



## POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E INTERNAÇÃO DEVIDO A PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS EM SOROCABA, SÃO PAULO.

**Roberto Wagner Lourenço**

[robertow@sorocaba.unesp.br](mailto:robertow@sorocaba.unesp.br)

Departamento de Engenharia Ambiental  
Unesp Campus Experimental de Sorocaba

**Maria Rita Donalisio**

Departamento de Medicina Preventiva e Social/FCM/Unicamp

**Bruno Massao Hanada Odo**

Shell do Brasil

Setor Meio Ambiente

### RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar a associação entre os níveis de concentração de 3 poluentes atmosféricos (material particulado, dióxido de nitrogênio e ozônio) mensurados de forma indireta e os casos de internações por problemas respiratórios na cidade de Sorocaba, SP de janeiro de 2004 a dezembro de 2007. As informações referentes aos níveis de cada poluente foram obtidas em relatórios diários da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e os casos de internação, da base de dados do Ministério da Saúde, DATASUS. Após ajuste de modelo de regressão linear, os resultados demonstraram correlação positiva entre a poluição atmosférica ocasionada pelo material particulado e pelo dióxido de nitrogênio e os casos de internações devido a problemas respiratórios na região de Sorocaba. O valor do coeficiente de Pearson foi de 0,84 para o material particulado e de 0,72 para o dióxido de nitrogênio. O ozônio não apresentou relação direta com os casos de internação. Seu valor para o coeficiente de Pearson foi muito próximo de zero.

**Keywords:** Poluição atmosférica, mortalidade, saúde ambiental.

### INTRODUÇÃO

Diversos autores sustentam que o efeito causal deletério da poluição atmosférica na saúde da população é preocupante e têm afetado de forma significativa a saúde dos seres vivos (Braga et al., 1999; Dockery And Pope, 1994; Moolgavkar et al., 1997; Saldiva et al., 1995; Schwartz, 1994).

As partículas sólidas ou líquidas em suspensão são conhecidas como material particulado (MP), inalável com diâmetro variando entre 0,1 micron e 2,3 micra compostas por carbono, hidrocarbonetos derivados do carvão a partir de combustão incompleta, por cinzas inorgânicas produzidas pela combustão de combustíveis sólidos, por sulfato de amônio (pela conversão de dióxido de enxofre) e, mais por emissões industriais de óxido de ferro (procedentes de siderúrgicas) ou poeira de cimento (pedreiras). Podem alcançar as porções mais distais das vias aéreas, onde ocorrem as trocas de gases no pulmão e são relevantes na etiologia de quadros respiratórios. O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) resultante da queima incompleta de combustíveis fósseis dos motores dos automóveis e dos processos de geração de energia em usinas termoeletricas e em menor escala de alguns processos industriais quando inalado atinge as porções mais periféricas do pulmão, devido à sua baixa solubilidade atuando como agente oxidante. Ainda o ozônio (O<sub>3</sub>) troposférico combinado com oxigênio e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) na presença de luz solar tem efeitos tóxicos ao combinar-se com a fumaça emitida pelos veículos automotores (*smog*). O resultado é uma série complexa de reações fotoquímicas formando um poderoso irritante dos olhos, das mucosas da garganta e do trato respiratório, causando tosse, bronquite, congestão e alergias (Saldiva et al., 1992; Duchiate, 1992; Martins et al., 2002).

A relação entre danos à saúde e poluição atmosférica foi estabelecida a partir de episódios agudos de contaminação do ar. É bastante conhecido na literatura, o excesso de mortes ocorridas em Londres nos anos de 1948 e 1952, 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 e Donora nos Estados Unidos. A partir desses episódios, medidas de controle foram tomadas em diversos países, tendo como resultado a redução significativa dos níveis de poluentes atmosféricos. Na década de 70 acreditava-se que os limites estabelecidos para os poluentes eram seguros (Bascon et al., 1996; Firket, 1931; Logan, 1949; Logan, 1953).

Os fenômenos que influenciam a dispersão dos poluentes do ar atuam na baixa troposfera até 2 km de altura e são os que se encontram neste nível, os que podem causar danos imediatos à saúde humana (Sales, 1978).

Os grupos etários que mais susceptíveis aos efeitos da poluição atmosférica são as crianças e os idosos. Muitos estudos mostram uma associação positiva entre mortalidade e morbidade por problemas respiratórios em crianças. Já entre os idosos, a poluição atmosférica tem sido associada a aumentos de morbidade (internações) e de mortalidade, tanto por doenças respiratórias quanto por doenças cardiovasculares (Braga, et al. 1999; LIN, et al. 1999; Pereira, et al. 1998; Moolgavkar, et al. 1997; Schwartz, 1999; SALDIVA, et al. 1995; Schwartz, 1994; Martins, et al. 2002)

Martins et al realizaram um estudo ecológico de séries temporais, em que encontraram correlação entre o atendimento de idosos (65 anos ou mais) em pronto-socorro no município de São Paulo com concentração de material particulado (MP<sub>10</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>), no período entre 1 de maio de 1996 a 30 de setembro de 1998. Outros autores, utilizando-se também análises de séries temporais, encontraram associação entre poluição e mortalidade no Rio de Janeiro (Daumas, et al. 2004).

O objetivo deste estudo foi analisar a correlação entre a poluição atmosférica particularmente entre os níveis de concentração de MP<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> com as internações por problemas respiratórios na cidade de Sorocaba, SP, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2007 em determinadas condições climáticas.

## **MÉTODOS**

O município de Sorocaba possui uma área de 443km<sup>2</sup> e conta com uma população aproximada de 600 mil habitantes (Figura 1). A região é uma das mais importantes do Centro-Oeste do Estado de São Paulo portando um parque industrial que conta com cerca de 1400 indústrias de diversos setores. Deste número, 150 são consideradas de médio a grande porte, e 18 são consideradas prioritárias para controle da poluição atmosférica, em função de sua atividade e potencial de emissão. A taxa de urbanização da cidade era de 98,5% no ano de 2007 (SEADE, 2007). A frota é composta por cerca de 200 mil veículos, sendo 156 mil leves, 12,5 mil veículos pesados e 30,5 mil motocicletas cadastrados em junho de 2003 (PRODESP, 2007).

Situada na chamada Depressão Periférica, possui um relevo pouco acidentado, caracterizado por uma planície, com altitudes na região urbanizada variando entre 574m e 642m. A temperatura média das máximas é de 30°C no verão e das mínimas de 12°C no inverno (PMS, 2007).

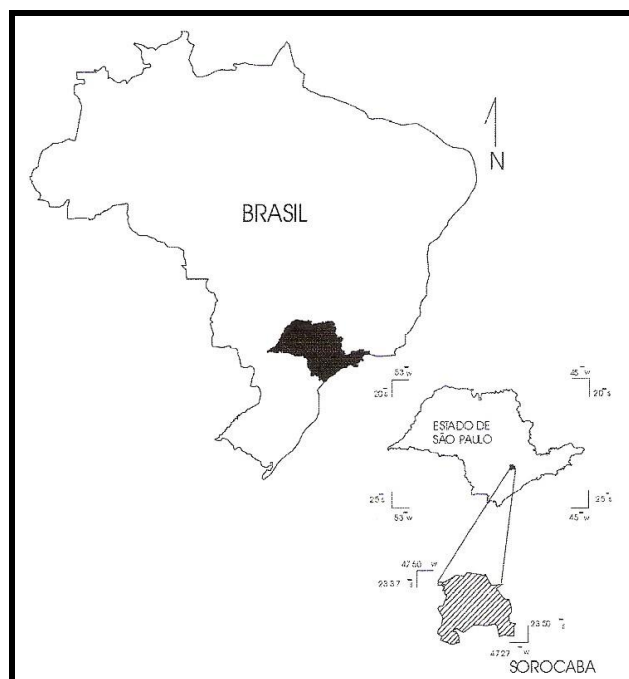


Figura 1 – Localização da área de estudo

### Dados de poluentes atmosféricos

Os dados referentes aos poluentes atmosféricos foram obtidos de relatórios diários da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico (CETESB) de janeiro de 2004 a dezembro de 2007, totalizando 48 meses.

Para os dias em que não se encontrou valores para determinado poluente, atribuiu-se o valor médio calculado com base na série dos 4 anos analisados deste poluente.

No presente estudo, não se atribuiu latências ou intervalos de dias para a consideração de exposição. Os casos de internação por problemas respiratórios nem sempre são referentes aos níveis de poluição do dia anterior. Não se procura auxílio médico no dia seguinte em todos os casos. Diante deste panorama, foi estabelecida uma unidade para comparação. Devido à dificuldade de se associar o caso de internação com o dia da exposição, no presente trabalho, optou-se pela unidade temporal mensal. O cálculo do valor mensal representativo foi realizado utilizando os valores máximos, essencial para a comparação com o número absoluto de internações e os valores médios que representam a maior frequência de variação no período (Schwartz, 1994; Firket, 1931). Aos valores máximos atribuiu-se peso de 70% e aos valores médios 30% como forma de representar o valor mensal para cada poluente de acordo com a seguinte expressão:

$$Vm = (\overline{Xd} * 0,3) + (\overline{Md} * 0,7) \quad (1)$$

onde,

$Vm$  é o valor calculado da concentração mensal do poluente;

$\overline{Xd}$  é o valor calculado da concentração média diária do poluente;

$\overline{Md}$  é o valor calculado da concentração máxima diária do poluente.

### Dados de internações por problemas respiratórios

As informações referentes às hospitalizações por problemas respiratórios do mesmo período de análise dos poluentes foram extraídas do banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Ministério da Saúde do Brasil. Foram selecionados os registros de internações com código “J”, referente aos problemas respiratórios segundo a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde da Organização Mundial da Saúde, 10ª Revisão (OMS - CID-10, 2008).

As doenças respiratórias de pacientes internados na área de estudo foram separadas por mês e ano, identificando as doenças do grupo J mais prevalentes entre o total de internações registradas.

Para a análise da série histórica utilizou-se a regressão linear entre os níveis de poluição atmosférica e o número de internações por doenças respiratórias, considerando-se que a população estudada não se modificou significativamente no período de estudo. Para a verificação da relação entre os dados utilizou-se o modelo de Correlação do Produto do Momento (Pearson), considerando-se o nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Adotou-se os critérios estatísticos acima mencionados para a determinação da influência dos poluentes atmosféricos sobre os casos de internações por problemas respiratórios. Para verificação da dependência entre variáveis, realizou-se a regressão linear com nível de confiança de 95%. Definiu-se como variável dependente as internações por problemas respiratórios, e como variáveis independentes as concentrações dos poluentes estudados (Neto, 2002).

## RESULTADOS

### Análise dos dados de internações por problemas respiratórios

Os dados referentes à distribuição mensal e anual das internações e das principais doenças causadoras de internações por problemas respiratórios na área de estudo do período de estudo são apresentados nas Figuras 2. As principais causas de internação registradas foram às pneumonias de várias etiologias, sendo a mais prevalente por *Streptococcus pneumoniae*.

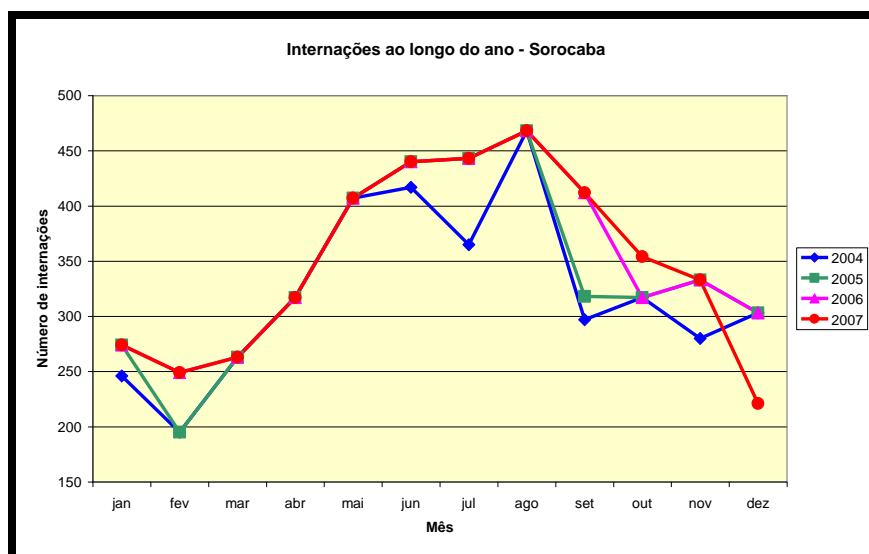


Figura 2 - Distribuição mensal de Internações por doenças respiratórias 2004 a 2007.

### Análise de correlação entre as variáveis

Foi analisado a distribuição temporal da concentração de poluentes atmosféricos e o número de internações mensais por doenças respiratórias.

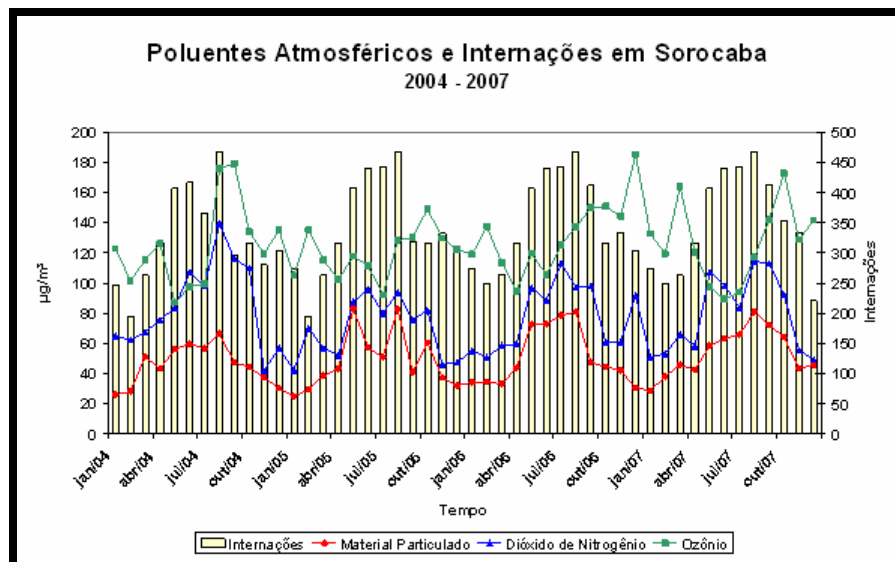


Figura 3 - Níveis de Poluentes Atmosféricos e Internações por problemas respiratórios, Sorocaba, SP, 2007

A maior correlação observada entre os poluentes foi do material particulado e o dióxido de nitrogênio com o valor aproximado de 0,72. O ozônio não apresentou correlação linear com nenhum dos outros poluentes (-0,07 com o material particulado e 0,18 com o dióxido de nitrogênio). Entre os poluentes e as internações por problemas respiratórios a maior correlação foi entre o material particulado (0,84) seguida pelo dióxido de nitrogênio com 0,72 de correlação. Por outro lado não foi observada correlação entre o ozônio e hospitalizações por problemas respiratórios ( $r = -0,17$ ).

Para medir a intensidade das relações entre as variáveis poluentes atmosféricos  $MP_{10}$  e o  $NO_2$  com as internações por problemas respiratórios foram ajustados modelo de regressão linear múltipla. O  $O_3$  foi excluído desta análise devido ao fato deste poluente não ter apresentado correlação com as internações por doenças respiratórias.

O resultado da regressão linear múltipla mostrou que a contribuição de explicação de das variáveis independente ( $MP_{10}$  e o  $NO_2$ ) sobre a variável dependente, internações por doenças respiratórias, foi de  $r = 0,84$  para um  $r^2 = 0,71$ . Aplicado o teste  $F$  para o modelo (com  $\alpha = 0,1$ ), este mostrou-se válido visto que o valor calculado encontrado foi de 57,74, superior ao valor tabelado de 9,47 para 2 graus de liberdade com  $n=45$ , e o pelo teste  $t$  de Student para avaliar a contribuição individual de cada variável independente ( $MP_{10}$  e  $NO_2$ ) sobre a variável dependente (internações respiratórias) foi obtido os valores de contribuição individual de  $X_1 = 3,9467$  e  $X_2 = 3,9114$  que excederam os valores críticos tabelados a um nível de confiança de 99% com 45 graus de liberdade de 2,45, mostrando que ambos os coeficientes são significativos na explicação da variação das internações por doenças respiratórias.

### DISCUSSÃO

Apesar de no presente estudo não se ter encontrado correlação entre o Ozônio e internações por problemas respiratórios ( $r = -0,17$ ), a correlação com os poluentes  $MP_{10}$  e  $NO_2$  foram significativas ( $r = 0,84$  e  $r = 0,72$  respectivamente). A figura 3 mostra as tendências de variação entre os poluentes material particulado e o dióxido de nitrogênio com as tendências das internações por problemas respiratórios na área de estudo.

Os testes estatísticos evidenciam a influência dos poluentes material particulado e o dióxido de nitrogênio e sua forte correlação com as internações por problemas respiratórios. Fica evidente que tanto juntas quando testados pela estatística *F* como individualmente testados pela estatística *t* as duas variáveis independentes apresentam coeficientes de regressão que podem explicar significativamente a variação das internações por problemas respiratórios, na área de estudo.

Desta forma, espere-se que este estudo possa colaborar com as instituições de controle a buscar ferramentas de gestão urbana que possam reverter este quadro em benefício da saúde das pessoas.

## REFERÊNCIAS

Bascon, R.; Bromberg, P. A.; Costa, D. A.; Devlin, R.; Dockery, D.W.; Frampton, M. W. Health effects of outdoor air pollution. **Am J Respir Crit Care Méd.** 153:3-50, 1996.

Braga, A. L. F.; Conceição, G. M. S.; Pereira, L. A. A.; Kishi, H. S.; Pereira, J. C. R.; Andrade, M. F. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. **J Environ Med.** 1:95-102, 1999.

CETESB: **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado em: 10/11/2007.

Daumas, R. P.; Mendonça, G. A. S.; León, A. P. Poluição do ar e mortalidade em idosos no Município do Rio de Janeiro: análise de série temporal. **Cad. Saúde Pública.** Rio de Janeiro, 20(1):311-319, jan-fev, 2004.

Duchiade, M. P. Poluição do Ar e Doenças Respiratórias: Uma Revisão. **Cad. Saúde Pública.** Rio de Janeiro, 8 (3): 311-330, jul/set, 1992.

Dockery, D. W.; Pope, C. A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. **Annu Rev Public Health.**;15:107-32. 1994

Lin, A. C.; Martins, M. A.; Farhat, S. L.; Pope, C. A.; Conceição, G. M. S.; Anastácio, M. V. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Pediatr Perinat Epidemiol.** 13:475-87, 1999.

Logan, W. P. D. Fog and mortality. **Lancet.** 256:78. 1949

Logan, W. P. D. Mortality in the London fog incident. **Lancet** ;1:336-8. 1953.

Martins, L.C.; Latorre, M. R. D. O.; Cardoso M. R. A.; Gonçalves, F. L. T. Moolgavkar, S. H.; Luebek, E. G.; Anderson, E. L. Air pollution and hospital admissions for respiratory causes in Minneapolis - St. Paul and Birmingham. **Epidemiology.** 8:364-77, 1997.

Neto, P. L. O. **Estatística.** Editora Edgard Blucher, 2002.

OMS. **Organização Mundial da Saúde.** CDI – 10. <<http://www.oms.org/>>. Acessado em: 10/11/2007

Pereira, L. A. A.; Loomis, D.; Conceição, G. M. S.; Braga, A. L. F.; Arcas R. M.; Kish, H. S. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. **Environ Health Perspect.** 106:325-9, 1998.

**Prefeitura de Sorocaba.** Disponível em: <<http://www.sorocaba.sp.gov.br/>>. Acessado em: 05/11/2007.

PRODESP. **Companhia de Processamento de Dados do Estado de São. Secretaria de Gestão Pública.** <http://www.prodesp.sp.gov.br/> Acessado em: 10/11/2007

Saldiva, P. H. N. E Bragad, A. L. F. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública.** 36(1):88-94, 2002

Saldiva, P. H. N.; Pope, C. A., Schwartz, J., Dockery, D. W., Lichtenfels, A. J., Salge, J. M. Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. **Arch Environ Health**. 50:159-64, 1995.

Saldiva, P. H. N.; King, M.; Delmonte, V. L. C.; Macchione, M.; Parada, M. A. C.; Daliberto, M. L. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. **Environ Res.**;57:19-33, 1992.

Sales, J. A. **Meteorologia e poluição do ar. Rio de Janeiro:** Feema, 1978.

Schwartz, J. Air pollution and children's health. **Pediatric**. 113(Suppl 4):1037-43, 2004.

Schwartz, J. Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight U.S. Countries. **Epidemiology**. 10:17-22, 1999.

Schwartz, J. Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis. **Environ Res**. 64:36-52. 1994.