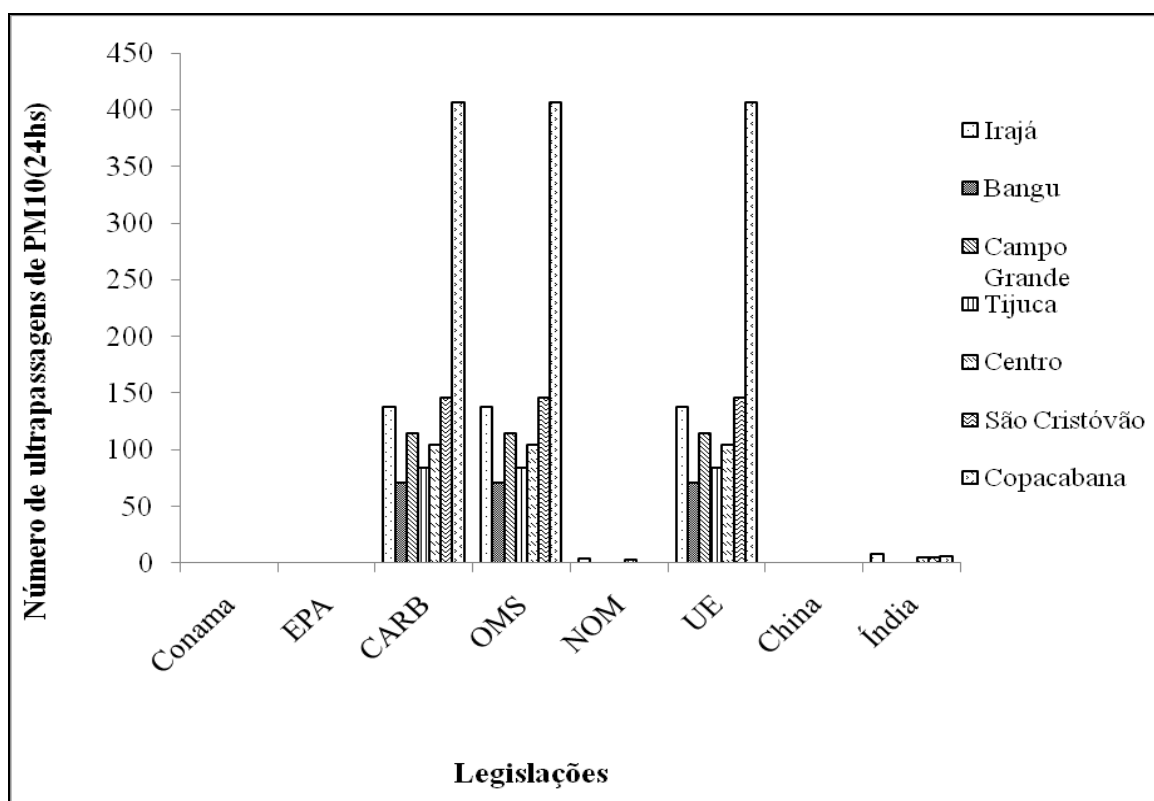


Figura 3. Ultrapassagens de PM10 (24h) durante os anos de 2012-2013.

Para o poluente SO₂, foram observadas ultrapassagens significativas nos bairros de São Cristóvão (70 ultrapassagens) e Centro (27 ultrapassagens) quando comparados ao padrão da OMS. Este fato provavelmente está associado ao grande número de indústrias nas regiões de São Cristóvão e Centro, além de sua proximidade com o Porto do Rio de Janeiro e uma importante via de acesso, a Avenida Brasil, aumentando o fluxo veicular de veículos movidos à diesel.

Além destes, nenhum outro poluente apresentou ultrapassagem aos padrões de qualidade do ar no município do Rio de Janeiro, nem para o Conama 03/90 ou para as legislações internacionais utilizadas para comparação neste trabalho.

A partir da análise das legislações internacionais, das recomendações da OMS, das concentrações obtidas e do número de ultrapassagens dos poluentes atmosféricos avaliados, observa-se que há uma necessidade de modificação quanto aos valores dos padrões dos poluentes legislados pelo CONAMA, visto que esta resolução nunca sofreu alteração desde que entrou em vigor há 24 anos. A Tabela 2 apresenta uma proposta de novos valores de concentração para os padrões da qualidade do ar. É sugerido que seja retirado o padrão de partículas totais em suspensão (PTS) e que sejam acrescentados os poluentes PM_{2,5} e Benzo(a) pireno como padrões de qualidade do ar, além de alterações nos valores de concentração sugeridos.

Tabela 2. Proposta de alterações nos padrões da qualidade do ar da Resolução Conama 03/90.

POLUENTES JÁ CONTEMPLADOS PELO CONAMA 03/90 ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	CONCENTRAÇÃO SUGERIDA
Partículas inaláveis - PM_{10} (24hs)	50
Partículas inaláveis - PM_{10} (MAA)	20
SO_2 (24hs)	125
CO (1h)	40.000
CO (8hs)	10.000
O_3 (1h)	160
NO_2 (1h)	200
NO_2 (MAA)	40
POLUENTES NÃO CONTEMPLADOS PELO CONAMA 03/90	
O_3 (8h)	100
Material particulado fino $\text{PM}_{2,5}$ (24hs)	25
Material particulado fino $\text{PM}_{2,5}$ (MAA)	10
Benzo(a)pireno	0,001

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Na cidade do Rio de Janeiro os dois poluentes que merecem maior atenção são o ozônio e o PM_{10} . O ozônio foi o poluente que mais ultrapassagens apresentou em todas as legislações e o PM_{10} apresentou diversas ultrapassagens quando comparado com os padrões da CARB, OMS e UE.

A partir dos resultados obtidos foi proposta a atualização da legislação nacional CONAMA03/90, por não ter sofrido atualizações desde que entrou em vigor e também pela necessidade de inclusão de novos padrões de determinados poluentes que não constam na mesma. Entre as mudanças/inclusões estão o ozônio (8h), onde propomos a concentração de $100 \mu/\text{m}^3$, seguindo o estabelecido pela OMS, uma vez que o ozônio foi o poluente que registrou o maior número de violações em todas as estações além da crescente preocupação de controlar esse poluente devido aos efeitos adversos à saúde. O material particulado com diâmetro menor que 2,5 micrômetros ($\text{PM}_{2,5}$), é um poluente que também não está presente na CONAMA 03/90, o qual propomos o padrão $25 \mu/\text{m}^3$ para 24 horas e $10 \mu/\text{m}^3$ como média aritmética anual, seguindo o padrão da OMS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDASAMO, J. M., VALERA, E., & JIMINÉZ, P. (outubro de 2002). Air quality data from large cities. Elsevier, p. 25.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília – DF, 1990.
- BRUNEKREEF, B., & HOLGATE, S. T. (2002). Air pollution and health. p. 10.
- CARB. California Govern. ARB missions and Goals. Disponível em: <<http://www.arb.ca.gov/html/mission.htm>>. Acesso em 20 out. 2014.

5. CHINA. Air Quality. http://transportpolicy.net/index.php?title=China:_Air_Quality_Standards. Acesso em 25 de outubro de 2014.
6. EPA. Estados Unidos da América. NAAQS. Disponível em:<<http://www.epa.gov/air/criteria.html#4>>. Acesso em 20 out. 2014
7. EUROPEAN COMMISSION. Air Quality Standards. Disponível em:<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>. Acesso em 22 de outubro de 2014.
8. GIANNOULI, M.; MOUSSIOPOULOS, N.; KALOGNOMOU, E. A.; SAMARASS.; FIALA, J.; MELLIOS, G. Impact of European emission control strategies on urban and local air quality. *Atmospheric Environment*, v. 45, p. 4753-4762, 2011.
9. GURJAR, B.R.; BUTLER, T.M.; LAWRENCE, M.G.; LELIEVELD, J. Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment*, 2008, v. 42, p. 1593-1606.
10. HAUCK, H. Revision of ambiente air quality standards for PM? *Toxicology Letters*, 1998, v. 96, p. 269-276.
11. INDIA. Air Quality. http://transportpolicy.net/index.php?title=India:_Air_Quality_Standards. Acesso em 25 de outubro de 2014.
12. INEA, Relatório anual de qualidade do ar, http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dimfis_gear/documents/document/bmvh/mdey/~edisp/inea012571.pdf. Acessado em 25 de outubro de 2014
13. KAMPA, M., & CASTANAS, E. Human health effects of air pollution . Elsevier , p. 2-6, 2008.
14. MÉXICO: Air Quality Standards. Disponível em: http://transportpolicy.net/index.php?title=Mexico:_Air_Quality_Standards. Acesso em 26 de abril de 2014.
15. MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O3). Disponível em: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/m020ssa13.html>. Acesso em 26 de abril de 2014.
16. OMS. Guias de cualidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrogênio, y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005.
17. SINGH, A.K.; SINGH, S.P.; KUMAR, G; DEO, B. Assessment on particulate pollution in Sindri after closure of Sindri unit of fertilizer Corporation of India/(FCI). *International Journal of Current Engineering and Technology*, v.4, n.1, p. 376-383, Fev. 2014.
18. SMAC. Relatório da Rede MonitorAr Rio 2011 – 2012. Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro. Prefeitura do Rio de Janeiro, 2012.
19. SOUSA, S.I.V.; PIRES, J.C.M.; MARTINS, E.M.; FORTES, J.D.N.; ALVIM-FERRAZ, M.C.M.; MARTINS, F.G. Short-term effects of air pollution on respiratory morbidity at Rio de Janeiro — PART I: Air Pollution Assessment. *Environment International*, 44, 2012p.18–25.
20. VOORHES, A.S.;WANG, J.; WANG, C.; ZHAO, B.; WANG, S.; KAN, H. Public health benefits of reducing air pollution in Shanghai: a proof-of-concept methodology with application to BenMap. *Science of the Total Environment*, n. 485-486, p. 396-486, Abril 2014.
21. ZAMBONI, A. Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.