

**EFEITOS DAS PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS) NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DOS BAIROS DE BENFICA, BONSUCESSO, RAMOS E
MANGUINHOS - RIO DE JANEIRO/RJ**

**HEALTH EFFECT OF TOTAL PARTICULATE MATTER AIR SAMPLING AT
BENFICA, BONSUCESSO, RAMOS AND MANGUINHOS SUBURB OF RIO DE
JANEIRO - BRAZIL**

Maria Albertina Pires Maranhense Costa

Pesquisadora Dra. do Programa FIOCRUZ Saudável
albpieres@yahoo.com.br

Gladys Miyashiro Miyashiro

Pesquisadora do Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/FIOCRUZ.

Victor Campelo

Doutorando da Universidade de São Paulo

Ieda da Costa Barbosa

Pesquisadora do Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/FIOCRUZ

Erito Marques de Souza Filho

Mestrando em Pesquisa Operacional pela COPPE - UFRJ

Isabel Silva

Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente

Debora Cynamon Kligerman

Pesquisadora do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental/ENSP/FIOCRUZ

Simone Cynamon Cohen

Pesquisadora do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental/ENSP/FIOCRUZ

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido nos bairros de Benfica, Manguinhos, Bonsucesso e Ramos, subúrbios industriais do município do Rio de Janeiro, no período de 2000 a 2004, onde o IDH é de aproximadamente 0,8, com uma população de baixa renda, exposta à poluição veicular (próxima à Av. Brasil, uma das vias mais movimentadas do Rio de Janeiro) e industrial (refinarias, entre outras). O objetivo deste estudo é apresentar a relação de PTS ou MP, temperatura, umidade relativa do ar e óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias. Para tanto, foram desenvolvidos modelos estatísticos de séries temporais, além de uso do coeficiente de correlação de Pearson, da tendência e frequência como instrumentos para a análise dos dados. Observou-se uma alta mortalidade por doença cardiovascular seguido da respiratória, bem como, exposição crônica de MP ou PTS, além de um pequeno processo de mudança no micro-clima da área. Apesar de não ter sido observado associação estatística de medidas de MP ou PTS, temperatura e umidade relativa do ar com óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias, acredita-se que as concentrações de MP ou PTS e a pequena mudança no micro-clima observado, possam ser fatores que contribuíram para isso, devido à alta ocorrência de óbitos nas

Recebido em: 28/08/2009

Aceito para publicação em: 30/11/2009

faixas do Sensível ($101-150\mu/m^3$) e Inadequado ($151-200\mu/m^3$) segundo a tabela IQA-EPA.

Palavras chaves: Poluição do ar, Qualidade do ar, Material Particulado, Doenças Respiratórias e Doenças Cardiovasculares, Mudança Climática.

ABSTRACT

This work was developed in Benfica, Manguinhos, Bonsucesso and Ramos, industrial outskirts of the municipal district of Rio de Janeiro, in the period from 2000 to 2004, where IDH (human development index) is of about 0,8, with a low income population, exposed to the vehicular pollution (next to the Brazil avenue, one of the highest traffic road from Rio de Janeiro) and a industrial area such as refineries. The goal of this study is to present PM or PTS's relationship to temperature, humidity and deaths for cardiovascular and respiratory diseases. Statistical analysis of: Time series model, Pearson correlation coefficient, tendency and frequency were developed as a tool. It was observed that the study area had a high levels of death from cardiovascular followed of respiratory diseases as well as a chronic PM or PTS ambient level and a small microclimate change process. Although the statistical association of airborne particulate matter (PM or PTS) with cardiovascular and respiratory death event was not found, it might be one of the factors contribute for it, as well as a small microclimate change that occurred in the area. However, it was notice a high rate of mortality in the Unhealthy for Sensitive Groups ($101-150\mu/m^3$), and Unhealthy ($151-200\mu/m^3$) accord to IQA-EPA categories.

Key Words: Air pollution, Air Quality, Particulate, Respiratory Diseases and Cardiovasculares Diseases, Climate change.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano e industrial tem originado um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos os quais se concentram no ar, se depositam no solo, nos vegetais e nos materiais e vem sendo responsável por inúmeras conseqüências como: danos à saúde humana, desequilíbrio e degradação dos ecossistemas, e redução da produção agrícola, dentre outras. Podemos definir a poluição do ar como sendo a presença de contaminantes que podem causar desconforto ou risco à saúde humana e danos em animais, em vegetais ou em materiais. Ela é fruto da emissão de substâncias contaminantes na atmosfera, a uma taxa que excede tanto a capacidade natural de conversão por chuvas e ventos, bem como de depósito ou de diluição dessas substâncias químicas na atmosfera (Yassi et al., 2001).

As partículas sólidas e líquidas encontradas no ar como a poeira, fuligem, partículas de óleo, metal e pólen, capazes de permanecer em suspensão por longos períodos, constituem o Material Particulado (MP) ou Partículas Totais em Suspensão (PTS). Eles podem variar em termos de tamanho, fonte e composição química, como por exemplo, carbono, grafite e níquel e compostos como nitratos e sulfatos, e ainda compostos orgânicos e misturas complexas (Yassi et al, 2001).

O MP ou PTS, para fins de análise deve ser dividido em muitas frações, e medido em microns². O MP pode ser dividido em dois grupos, a saber, partículas acima de 10 micra (MP₁₀) e partículas acima de 2,5 micra (MP_{2,5}).

É importante salientar, que o MP é composto também, por partículas microscópicas

² Um micron é e equivalente a um milionésimo do metro.

que, mais facilmente, podem penetrar nos pulmões e causar uma variedade de problemas respiratórios.

As principais fontes de material particulado ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) são provenientes de queimadas de materiais fósseis como a gasolina, óleo diesel ou madeira. As partículas com diâmetro menor que $10\ \mu\text{m}$ (MP_{10}) são consideradas inaláveis e as partículas com diâmetro menor que $2,5\ \mu\text{m}$ ($MP_{2,5}$) são igualmente consideradas inaláveis, porém, alcançam diretamente o pulmão.

A meia vida dessas partículas na atmosfera é geralmente muito alta, uma vez que elas ficam suspensas e podem ser transportadas para longe do seu ponto de origem. Essa propriedade é muito importante devido à sua rápida propagação e resistência, expondo tanto a população que estiver próxima à fonte como aquela situada distante, na mesma proporção (Wilson et. al. 2000).

Nos últimos anos, a poluição do ar proveniente do desenvolvimento urbano e do acelerado processo de desenvolvimento industrial tem causado vários impactos ao meio ambiente, à saúde e ao sistema sócio-econômico provocando baixa na produtividade e ausências no trabalho e na escola.

A preocupação com o material particulado está associada ao alto risco à saúde humana, em especial à exposição de grupos de pessoas mais vulneráveis, como os idosos, as crianças, em especial os recém nascidos, que têm apresentado problemas respiratórios e cardiovasculares. Essas freqüentes exposições a elevadas concentrações de MP estão associadas ao aumento de visitas a hospitais, consultas médicas e número de mortes prematuras.

O padrão de qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro é monitorado e determinado pela Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente – FEEMA, seguindo a legislação federal, podendo o Estado estabelecer padrões mais rigorosos. O governo federal estabelece o mínimo a ser seguido pelos estados e municípios. De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Nº 003/1990, os “Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população” (Brasil, 1998). No caso das Partículas Totais em Suspensão (PTS), fica estabelecido para o Padrão Primário:

- 1) concentração média geométrica anual de 80 microgramas por metro cúbico de ar;
- 2) concentração média de 24 horas de 240 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

O objetivo desse trabalho é apresentar a relação de PTS ou MP, temperatura, umidade e os óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias nos bairros de Benfica, Manguinhos, Bonsucesso e Ramos, subúrbios industriais do município do Rio de Janeiro, no período de 2000 a 2004. As áreas em foco, onde o IDH² é de aproximadamente 0,8, estão constituídas, em sua maioria, por população de baixa renda, expostas à poluição veicular (próximo à Av. Brasil, uma das vias mais movimentadas do Rio de Janeiro) e industrial (refinarias, entre outras). A estação de monitoramento de Bonsucesso está próxima à Av. Brasil, enquanto a estação de Benfica está localizada mais afastada desta grande via. Vale ressaltar que o percentual de MP_{10} , na Av. Brasil é de 22,9%, a mais alta emissão deste particulado observada nas principais vias do Rio de Janeiro (FEEMA, 2004). Deve destacar-se, também, que as geomorfologias destas áreas são diferentes. Em Benfica e

² IDH – O Índice de Desenvolvimento Humano é construído utilizando dados do PIB *per capita*, esperança de vida ao nascer e escolaridade. De acordo com o PNUD, são considerados países de alto desenvolvimento os que apresentam um IDH acima de 0,800; os de desenvolvimento médio apresentam um IDH entre 0,799 a 0,500; abaixo desse número estão os países de baixo desenvolvimento. O IDH tornou-se, também, referência para estados e municípios. O IDH do município do Rio de Janeiro é 0,842 (PNUD et al.).

Manguinhos, por serem áreas planas, propicia-se uma maior dispersão de poluentes, ao contrário do que ocorre em Bonsucesso e Ramos, onde existem morros que servem de anteparo, limitando a ventilação.

Material e Métodos

Para a realização desse estudo foi necessária a obtenção de dados provenientes de várias fontes:

1) os óbitos por causa básica de doença e área de residência, referentes aos bairros de Bonsucesso, Benfica, Ramos e Manguinhos, anos 2000 a 2004, foram obtidos da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. As doenças foram registradas segundo a CID-10³, destacando as doenças do aparelho circulatório (CID-10: I00 -I99) e respiratório (CID-10:J00-J99), no período de 2000 a 2004;

2) as medidas das concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS) para os bairros de Bonsucesso e Benfica, anos 2000 a 2004, procedem das estações não automatizadas da FEEMA. Devido à dispersão dos poluentes, neste estudo foram considerados além dos dois bairros mencionados, os bairros de Ramos e Manguinhos, que são contíguos e expostos a situações semelhantes.

3) os registros de temperatura e umidade foram fornecidos pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo do Comando da Aeronáutica/Ministério da Defesa. Os dados foram medidos no Aeródromo do Galeão, referência mais próxima da área de estudo e são relativos ao período de agosto 2001 a dezembro 2004.

Foram feitas análises estatísticas de:

a) Teste de correlação de Pearson (software - SAS) das médias mensais das variáveis PTS ou MP, temperatura, umidade e dados diários de óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias dos bairros de Benfica, Manguinhos, Bonsucesso e Ramos;

b) frequência (software - SAS) das médias mensais de PTS, temperatura, umidade e óbitos por doença cardiovascular e respiratória;

c) análise de tendências através de gráficos (software - Excel) com dados mensais de MP ou PTS, temperatura e umidade e dados diários de óbitos por doença cardiovascular e respiratória.

d) Análise de variância (teste não paramétrico de Kruskal-Wallis) para diferenças entre as taxas de mortalidade nas diversas faixas do índice de qualidade do ar (IQA-EPA).

Considerando que os dados de MP ou PTS, medidos em Benfica e Bonsucesso, não são realizados diariamente, para adotarmos a estratificação do IQA-EPA⁴ foi adotado o cálculo de médias mensais como dado diário. Ao mesmo tempo, que número de óbitos mensais, obtidos através do somatório de óbitos diários, foram distribuídos na respectiva faixa de IQA-EPA.

Resultados

Considerando todas as causas base de óbito na região de Bonsucesso, Benfica, Ramos e Manguinhos, observou-se que de um total de 9.509 óbitos, 3.304 (34,75%) corresponderam às causas cardiovascular e respiratória. Dentre estas, 2.390 óbitos foram por doença cardiovascular, representando 25,14%, enquanto, 914 óbitos (9,61%) tiveram como causa base a doença respiratória (tabela 1). Em relação à distribuição por sexo, observou-se nos óbitos por doenças cardiovasculares que o

³ Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – Décima Revisão

⁴ Índice de Qualidade do Ar da Agência Ambiental Americana

sexo feminino teve maior ocorrência (51,7%, $p < 0,0001$), e nos óbitos por doenças respiratórias aconteceu o inverso, 54,8% foram do sexo masculino ($p < 0,0001$).

Tabela 1

Distribuição de óbitos por doenças cardiovasculares, respiratórias e outras, nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Manguinhos e Ramos do município de Rio de Janeiro/ RJ - 2000 a 2004

Causas de Óbitos	Benfica		Bonsucesso		Manguinhos		Ramos		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Cardiovascular	324	26,2	963	24,2	226	22,5	877	26,6	2390	25,1
Respiratória	110	8,9	376	9,4	83	8,3	345	10,5	914	9,6
Outras Causas	801	64,9	2640	66,3	695	69,2	2069	62,9	6205	65,2
Total	1235	100,0	3979	100,0	1004	100,0	3291	100,0	9509	100,0
% do total de óbitos (9509)	12,99%		41,84%		10,56%		34,61%		100,00%	

Fonte: SMS/RJ

Em relação à mortalidade nos quatro bairros em estudo, nos anos 2000, 2002 e 2004, observamos que a maior taxa é encontrada em Bonsucesso, seguida de Ramos, Benfica e Manguinhos. Esta evidência é válida para todas as causas de óbito (cardiovascular, respiratória e outras causas de óbito) (tabela 2). Quanto à mortalidade cardiovascular, destaca-se o declínio acentuado em Bonsucesso de 13,11/1.000 hab. para 7,95/1.000 hab., e o aumento em Manguinhos de 0,99/1.000 hab. para 1,58/1.000 hab. Ao observamos a mortalidade por causa respiratória, verificamos que embora o bairro de Bonsucesso possua as maiores taxas, estas se encontram em declínio (4,40/1.000 hab. – 4,08/1.000 hab), o oposto é encontrado no bairro de Benfica, onde as taxas apresentam aumento (0,94/1.000 hab. – 1,26/1.000 hab).

Tabela 2

Taxas de mortalidade, por 1.000 habitantes, por causa base cardiovascular, respiratória e outras causas, nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Ramos e Manguinhos, Rio de Janeiro/ RJ – Anos 2000, 2002 e 2004.

Causas de óbitos	Benfica			Bonsucesso			Ramos			Manguinhos		
	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2000	2002	2004
Cardiovascular	3,36	3,76	3,54	13,11	8,17	7,95	4,76	4,80	4,26	0,99	1,32	1,58
Respiratória	0,94	0,92	1,26	4,40	3,30	4,08	1,65	1,69	1,56	0,61	0,39	0,50
Outras causas	8,99	7,53	8,46	34,71	25,52	26,36	10,09	11,86	12,22	4,44	4,67	4,65
Total	13,30	12,23	13,27	47,05	37,53	38,40	16,52	18,36	15,81	6,05	6,30	6,59
População	19.017	19.373	19.729	19.298	19.076	18.854	37.537	38.933	40.329	31.059	32.514	33.969

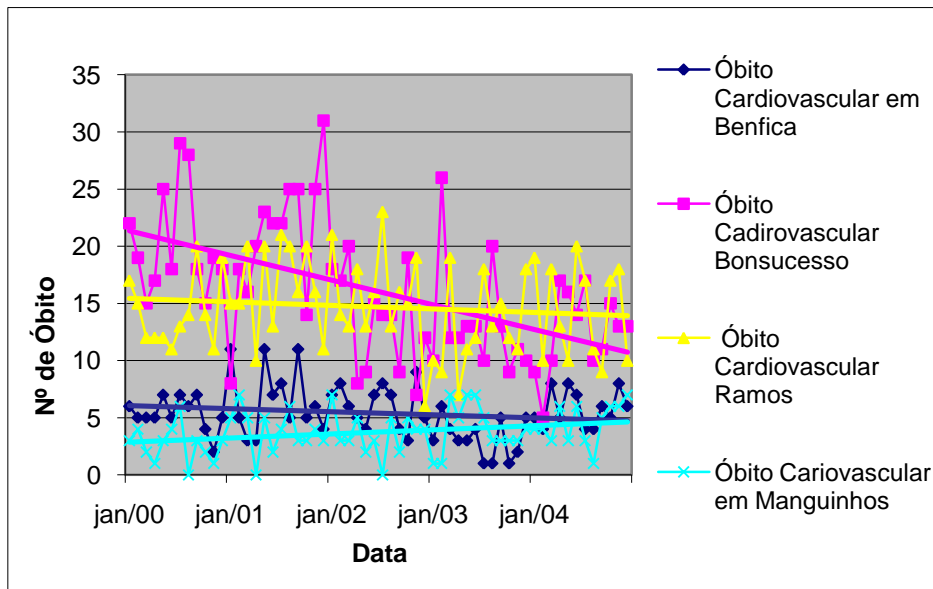
Fonte: População ano 2000 do IBGE. População 2002 da Secretaria de Estado de Segurança Pública do Rio de Janeiro. População 2004: Estimativa a partir de dados da SSP/RJ e IBGE.

A partir dos dados de óbitos por doenças cardiovascular e respiratória, no período de 2000 a 2004, obtidos diariamente pela Secretaria Municipal de Saúde, foram modeladas as tendências para os bairros de Benfica, Manguinhos, Bonsucesso e Ramos.

Em relação à tendência dos óbitos por doença cardiovascular, observou-se no bairro de Manguinhos, ligeiro aumento, e nos bairros de Benfica e Ramos, ligeiro declínio com tendência ao equilíbrio. Já em Bonsucesso percebe-se uma queda acentuada por essa causa (gráfico 1).

Gráfico 1

Tendência de óbitos por doenças cardiovasculares nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Manguinhos e Ramos do município de Rio de Janeiro/ RJ – 2000 a 2004

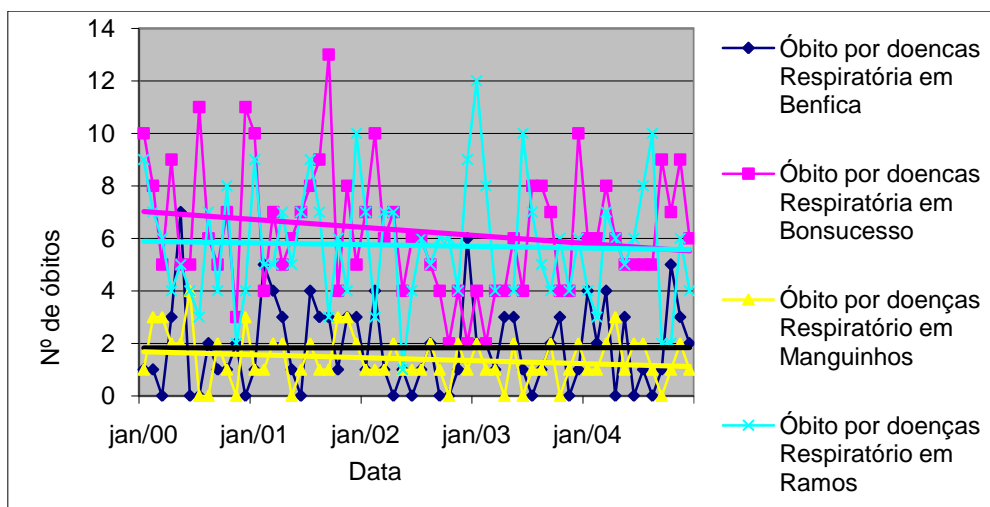


Fonte: SMS/RJ

Quanto aos óbitos por doenças respiratórias, a tendência de equilíbrio é observada em Benfica. Nos bairros de Ramos e Manguinhos um suave declínio é observado, porém, em Bonsucesso é que se percebe a tendência mais acentuada de declínio por essa causa de óbito (gráfico 2).

Gráfico 2

Tendência de óbitos por doenças respiratórias nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Manguinhos e Ramos do município de Rio de Janeiro/ RJ - 2000 a 2004



Fonte: SMS/RJ

As médias mensais de óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias dos bairros de Benfica e de Bonsucesso e as médias mensais de PTS, de suas respectivas estações não automatizadas, foram analisadas de acordo com os padrões da IQA-EPA (tabela 3 e 4, respectivamente).

Tabela 3

Adequação das médias mensais de PTS e óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias à tabela de IQA-EPA – Bairro de Benfica, Rio de Janeiro/RJ, 2002-2004

Óbitos	Padrões IQA-EPA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Total
	0-50 Bom	51-100 Moderado	101-150 Sensível	151-200 Inadequado	201-300 Ruim	Sem dados de PTS	
CV	0	114	51	0	0	16	181
Resp	0	45	7	0	0	9	61
Total	0	159	58	0	0	25	242
Nº medidas de médias mensais de PTS	0	23	10	0	0	3	36

Fonte: Dados do PTS da Feema e dados de óbitos da SMS/RJ.

Tabela 4

Adequação das médias mensais de PTS e óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias à tabela de IQA-EPA - Bairro de Bonsucesso, Rio de Janeiro/RJ, 2000-2004

Óbitos	Padrões IQA-EPA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Total
	0-50 Bom	51-100 Moderado	101-150 Sensível	151-200 Inadequado	201-300 Ruim	Sem dados de PTS	
CV	0	19	306	359	28	251	963
Resp	0	8	150	118	6	94	376
Total	0	27	456	477	34	345	1339
Nº medidas de médias mensais de PTS	0	2	24	18	1	15	60

Fonte: Dados do PTS da Feema e dados de óbitos da SMS/RJ.

A tabela 5 indica a percentagem de distribuição do MP ou PTS de acordo com a tabela IQA-EPA nos bairros de Benfica e Bonsucesso. O bairro de Bonsucesso apresentou a maior ocorrência de medidas referentes aos valores das faixas do Sensível e Inadequado.

Tabela 5

Percentagem de MP ou PTS de acordo com o Índice de Qualidade do Ar diários (IQA-EPA) nos bairros de Bonsucesso, Benfica - Rio de Janeiro/RJ

Bairro/Período	Índice de Qualidade do Ar (IQA-EPA)				Total
	51-100 Moderado	101-150 Sensível	151-200 Inadequado	201-300 Ruim	
Bonsucesso 2000-2004	3,5%	49,9%	43,7%	2,9%	100,0%
Benfica 2002-2004	75,0%	25,0%	-	-	100,0%
Total	17,1%	47,0%	33,8%	2,2%	100,0%

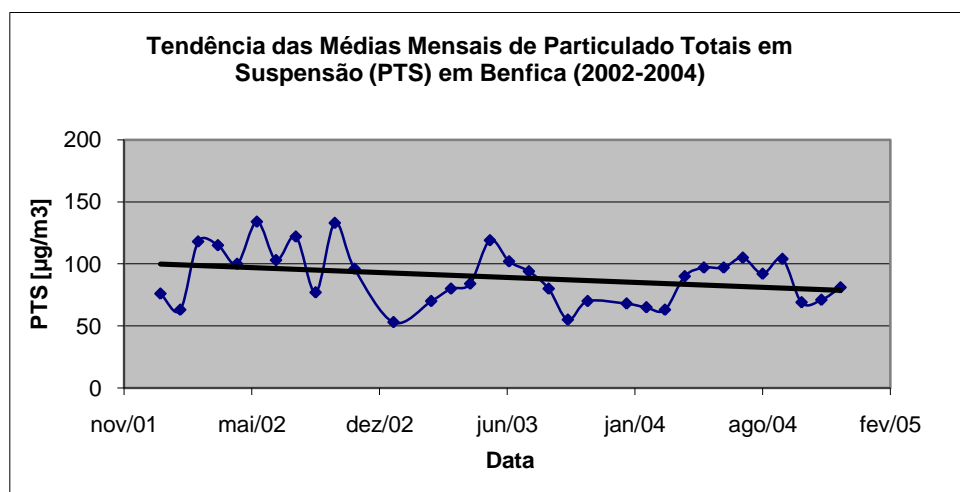
Fonte: Dados do PTS da Feema.

Observou-se ainda uma diferença estatisticamente significativa entre taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias nas diversas faixas de índice de qualidade do ar (IQA-EPA), utilizando o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$).

Em relação às tendências das médias mensais de MP ou PTS, provenientes das estações não automatizadas de Benfica, no período de 2002 a 2004, foi observado acentuado declínio, conforme indicado no gráfico 3. Ao analisarmos os dados diários de MP ou PTS, estes se encontram em sua maioria, nas faixas de 50 – 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando um quadro crônico de poluição do ar para MP.

Gráfico 3

Tendência das médias mensais de Particulado Totais em Suspensão (PTS)
Benfica - Rio de Janeiro / RJ (2002 - 2004)



Fonte: FEEMA

No bairro de Bonsucesso, no período de 2000 a 2004, as médias mensais de MP ou PTS indicam tendência ao declínio (gráfico 4), contudo, ao observarmos dados diários de MP ou PTS, esses se encontram acima do que é permitido pela Resolução Conama N° 03/1990.

Em relação às tendências das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar, as medições indicaram declínio ao longo do período analisado, sendo mais acentuado em relação a esta última (gráficos 5 e 6).

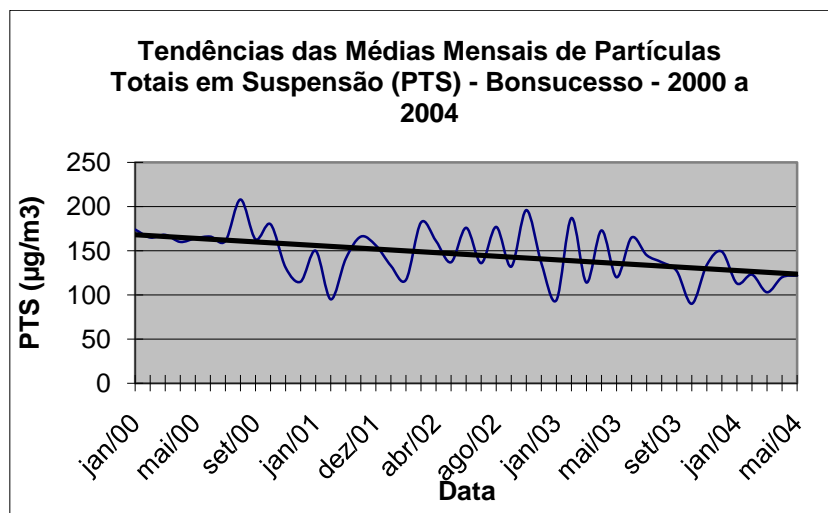
As medidas realizadas na estação de Bonsucesso, no período de 2000 a 2004, apresentaram concentrações de poluentes - PTS ou MP que ultrapassaram a concentração média anual de 80 (oitenta) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de acordo com os Padrões Primários de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA N° 03/90). Na estação de Benfica esse valor foi ultrapassado somente no ano de 2002 (tabela 6).

A análise de correlação entre o MP ou PTS e a umidade relativa do ar indicou uma correlação direta baixa de 0,143, e a correlação do PTS ou MP com a temperatura teve uma correlação inversa baixa no valor de -0,179.

Na tabela 7 se encontram os resultados da Correlação de Pearson entre os óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias e o MP ou PTS, umidade e temperatura.

Gráfico 4

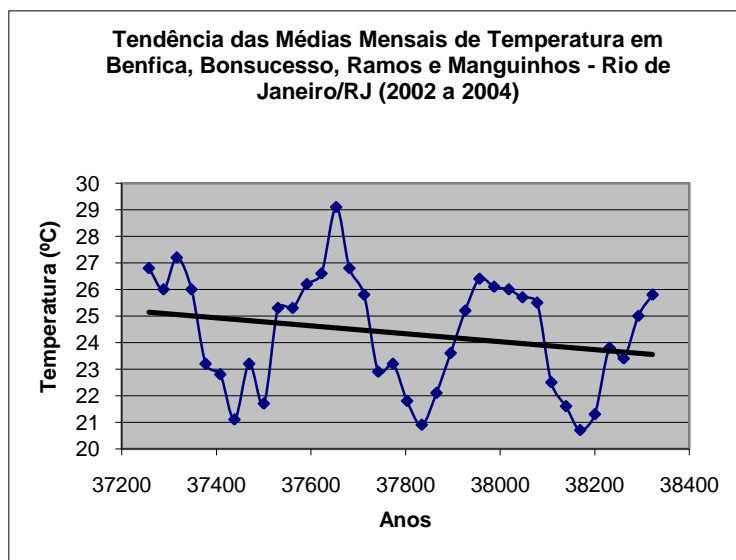
Tendência das médias mensais de Particulado Totais em Suspensão (PTS) Benfica - Rio de Janeiro / RJ (2000 a 2004)



Fonte: FEEMA

Gráfico 5

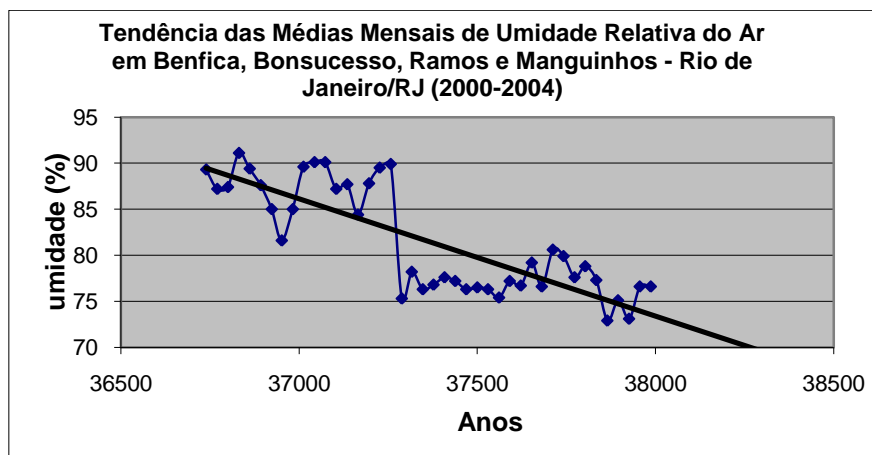
Tendência das médias mensais de temperatura em Benfica, Bonsucesso, Ramos e Manginhos Rio de Janeiro / RJ (2002 a 2004)



Fonte: FEEMA

Gráfico 6

Tendência das médias mensais de umidade relativa do ar em Benfica, Bonsucesso, Ramos e Manguinhos Rio de Janeiro / RJ (2000 a 2004)



Fonte: FEEMA

Tabela 6

Médias Geométricas Anuais (MGA) de MP ou PTS medidas pelas estações da FEEMA em Benfica (2002-2004) e Bonsucesso - Rio de Janeiro / RJ (2000-2004)

Anos	Benfica PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bonsucesso PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2000	-	151,82
2001	-	143,37 (set a dez)
2002	96,34	143,01 (jan a nov)
2003	78,97	126,49
2004	80,12	107,09 (jan a maio)

Fonte: FEEMA

Tabela 7

Correlação (de Pearson) entre os óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias e os parâmetros ambientais de umidade, temperatura e PTS, nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Manguinhos e Ramos - Rio de Janeiro / RJ (2000 - 2004)

Parâmetro Ambiental	Doenças Cardiovasculares		Doenças Respiratórias	
	r	P	r	P
PTS	0,480**	0,0001	0,455**	0,0001
Umidade	0,24	0,075	-0,067**	0,0001
Temperatura	0,007	0,622	-0,019	0,155

** : Correlação significativa a um nível de 0,01.

DISCUSSÃO

Este estudo fornece informação adicional a pesquisas prévias sobre admissões hospitalares e várias séries temporais sobre poluição do ar e mortalidade em países temperados (Schwartz J, 1991). A mortalidade é o último e mais importante desfecho em saúde e o seu estudo em países com clima tropical com condições ambientais diversas às dos países temperados pode acrescentar dados sobre os efeitos da poluição na saúde humana.

A cidade do Rio de Janeiro, com 5.857.904 habitantes, no ano 2000, e, uma área de 1.224,56 Km² (IBGE, 2000), concentra nos bairros de Benfica, Bonsucesso, Ramos e Manguinhos uma população de 106.911 habitantes (tabela 8). Estes bairros se destacam por fazerem parte de um corredor de acesso às principais vias da cidade, o que atraiu uma grande concentração de indústrias e comércio na região.

Tabela 8

Características dos Bairros de Benfica, Bonsucesso, Ramos, Manguinhos - Rio de Janeiro / RJ

Bairro	Área (ha) 2003	População (Hab) 2000	IDH 2000	Número de Indústrias 2000	Idade média de óbito (em anos) 2000-2004
Benfica	173,64	19.017	0,826	127	55,6 ± 25,3
Bonsucesso	219,97	19.298	0,861	186	56,8 ± 24,2
Manguinhos	261,84	31.059	0,726	28	50,6 ± 24,9
Ramos	279,35	37.537	0,857	220	60,9 ± 23,1

Fonte: (Fundação CIDE 2004; Rio em Foco, 2004).

No Brasil, a maioria dos órgãos ambientais utiliza o Índice de Qualidade do Ar (IQA), desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA). A Secretaria Estadual do Rio de Janeiro, via FEEMA, utiliza-se deste índice, como parâmetro para subsidiar as medidas material particulado unificando a informação sobre a qualidade do ar. Desta forma, a leitura da informação torna-se prática e direta em qualquer idioma (SMAC, 2002, p. 11). No caso do MP ou PTS, os limites de média geométrica anual se referem aos níveis desejados e máximos toleráveis de poluentes atmosféricos.

Binková B. et al, 2005 observou que grande parte da morbidade e mortalidade relacionada à poluição do ar ocorre via interação com a infecção do aparelho respiratório, sendo muito freqüente em crianças.

Vários estudos estatísticos têm associado o MP ou PTS com a quantidade de internamento hospitalar e óbitos. Entretanto, os estudos de laboratórios falham, em geral, na identificação dos efeitos do MP que possam explicar esses fatos (ATS, 1996; Vedal, 1997). Zanobetti A. et. al, em 2005, observaram que apesar da associação de MP com os eventos cardiovasculares serem claros, o mecanismo por trás dessa associação ainda não se encontra completamente compreendido, devido em parte à influência de outros fatores intervenientes no processo, devendo-se examinar esta associação com pontos específicos.

Foi verificada, neste trabalho, uma correlação positiva do MP ou PTS com os óbitos por doenças cardiovasculares ($r = 0,480$) e respiratórias ($r = 0,455$) nos locais com maior concentração de material particulado (tabela 7). Além disso, a distribuição de óbitos acompanha as faixas de maior concentração de MP ou PTS segundo a tabela IQA-EPA. O bairro de Bonsucesso (tabela 4) se encontra numa faixa de IQA-EPA acima da observada em Benfica (tabela 3) e, conseqüentemente, com a maior relação

de óbitos por causa cardiovascular e número de medidas de médias mensais de PM ou PTS que é de aproximadamente 20 óbitos /medida. As baixas taxas de mortalidade observadas no bairro de Manginhos podem ser ocasionadas por um sub-registro de óbitos, devido ao fato das pessoas não informarem corretamente o endereço de residência.

Analisando-se os fatores relacionados com a maior taxa de mortalidade cardiovascular e respiratória encontrada no bairro de Bonsucesso quando comparada ao bairro de Benfica, pode-se sugerir, que no primeiro, ocorre uma significativa participação da exposição crônica a níveis mais elevados de poluição por MP ou PTS (tabelas 2 a 6). Alguns outros fatores que sabidamente influenciam nessas taxas de mortalidade, como a idade, renda, escolaridade, esperança de vida ao nascer, não explicam as diferenças encontradas neste estudo; visto que não apresentaram valores desfavoráveis no bairro de Bonsucesso, como pode ser observado na tabela 8. Muito provavelmente, outras variáveis não avaliadas neste estudo, como tabagismo, obesidade, hipertensão, entre outros, têm impacto na mortalidade cardiovascular e respiratória em Bonsucesso, não sendo os índices de qualidade do ar inadequados os únicos responsáveis por estas diferenças.

Segundo Diaz-Sanchez D (2000) os níveis de MP ou PTS continuam ultrapassando os padrões em muitas áreas urbanas na América Latina. Uma quantidade bem significativa de pessoas expostas e esses valores vêm aumentando, continuamente, devido à migração das áreas rurais para as áreas urbanas, com altas taxas de fertilidade. O mesmo fenômeno pode ter se dado na cidade do Rio de Janeiro, especificamente nos quatro bairros estudados.

Os moradores geralmente têm pouca informação sobre o volume e tipo de poluição que está sendo emitida e sobre o que fazer para reduzir as emissões ou como podem trabalhar com outras comunidades para alcançar padrões de poluição mais restritivos e incentivar tecnologias alternativas menos poluentes.

Estimativas recentes sobre mortalidade indicam que, numa escala global, 4% a 8% das mortes prematuras se devem à exposição de material particulado no meio ambiente e em ambientes internos. A poluição também é responsável por cerca de 20% a 30% das doenças respiratórias, especialmente em locais fechados (OPAS, 2003).

Yassi et al (2001, p. 184), observaram que as partículas acima de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podem ser fonte de irritação para as mucosas dos olhos, nariz e garganta e que as partículas inaláveis entre 10 e $2,5 \mu\text{m}$ (PM_{10}), entram nas vias aéreas e podem se depositar nos alvéolos, estruturas mais profundas dos pulmões, causando muitas vezes um significativo impacto à saúde. Nesse ínterim, pode-se aumentar a frequência e a severidade de asma e bronquite da população exposta e, no caso daquelas pessoas ditas mais suscetíveis (cuja saúde já está comprometida por doenças respiratórias e cardiovasculares) esse fato pode estar associado a mortes prematuras.

Existem fortes evidências para se acreditar que $\text{MP}_{2,5}$ são mais perigosos que os MP ou PTS, em termos de acarretar mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. Entretanto, isso não implica que a fração de MP ou PTS não o acarrete. A relação entre o grau de exposição ao MP ou PTS e seus efeitos na saúde é clara, entretanto não se sabe sua magnitude (Dockery DW et al., 1993; Pope CA et al., 1995). No estudo, o fato de as medidas de MP ou PTS não serem realizadas diariamente pode ter prejudicado as análises dos dados.

Ao verificarmos as mudanças climáticas das áreas estudadas, foi observado suave declínio de temperatura (gráfico 5) e acentuado declínio de umidade relativa do ar (gráfico 6). A quantidade constante de PTS ou MP observado, em Benfica e

Bonsucesso, parece se assemelhar com os fenômenos físicos de refração e reflexão. Neste caso uma parte da radiação entraria na atmosfera (refração), outra não conseguiria penetrar (reflexão) e dentre aquelas que entram poucas conseguiriam sair; esse fenômeno é conhecido como “Greenhouse”.

As regiões metropolitanas são as que sofrem as principais conseqüências da poluição do ar, com o aumento contínuo de MP ou PTS. Observa-se que em muitas áreas urbanas, as médias geométricas anuais de PTS excedem a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a exemplo do bairro de Bonsucesso, analisado neste estudo (tabela 6).

A Organização Mundial de Saúde recomenda valores de PTS entre 60 a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OPAS, 2003). Na cidade do Rio de Janeiro os critérios e padrões que identificam a qualidade do ar ambiental são definidos pela legislação federal através da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução Conama nº 3/1990, artigo 3 incisos I e III), que estabelece para os padrões primários diários as concentrações de poluentes que, ultrapassarem $80 \mu\text{g}$, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população. A tabela 9 exibe os limites de Partículas Totais em Suspensão (PTS) estipulados pela Resolução em vigor.

Tabela 9
limites de concentração de Particulados Total em Suspensão (PTS)

Parâmetro	Limites
PTS	Média geométrica anual: 60 (padrão secundário) 80) – $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (padrão primário) de ar. A concentração média de 24 horas: 150 (padrão secundário) – $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (padrão primário) de ar.

Fonte: Resolução CONAMA n.3/1990

Devido à urbanização e ao número crescente de veículos nas estradas e indústrias, existe uma grande chance da qualidade do ar nas metrópoles piorar, colocando mais pessoas em risco. Os altos níveis de poluição são particularmente ruins para as comunidades de baixa renda, que geralmente estão localizadas próximas a vias muito movimentadas, grandes indústrias, e até mesmo refinarias de petróleo.

Um dado importante de ser analisado foi a tendência de declínio das taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares entre os anos 2000 e 2004 em Bonsucesso (de 13,11 para 7,95 óbitos /1000 hab), acompanhando um declínio da tendência das médias de PTS registrados no bairro no mesmo período (de aproximadamente $161,1$ para $116,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este dado não estabelece uma relação causal, mas sugere a participação da exposição crônica a níveis elevados de MP ou PTS em um desfecho multifatorial que é a morte por doenças cardiovasculares.

Estudos realizados sugerem que a expectativa de vida diminui após um longo período de exposição ao MP ou PTS. Estas observações foram realizadas por análise de série temporal que indicou elevado índice de mortalidade devido a doenças cardiovasculares e pulmonares crônicas (Zmirou D. et al 1999).

A poluição atmosférica em Benfica, Ramos, Manginhos e Bonsucesso é uma séria ameaça à saúde pública, gerando implicações para saúde da população local e do ambiente físico. O monitoramento dos particulados naquela região pode ser útil para alertar sobre os riscos de exposição à poluição.

Conclusão

Os resultados deste trabalho indicam:

Existência de uma correlação positiva entre os níveis de MP ou PTS e os óbitos por doenças respiratórias e cardiovasculares ($r = 0,455$ e $r = 0,480$, respectivamente). A umidade relativa do ar mostrou uma correlação negativa baixa com os óbitos por doenças respiratórias ($r = - 0,067$), e não foi significativa com os óbitos por doenças cardiovasculares.

O comportamento da curva de tendência dos óbitos por doença cardiovascular teve ligeiro aumento no bairro de Manguinhos, seguido de pequeno declínio com tendência ao equilíbrio nos bairros de Benfica e Ramos, e queda acentuada no bairro de Bonsucesso (gráfico 1), enquanto a tendência dos óbitos por doença respiratória no bairro de Benfica apresentou equilíbrio mais acentuado, seguido de tendência a um declínio suave a acentuado nos bairros de Ramos e Manguinhos e Bonsucesso (gráfico 2);

c) As Médias Geométricas Anuais (MGA) de MP ou PTS (tabela 6) medidas nas estações da FEEMA em Benfica (2002-2004) e Bonsucesso (2000-2004) ultrapassaram os padrões determinados na Resolução do Conama 03/90;

d) A tabela 10 sintetiza os resultados obtidos para o coeficiente de correlação de Pearson entre MP ou PTS e a umidade relativa do ar, e o PTS com a temperatura:

e) A curva de tendência da temperatura e umidade relativa do ar apresentou declínio.

Tabela 10

Valores obtidos do Coeficiente de Correlação de Pearson

Coeficiente de Correlação de Pearson	
	PTS/MP
Umidade	0,143
Temperatura	- 0,179

Conforme observado anteriormente, as concentrações de MP ou PTS se encontram muito elevadas durante todo o período trabalhado, podendo ser um dos fatores relevantes da causa de óbito por doença cardiovascular e respiratória

Os padrões de qualidade do ar (IQA-EPA) observados foram melhores em Benfica do que em Bonsucesso. Isto provavelmente se deve ao fato do bairro de Bonsucesso estar em uma situação mais crítica, devido a sua geomorfologia, enquanto o bairro de Benfica, por ser mais plano e possibilitar uma maior dispersão do ar, apresentou medidas de MP ou PTS na faixa do moderado (tabelas 3 e 4).

Ao verificarmos as mudanças climáticas das áreas estudadas, foi observado suave declínio da temperatura e acentuado declínio da umidade relativa do ar.

Conclui-se, portanto, que apesar das evidências observadas quanto ao MP ou PTS nas áreas em estudo, falta ainda um aperfeiçoamento na qualidade dos dados provenientes tanto da saúde como do meio ambiente, bem como, uma melhor compreensão do processo de adoecimento por doenças cardiovasculares e respiratórias e sua relação com a poluição do ar. Somente com metodologias criativas e com equipes multidisciplinares será possível essa aproximação.

Recomendações de pesquisas futuras

- Produção de informações diárias referentes ao monitoramento de MP ou PTS e de outros gases, visando subsidiar o aprimoramento de seu controle, na gestão de políticas públicas da saúde e do meio ambiente.
- Análise periódica da composição química e biológica do MP ou PTS.
- Realização de medidas diárias concomitantes de temperatura, umidade, direção do vento com o PTS e outros gases.
- Necessidade de maior conhecimento da associação entre doenças e os efeitos da poluição crônica do ar.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA), Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro (SMS/RJ) e Instituto de Controle do Espaço Aéreo do Comando da Aeronáutica/Ministério da Defesa, pelos dados fornecidos para a elaboração desse trabalho.

REFERÊNCIAS

American Thoracic Society. Health Effects of Outdoor Air Pollution, Part I. Am J. Respir Crit Care Med; 1996, 153:3-50.

Binková B, Bobak M, Chatterjee A, Chauhan A. J, Dejmek J, Dockery D.W, Everad M, Forastiere F, Fililand F, Jolgate S, Johnston S, Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B, Maynard R, Raaschou-Nielsen O, Samet J. Schneider J, Skerrett P. J, Sram R. J, Walters Dafydd, Weiland S. K, Winneke G. The effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence. WHO Regional Office for Europe, 2005.

Brasil, Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 003 de 28 de junho de 1990, estabelece os padrões de qualidade do ar, in Diário Oficial da União, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

Diaz-Sanchez D, Tsien A, Casillas A, Dotson AR, Saxon A. Enhanced nasal cytokine production in human beings after in vivo challenge with diesel exhaust particles. J. Allergy Clin. Immunol; 1996, 98:114-123.

Dockery DW, Pope A, Xu S, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. N. Engl J. Med; 1993; 329:1753-9.

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA. Relatório Anual da Qualidade do Ar, 2003, Departamento de Planejamento Ambiental, Divisão da Qualidade do Ar. Rio de Janeiro, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Censo 2000.

Organização Pan-americana da Saúde - OPAS. Clima e Saúde, 2003.

PNUD, IPEA, FJP/MG. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em <http://www.pnud.org.br/atlas>. Acesso em 25/05/2006.

Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. Am J. Respir Crit. Care Med ;1995, 151:669-74

Rio em Foco, Secretaria Municipal do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <http://www.armazemdedados.rio.rj.br/arquivos>. Acesso em 13/11/2005.

SMAC, Coleção Estudos da Cidade do Rio de Janeiro. Qualidade Ambiental. Disponível em <http://www.armazemdedados.rio.rj.br/arquivos>. Acesso em 15/11/2005.

Vedal S. Ambient particles and health: Lines that divide. J. Air Waste Manage Assoc; 1997, 47:551-81.

Wilson W. E, Mage D.T, Grant L. D. Estimating separately personal; Exposure to ambient and nonambient particulate matter for epidemiology and risk assessment: why and how. Journal of Air and Waste Management Association; 2000, 1167-83.

Yassi et al. Basic Environmental Health. Oxford University Press; 2001.

Zanobetti Antonella e Schwartz Joel, Environmental Health Perspective; 2005, vol 113, n º 8.

Zmirou D., Deloraine A., Balducci F., Boudet C., Dechenaux J., Health effects costs of particulate air pollution. J. Occup Environ Med; 1999; 41:847-56.