

# Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997

## Hospital admissions and mortality: association with air pollution in São Paulo, Brazil, 1993 to 1997

Clarice Freitas<sup>a</sup>, Stephen A Bremner<sup>b</sup>, Nelson Gouveia<sup>c</sup>, Luiz A A Pereira<sup>d</sup> e Paulo H N Saldiva<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Centro de Vigilância Epidemiológica. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. <sup>b</sup>Department of Public Health Sciences. St. George Hospital Medical School. London, England. <sup>c</sup>Departamento de Medicina Preventiva. Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo [FMUSP]. São Paulo, SP, Brasil. <sup>d</sup>Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental. FMUSP. São Paulo, SP, Brasil

### Descritores

Hospitalização. Idoso. Poluição do ar. Doenças respiratórias. Saúde infantil (saúde pública). Saúde do idoso. Morbidade. Mortalidade. Vigilância.

### Resumo

#### Objetivo

Investigar efeitos de curto prazo da poluição atmosférica na morbidade respiratória de menores de 15 anos e na mortalidade de idosos.

#### Métodos

O estudo foi realizado na cidade de São Paulo, Brasil. Foram analisadas as contagens diárias de admissões hospitalares, de menores de 15 anos e de mortes de idosos (>64 anos) no período de 1993 a 1997, em relação às variações diárias de poluentes atmosféricos (PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>). Foi utilizada para análise a regressão de Poisson em modelos aditivos generalizados. Os modelos foram ajustados para efeitos da tendência temporal, sazonalidade, dias da semana, fatores meteorológicos e autocorrelação.

#### Resultados

Variações do 10° ao 90° percentil dos poluentes foi significativamente associada com o aumento de admissões por doenças respiratórias em menores de 15 anos para PM<sub>10</sub> (%RR=10,0), CO (%RR=6,1) e O<sub>3</sub> (%RR=2,5). Associação similar foi encontrada para mortalidade em idosos e PM<sub>10</sub> (%RR=8,1) e CO (%RR=7,9).

#### Conclusões

Os resultados encontrados são coerentes com os estudos que apontam associação entre variações de curto prazo dos poluentes atmosféricos e incremento na morbidade e mortalidade nos grandes centros urbanos.

### Keywords

Hospitalization. Aged. Air pollution. Respiratory tract diseases. Child health (public health). Aging health. Morbidity. Mortality. Surveillance.

### Abstract

#### Objective

To investigate short-term effects of air pollution on respiratory morbidity of children under 15 and elderly mortality.

#### Methods

The study was carried out in the city of São Paulo, Brazil. Daily hospital admissions due to respiratory conditions in children under 15 and mortality of adults over 64 years of age were obtained for the period ranging from 1993 to 1997. Daily levels of PM<sub>10</sub>, CO and O<sub>3</sub> were collected for the same period. Poisson regression analysis was used in generalized additive models, which were adjusted for temporal trends,

**Correspondência para/ Correspondence to:**  
Clarice Freitas  
Rua Fradique Coutinho, 587/ 23-C Pinheiros  
05416-010 São Paulo, SP, Brasil  
E-mail: umbelin@uol.com.br

Recebido em 12/8/2002. Reapresentado em 23/6/2004. Aprovado em 8/7/2004.

*seasonality, day of the week, temperature and relative humidity as well as serial autocorrelation.*

#### **Results**

*A 10<sup>th</sup> to 90<sup>th</sup> percentile variation of pollutants was significantly associated with respiratory admissions of children and PM10 (%RR=10.0), CO (%RR=6.1), and O<sub>3</sub> (%RR=2.5). Similar results were observed for mortality in elderly people and PM10 (%RR=8.1) and CO (%RR=7.9).*

#### **Conclusions**

*The study results are consistent with other studies showing an association of short-term variations of air pollution and increase of morbidity and mortality in large urban centers.*

## INTRODUÇÃO

A relação entre danos à saúde e poluição atmosférica foi estabelecida a partir de episódios agudos de contaminação do ar. São bastante conhecidos na literatura o excesso de mortes ocorridos em Londres nos anos de 1948 e 1952,<sup>15,16</sup> onde foram descritos incrementos de aproximadamente 300 e 4.000 mortes, respectivamente. Outros desastres decorrentes da poluição do ar ocorreram anteriormente no Vale de Meuse, Bélgica<sup>6</sup> e Donora nos Estados Unidos.<sup>1</sup> A partir desses episódios, medidas de controle foram tomadas em diversos países, tendo como resultado a redução significativa dos níveis de contaminantes atmosféricos.<sup>1</sup> Na década de 70 acreditava-se que os limites estabelecidos para os poluentes eram seguros.

A disseminação do uso do computador, particularmente a partir da década de 80, permitindo a aplicação de técnicas estatísticas mais sofisticadas, contribuiu para a realização de estudos da relação entre poluição do ar e saúde em diversos centros urbanos do mundo. Esses estudos vêm mostrando que mesmo em baixas concentrações os poluentes atmosféricos estão associados com efeitos na saúde.<sup>22,23</sup>

Na cidade de São Paulo, Brasil, estudos têm mostrado que os níveis de poluição são danosos à saúde da população. Foram detectadas associações entre níveis diários de poluentes atmosféricos e mortes em idosos;<sup>1,10,21</sup> internações por doenças respiratórias na infância;<sup>3,9</sup> internações e mortes por doenças cardiovasculares<sup>11,14</sup> e também mortes fetais tardias.<sup>19</sup> Com base nesses estudos, a Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo propôs o estabelecimento de vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica. Aliado a isso, o órgão responsável pelo controle da qualidade ambiental, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb) vem adotando medidas de controle para a melhoria da qualidade do ar. Abordagem semelhante de sistema de vigilância foi desenvolvida na França.<sup>20</sup>

O presente estudo teve por objetivo investigar a relação entre poluentes e internações por doenças respiratórias na infância e mortes de idosos por todas as causas, exceto as causas externas. Utilizou-se um período de tempo mais longo do que os estudos anteriormente realizados na cidade de São Paulo. Por exemplo, na aferição do impacto de medidas de controle dos níveis de poluição, foi calculado o número de internações e mortes evitadas no ano de 1999 quando se reduziu os níveis de material particulado. As análises efetuadas serviram como base para o estabelecimento de vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica. Trabalhou-se com os grupos populacionais mais sensíveis aos efeitos dos poluentes, identificados a partir de relatos da literatura.

## MÉTODOS

Foram obtidos do Programa de Aprimoramento de Informações de Mortalidade (PROAIM) dados diários de mortalidade de pessoas com mais de 65 anos e residentes no município de São Paulo, no período de janeiro de 1993 a dezembro de 1997. Apenas mortes por causas naturais foram consideradas.

Em torno de 40% da população da cidade de São Paulo é atendida pelo Sistema Único de Saúde (SUS).<sup>8,16</sup> Os dados diários de internações do período de janeiro de 1993 a dezembro de 1997 foram obtidos da base de dados de formulários de autorização de internação hospitalar (AIH) do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS). Foram analisadas as internações por doenças respiratórias (CID-9 460-519) de menores de 15 anos, na medida em que o Sistema Público de Saúde considera como crianças as pessoas com até 14 anos de idade. Durante todo o período a codificação de diagnóstico utilizada pelo SIH-SUS foi a Nona Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-9).

As mensurações diárias de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas do Instituto de Astronomia e

Geofísica da Universidade de São Paulo (IAG). Da Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), de 1993 a 1997, foram obtidas medidas diárias de monóxido de carbono (CO), mensurado por infravermelho não dispersivo, material particulado inalável (PM<sub>10</sub>), mensurado por separação inercial em filtro gravimétrico e ozônio (O<sub>3</sub>), mensurado por quimiluminescência. Os níveis de SO<sub>2</sub> no período encontravam-se sempre bem abaixo dos limites estabelecidos no Brasil – média geométrica anual de 80 µg/m<sup>3</sup> e média de 24h de 240 µg/m<sup>3</sup> –, e não foram incluídos na análise.

Existem 13 estações de monitoramento da qualidade do ar distribuídas na cidade de São Paulo. No entanto, nem todas medem todos os poluentes. Já foi encontrada alta correlação entre os níveis dos diversos contaminantes do ar em todas as estações de monitoramento de São Paulo, em estudo realizado por Braga.<sup>3</sup> Considerando que os níveis de poluentes são correlacionados, utilizou-se a média diária de cada poluente para todas as estações a partir da média de 24h do PM<sub>10</sub> (13 estações); maior média móvel de oito horas para o CO (seis estações) e maior média horária para o O<sub>3</sub> (quatro estações). Considerou-se que a população está exposta aos mesmos níveis de poluentes, seguindo-se a tendência mundial dos estudos de séries temporais.

Durante o período estudado ocorreram problemas em algumas estações de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb o que resultou na ausência de dados de poluentes em vários dias, sendo excluídos da análise: 81 dias para o PM<sub>10</sub>; 55 dias para o CO e 304 dias para o ozônio.

A associação entre poluentes e danos à saúde foi investigada usando a abordagem de quasiverossimilhança em modelos aditivos generalizados, ajustando os erros-padrão dos coeficientes para sobredispersão.<sup>12</sup>

Para o controle da sazonalidade foram incluídas funções não paramétricas para modelar potenciais relações não lineares da mortalidade diária de idosos e admissões hospitalares de menores de 15 anos no tempo.

No controle da temperatura e umidade foram testados seus níveis mínimos, médios e máximos, com estruturas de defasagem (lag) e médias móveis de até dois dias. O melhor controle da temperatura para internações por doenças respiratórias foi obtido com a função amaciada não paramétrica desta variável com defasagem de um dia, considerando seu nível médio. Obteve-se bom controle da umidade com uma função amaciada dos seus níveis mínimos sem defasagem. Na construção do modelo de análise de mortes em idosos, para o controle da temperatura, foram utiliza-

das três categorias de temperatura máxima (níveis mínimos, médios e máximos no dia), e para umidade uma função amaciada dos seus níveis mínimos. Foram incluídas variáveis “dummy” relativas aos dias da semana em todos os modelos.

A existência de greves no setor de público de assistência médica, a dificuldade de transporte e a escassez de leitos hospitalares têm impacto no número de internações como um todo. Como variável de controle para essas ocorrências foi introduzido, quando se analisou as internações por doenças respiratórias, o número diário de internações por doenças não-respiratórias. A escolha da melhor estratégia na construção dos modelos foi baseada na observação gráfica dos resíduos, na obtenção do menor critério de informação de Akaike (AIC) e do controle da autocorrelação. Para o controle da autocorrelação remanescente foram introduzidos termos autorregressivos em ambos os modelos.

Após a construção dos modelos, os poluentes foram introduzidos individualmente, com seus níveis diários e usando estruturas de defasagem por meio de médias móveis dos quatro dias anteriores.

Os resultados de incremento para internações e mortes são apresentados como aumento percentual, que são derivados do risco relativo (RR) usando a seguinte fórmula:

$$\text{Aumento \%} = e^{(\beta_{\text{poluente}} \times \Delta_{\text{poluente}} - 1)} \times 100$$

onde  $\beta$  é o coeficiente de cada poluente obtido nos modelos de regressão e  $\Delta_{\text{poluente}}$  é o nível de cada um dos poluentes do 10<sup>o</sup> ao 90<sup>o</sup> percentil.

O número evitado de mortes em idosos e internações por doenças respiratórias em menores de 15 anos no ano de 1999 foi estimado a partir da equação proposta por Ostro & Chestnut.<sup>18</sup>

## RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as médias diárias das variáveis de estudo durante o período de 1993 a 1997. Por contar com uma população em torno de 10 milhões de habitantes, o Município de São Paulo apresenta elevado número de eventos diários.

Observou-se, ano a ano, diminuição tanto das internações por doenças respiratórias quanto pelas demais causas. O número de mortes de idosos teve incremento. Tanto internações quanto mortes apresentaram um comportamento marcadamente sazonal, tendo maior número nos meses frios do ano e menor número nos meses quentes.

**Tabela 1** - Níveis médios das variáveis de estudo. Município de São Paulo, 1993 a 1997.

Variáveis	Média dia	Desvio-padrão	Percentil 10	Percentil 90
Idosos*	75,7	13,8	60	95
RESP	66,7	23,7	38	101
PM <sub>10</sub>	66,5	30,2	36,7	108,5
CO	4,8	2,5	2,3	8,1
O <sub>3</sub>	68,4	51,1	23,5	121,6
Temperatura**	15,2	3,5	10,8	19,4
Umidade***	56,8	16,3	36	80

Fonte: PROAIM: Programa de Aprimoramento de Informações de Mortalidade da Prefeitura do Município de São Paulo  
SIH/SUS: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde  
Cetesb: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
IAG: Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo  
Idosos: Mortes em maiores de 64 anos  
RESP: Doenças respiratórias em menores de 15 anos  
PM<sub>10</sub>: Material particulado; CO: Monóxido de carbono; O<sub>3</sub>: Ozônio  
\*mg/m<sup>3</sup>; \*\*ppm; \*\*\*Valor mínimo no dia

Os poluentes atmosféricos também apresentaram variações sazonais, tendo o PM<sub>10</sub> e CO picos no inverno e o O<sub>3</sub> picos no verão. A média dos níveis de PM<sub>10</sub> para o período de estudo foi de 66,5 µg/m<sup>3</sup>, ultrapassando o padrão estabelecido de 50 µg/m<sup>3</sup> de média anual. Em vários dias os níveis médios de oito horas de CO foram superiores a 9 ppm, e o O<sub>3</sub> apresentou níveis médios de uma hora superiores a 160 µg/m<sup>3</sup>, limites esses estabelecidos na legislação brasileira. Considerando-se os dados ano a ano observou-se claro decréscimo dos níveis de CO. O PM<sub>10</sub> também apresentou níveis decrescentes a partir de 1996 e o ozônio níveis crescentes.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre os poluentes atmosféricos e as variáveis de clima. As mensurações de PM<sub>10</sub> e CO foram altamente correlacionadas. Foi encontrada também alta correlação (-0,62%) entre PM<sub>10</sub> e umidade.

A Tabela 3 mostra associações estatisticamente significativas entre PM<sub>10</sub>, CO e O<sub>3</sub> e internações por doenças respiratórias em menores de 15 anos. O aumento percentual (RR%) para incrementos dos poluentes do

10° ao 90° percentil foi de 10,04 (95% IC: 7,75-12,38) para o PM<sub>10</sub>; 6,14 (95% IC: 3,64-8,61) para o CO e 2,5 (95% IC: 0,26-4,79) para o ozônio. Foi observada relação estatisticamente significativa entre o PM<sub>10</sub>, o CO e as doenças respiratórias introdução desses poluentes no dia, com incremento do RR quando se utilizaram as médias móveis dos dias anteriores até quatro dias. O O<sub>3</sub> só apresentou relação estatisticamente significativa com internações por doenças respiratórias a partir da média móvel de três dias anteriores.

As mortes em idosos mostraram-se estar associadas com PM<sub>10</sub> [Aumento %: 8,09 (95% IC: 6,42-9,79)] na defasagem de um dia, apresentando efeito desde a introdução do poluente no dia, com incremento do coeficiente de dose-resposta no lag de um dia e decréscimo nas estruturas de defasagem anteriores. Quanto à relação entre CO e mortes observou-se o mesmo comportamento [aumento %: 7,92 (95% IC: 6,28-9,59)] na defasagem de um dia. Não foi encontrada associação significativa entre mortes em idosos e níveis de ozônio.

Foi encontrada clara relação dose-resposta entre os

**Tabela 2** - Correlação de Pearson entre as variáveis de estudo: poluentes e clima, 1993 a 1997.

Variáveis	PM <sub>10</sub>	CO	Ozônio	Temperatura	Umidade
PM <sub>10</sub>	1	0,618**	0,055*	-0,333**	-0,622**
CO		1	-0,133**	-0,204**	-0,352**
Ozônio			1	0,168**	-0,183**
Temperatura				1	0,105**
Umidade					1

\*p<0,05; \*\*p<0,01

**Tabela 3** - Coeficientes de regressão dos poluentes e porcentagem de incremento do risco relativo do 10° ao 90° percentil. São Paulo, 1993 a 1997.

Poluente	Internações por doenças respiratórias em menores de 15 anos				Mortes em idosos			
	Coefficiente	Erro-padrão	RR%	IC 95%	Coefficiente	Erro-padrão	RR%	IC 95%
PM <sub>10</sub>	0,00133*	0,00015	10,04	7,75 12,38	0,00108**	0,00011	8,09	6,42 9,79
CO	0,01021*	0,00209	6,14	3,64 8,71	0,01306**	0,00133	7,92	6,28 9,59
Ozônio	0,00025*	0,00011	2,5	0,26 4,79	0,00001***	0,00008	0,12	-1,39 1,65

RR%: Risco Relativo Percentual

\*Defasagem de quatro dias

\*\*Defasagem de um dia

\*\*\*Defasagem de dois dias

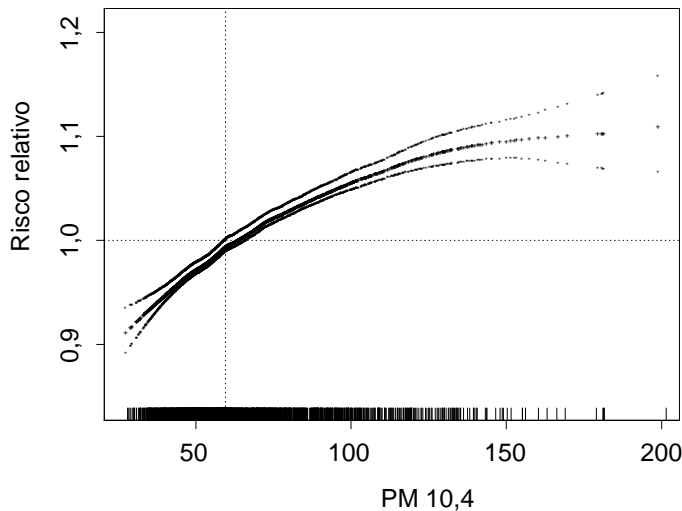


Figura 1 - Relação dose-resposta para doenças respiratórias e níveis crescentes de  $PM_{10}$ . São Paulo, 1993 a 1997.

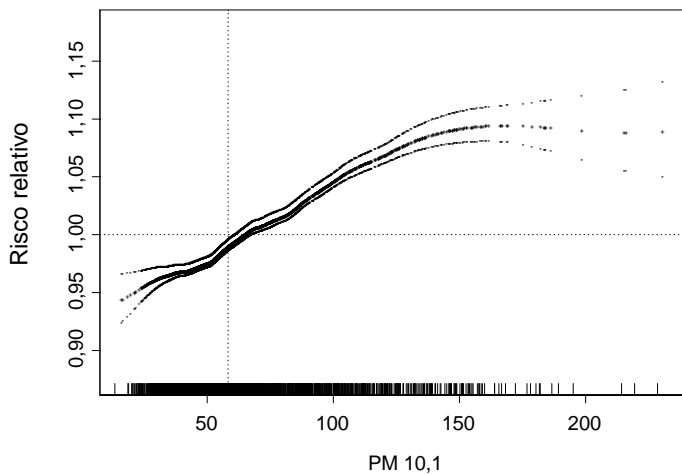


Figura 2 - Relação dose-resposta para mortes em idosos e níveis crescentes de  $PM_{10}$  - relação não-linear. São Paulo, 1993 a 1997.

níveis de  $PM_{10}$  e as duas variáveis dependentes investigadas, tendo-se observado a inexistência de limite seguro abaixo do qual não se detectou efeito da poluição nas mortes e admissões hospitalares (Figuras 1 e 2). Quando da introdução de dois ou mais poluentes nos modelos, apenas o material particulado permaneceu com relação estatisticamente significativa com os dois desfechos. Para fins de comparação com outros estudos foi calculado o incremento de mortes e internações associado a cada incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , tendo-se observado que ocorreu incremento de 1,1% nas mortes em idosos e 1,3% nas internações por doenças respiratórias.

O teste de não linearidade do  $PM_{10}$  não foi estatisticamente significativo para internações por doenças respiratórias, denotando que essa relação é linear. Para mortes, no entanto, o teste foi significativo. Relação dose-resposta também foi encontrada entre internações

e níveis de monóxido de carbono e ozônio. Quanto a mortes de idosos, essa relação foi encontrada apenas para o  $PM_{10}$  e CO.

Em 1999 os níveis médios de  $PM_{10}$ , considerando as 13 estações de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb, foi de  $47,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  significando uma redução de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em relação à média do período de 1993 a 1997. Aplicando-se a formulação proposta por Ostro & Chestnut<sup>18</sup> (1998), o número de internações em menores de 15 anos evitadas em 1999 foi de 476, analisando apenas aquelas registradas no SIH-SUS. Foram evitadas 471 mortes em idosos no ano de 1999.

## DISCUSSÃO

No presente estudo ecológico de séries temporais para verificar a associação de curto prazo entre poluentes atmosféricos e morbidade respiratória (0 a 14 anos) e mortes de idosos (>), encontrou-se associação entre os níveis de poluentes atmosféricos e internações por doenças respiratórias de menores de 15 anos e mortes de idosos.

Todos os modelos foram ajustados para possíveis fatores de confusão como: tendência temporal, variações sazonais, variáveis climáticas, dias da semana e autocorrelação. Uma possível fonte de confusão não investigada no presente estudo foram as epidemias de gripe. Entretanto, o SIH/SUS não proporciona o pagamento, portanto não registra as hospitalizações por essa patologia. Corroborando a hipótese de pequeno impacto das

epidemias de gripe na relação entre morbidade hospitalar e mortalidade e poluentes atmosféricos, Braga<sup>4</sup> realizou estudo comparando o efeito da poluição antes e após controle desses episódios, concluindo que a relação entre poluição atmosférica e mortes não é devida a ausência de controle das epidemias de influenza ou pneumonias.

A cidade de São Paulo conta com uma população de cerca de 10 milhões de habitantes e apresenta elevado número diário de internações e mortes. O Sistema de Informações de Mortalidade da cidade provê o número total de desfechos refletindo a real magnitude das mortes. O SIH é responsável pelo atendimento de 40% da população na cidade de São Paulo,<sup>8</sup> cuja cobertura abrange o contingente populacional mais carente. Os resultados obtidos a partir das análises dos dados de internações hospitalares referem-se a esse grupo da população, não sendo recomendável a generalização.

Deve-se considerar ainda, com relação aos dados de internações hospitalares, a precisão do diagnóstico. Estudo realizado por Veras,<sup>26</sup> comparando o diagnóstico declarado no banco de dados das AIH e aquele dado por médicos em análise do prontuário, encontrou considerável concordância entre eles. Apesar do constante cuidado que deve ser dispensado à qualidade da informação, deve-se lembrar que não se espera que o erro de classificação diagnóstica apresente variações com base diária e portanto não deve se relacionar com os níveis de poluentes atmosféricos.

Finalmente, a disponibilidade de leitos, a dificuldade de transporte para o hospital e as greves dos profissionais de saúde podem afetar o número de internações hospitalares como um todo. Para controle desses possíveis fatores de confusão foram introduzidas na análise, as internações por doenças não respiratórias de menores de 15 anos, quando se estudaram as internações por doenças respiratórias.

A existência de associação entre mortes totais de idosos e níveis de poluição atmosférica já havia sido detectada em dois estudos anteriores realizados na cidade de São Paulo. Saldiva et al<sup>21</sup> encontrou incremento de 13% de mortes associadas com os níveis médios anuais de  $PM_{10}$ , analisando um ano de mortes por todas as causas, excluídas as causas externas. Também excluindo essas causas, estudo efetuado por Gouveia & Fletcher<sup>10</sup> pelo período de três anos chega a um crescimento de 3 a 4% na mortalidade associada a um aumento dos níveis de  $PM_{10}$  do 10° ao 90° percentil. No presente estudo, onde se analisou um período de cinco anos, detectou-se aumento de 8% nas mortes totais de idosos (excluídas as causas externas) associado com um incremento de partículas inaláveis do 10° ao 90° percentil. Em diversas cidades no mundo foram encontrados resultados concordantes com esses achados como: Filadélfia<sup>22</sup> e Cincinnati, nos Estados Unidos;<sup>24</sup> em Paris e no sudoeste da França.<sup>5,20</sup>

São abundantes na literatura os estudos que relacionam internações e visitas hospitalares e níveis de material particulado. Poucos são os estudos, no entanto, que analisam essa relação para crianças. Os presentes resultados são compatíveis com os encontrados na cidade de Santiago<sup>13</sup> e em estudos anteriores na cidade de São Paulo.<sup>3,9,11</sup> De acordo com os resultados do presente estudo, ocorreu um aumento de 10% nas internações por doenças respiratórias de menores de 15 anos para incremento do  $PM_{10}$  do 10° ao 90° percentil.

Observou-se uma elevada correlação ( $R=0,62$ ) entre os níveis de  $PM_{10}$  e CO, o que torna difícil diferenciar se os efeitos encontrados para esses poluentes são independentes. Por outro lado, quando da intro-

dução de dois poluentes nos modelos, apenas a relação entre  $PM_{10}$  e efeitos na saúde permaneceu estatisticamente significativa. A exemplo do presente estudo, encontra-se na literatura relação do CO com mortes totais,<sup>25</sup> mortes de idosos<sup>21</sup> e internações por doenças respiratórias na infância,<sup>3</sup> cujos autores discutem a dificuldade de se isolar os danos à saúde relacionados a cada um dos contaminantes atmosféricos.

Embora não tão freqüente quanto o  $PM_{10}$ , a relação entre ozônio e morbimortalidade é vista na literatura em estudos de séries temporais, onde os efeitos são detectados particularmente nos meses quentes do ano. Não foi encontrada associação entre mortes e concentrações de ozônio, em concordância com os estudos de mortalidade de idosos na cidade de São Paulo, considerando o período de um<sup>21</sup> e quatro anos.<sup>10</sup> Por outro lado, a morbidade respiratória na infância foi associada com esse poluente<sup>3,9</sup> o que também ocorreu na presente análise. Deve-se ressaltar, no entanto, que os resultados obtidos para o  $O_3$  devem ser vistos com ressalvas devido ao grande número de dias em que não se contou com informações dos níveis desse poluente.

Devido a constância da associação entre  $PM_{10}$  e danos à saúde tem-se defendido que as atenções a esse poluente devem ser colocadas em primeiro lugar enquanto estratégia de controle.<sup>2</sup> Na estruturação do Sistema de Vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica na cidade de São Paulo, elegeu-se o  $PM_{10}$  como indicador de exposição para o acompanhamento do impacto na saúde a partir das medidas mitigadoras que vêm sendo adotadas pelo órgão de controle da poluição atmosférica do Estado de São Paulo.<sup>7</sup> A partir da definição de vigilância enquanto informação para ação, o sistema consta da análise do impacto da poluição atmosférica na saúde, por um período de tempo anterior à redução dos níveis dos contaminantes atmosféricos a partir das medidas de controle adotadas pela Cetesb. Os resultados obtidos na presente análise, de 1993 a 1997, servem de base para a aferição da redução dos números de eventos mórbidos em período subsequente, com níveis mais baixos de poluentes e o acompanhamento dos desfechos de saúde, recolocando constantemente a questão da qualidade do ar na pauta de discussão. Tomando como base o período aqui analisado, foi calculado o número de mortes precoces de idosos e internações por doenças respiratórias na infância evitadas em 1999, ano em que foi observada redução de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na média anual do  $PM_{10}$ . Mesmo pequena, essa redução mostra que medidas mitigadoras dos níveis de poluentes podem resultar em ganhos mensuráveis para a população.

A abordagem proposta, a partir de estudos de séries

temporais, sofre limitações<sup>18</sup> e seu uso deve-se ao fato de não se dispor até o momento de instrumento de melhor acurácia. Com as devidas precauções, os dados de relação entre poluentes e efeitos na saúde aqui

relatados e em estudos anteriores referentes à cidade de São Paulo, vêm tendo o papel de recolocar o problema da poluição atmosférica e estimular a discussão de medidas de prevenção.

## REFERÊNCIAS

1. Bascon R, Bromberg PA, Costa DA, Devlin R, Dockery DW, Frampton MW et al. Health effects of outdoor air pollution. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:3-50.
2. Bates DV. Particulate air pollution. *Thorax* 1996;51(Suppl 2):S3-S8.
3. Braga ALF, Conceição GMS, Pereira LAA, Kishi HS, Pereira JCR, Andrade MF et al. Air pollution and pediatric hospital admissions in São Paulo, Brazil. *J Environ Med* 1999;1:95-102.
4. Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J. Do respiratory epidemics confound the association between air pollution and daily deaths? *Eur Respir J* 2000;16:723-8.
5. Filleul L, Le Tertre A, Baldi I, Tessier JF. Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in the southwestern France. *Environ Res* 2004;94:249-53.
6. Firket M. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. *Bull Acad R Med Belg* 1931;11:683-741.
7. Freitas CU. Explorando modelos e indicadores para o estabelecimento de vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica na cidade de São Paulo [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2000.
8. Fundação Seade. Pesquisa das condições de vida na região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Fundação Seade; 1992.
9. Gouveia N, Fletcher T. Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in São Paulo, Brazil: a time series analysis. *Occup Environ Med* 2000;57:477-83.
10. Gouveia N, Fletcher T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Comm Health* 2000;54:750-5.
11. Gouveia N, Mendonça GA, Leon AP, Correia JE, Junger WL, Freitas CU et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiol Serv Saúde* 2003;12:29-40.
12. Hastie TJ, Tibshirani RJ. *Adaptive models*. London: Chapman & Hall; 1995.
13. Ilabaca M, Olaeta I, Campos E, Villaire J, Tellez MM, Romieu I. Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illnesses among children in Santiago, Chile. *J Air Waste Manage Assoc* 1999;49:174-85.
14. Lin CA, Pereira LAA, Braga ALF, Conceição GMS, Kishi HS, Milani R et al. Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits. *Env Res* 2003;92:53-63.
15. Logan WPD. Fog and mortality. *Lancet* 1949;256:78.
16. Logan WPD. Mortality in the London fog incident, 1952. *Lancet* 1953;1:336-8.
17. McMichael AJ, Anderson HR, Brunekreef B, Cohen AJ. Inappropriate use of daily mortality analyses to estimate long-term mortality effects of air pollution. *Int J Epidemiol* 1998;27:450-3.
18. Ostro B, Chestnut L. Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States. *Environ Res* 1998;76:94-106.
19. Pereira LAA, Loomis D, Conceição GMS, Braga ALF, Arcas RM, Kishi H et al. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect* 1998;106:325-9.
20. Quénel P, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Goaster C et al. *Surveillance Air & Santé*. France: Institut de Veille Sanitaire/ Unité Santé Environment; 1999.
21. Saldiva PHN, Pope CA, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil. *Arch Environ Health* 1995;50:159-63.
22. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:600-4.
23. Schwartz J. Air pollution and children's health. *Pediatr* 2004;113(Suppl 4):1037-43.
24. Schwartz J. Total suspended particulate matter and daily mortality in Cincinnati, Ohio. *Environ Health Perspect* 1994;102:186-9.
25. Touloumi G, Samoli E, Katsouyanni K. Daily mortality and "winter type" air pollution in Athens, Greece: a time series analysis within the APHEA project. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S47-S51.
26. Veras C, Martins M. Confiabilidade dos dados nos formulários de Autorização de Internação Hospitalar (AIH). *Cad Saúde Pública* 1994;10:339-55.