
Hospitalizações por causas respiratórias associadas à poluição atmosférica em Campo Grande, MS

Respiratory hospitalizations associated with atmospheric pollution in the city of Campo Grande-MS, Brazil

SOUZA, Amaury de 1
PAVÃO, Hamilton Germano 2
LASTORIA, Giancarlos 3
GABAS, Sandra Garcia 4
FILHO, Antonio Conceição Paranhos 5
CAVAZZANA, Guilherme Henrique 6
1,2,3,4,5,6 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Autor para correspondência: amaury@nin.ufms.br

Recebido em 24 de setembro de 2009; aceito em 19 de maio de 2010

RESUMO

A constatação de que os atuais níveis de poluição atmosférica são suficientes para causar danos à saúde torna imprescindível a definição de processos reguladores para a qualidade do ar. Este estudo analisa a associação entre exposição à poluição atmosférica, temperatura, umidade do ar e precipitação e internações hospitalares no Município de Campo Grande-MS, Brasil, visando subsidiar a elaboração de medidas para redução dos riscos à saúde. Realizou-se um estudo ecológico de séries temporais, analisando hospitalizações por causas respiratórias em relação aos níveis diários observados de poluentes, por meio de modelos de correlação de Pearson. O poluente, ozônio, apresentou associação significativa com internações respiratórias. Um aumento de 5,3 ppb. no nível de concentração de ozônio associa-se ao incremento de 10% nas internações por doenças respiratórias. Essas associações entre aumento no nível de poluentes na atmosfera e o aumento de hospitalizações estão de acordo com a literatura nacional e internacional sobre o assunto e indicam que os níveis atuais de contaminação do ar no Município de Campo Grande têm impacto na saúde de sua população.

PALAVRAS-CHAVE Poluição do Ar; Morbidade; Doenças Respiratórias; Parâmetros climáticos

ABSTRACT

The recognition that current air pollution levels cause harmful health effects makes the definition of the air quality regulatory process imperative. This study examines the association between exposure to air pollution, temperature, humidity and precipitation and hospital admissions in the city of Campo Grande-MS, aiming to support the development of measures to reduce such health risks. The authors conducted an ecological time series study of hospital admissions for respiratory in relation to daily air pollution levels, using generalized Pearson correlation models. The air pollutant ozone showed a statistically significant association with admissions for respiratory. An increase of 5,3 ppb in ozone concentration was associated with a 10 % increase. These associations are consistent with a large body of literature in this area and indicate that the current air pollution levels in São Paulo have an important negative impact on the population's health.

KEY WORDS: Air Pollution; Morbidity; Respiratory Tract Diseases; Climatic Parameters

I. INTRODUÇÃO

Apesar dos notáveis avanços obtidos nas últimas décadas em direção a um ambiente com ar mais limpo, especialmente nos países desenvolvidos, os atuais níveis de poluição experimentados pela maior parcela da população humana continuam a se mostrar danosos à saúde. Os primeiros estudos relacionando a poluição atmosférica e implicações na saúde datam da metade do século passado, e ainda hoje essa relação é observada e comprovada por trabalhos de investigação científica.

Inúmeros estudos têm encontrado associações significantes entre níveis diários de material particulado inalável com diâmetro $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e outros poluentes e uma série de efeitos na saúde que vão desde mortalidade total na população^{5,6,10,22}, passando por

adoecimentos para causas específicas^{3, 12, 16, 15, 18, 9} até mal formações congênitas¹⁹ ou menor ganho de peso durante a gestação⁸.

As inúmeras evidências que indicam que a poluição do ar em nosso meio é suficiente para causar danos à saúde e a demanda pela definição de processos reguladores referentes aos padrões de qualidade do ar torna imprescindível o melhor detalhamento dessa associação, com a identificação de grupos populacionais especiais, patologias específicas e níveis ambientais nos quais o processo exposição-adoecimento ou morte acontecem. Dessa forma, informações provenientes de investigações sistemáticas com dados gerados localmente são de grande importância para subsidiar o planejamento e avaliação de programas de saúde voltados a essa questão^{11, 4}.

Recentes estudos realizados na região canavieira de Araraquara pelo Laboratório de Poluição Experimental (LPAE), do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo¹, concluíram que: há uma associação entre a poluição atmosférica decorrente da queima de plantações de cana-de-açúcar e o número de inalações diárias na cidade de Araraquara (coeficiente de correlação de Pearson entre o peso do sedimento e a inalação de 0,36, $p < 0,01$); o efeito é agudo, ocorrendo após curto período de exposição; (tempo de defasagem de dois dias); esta associação causal é dose-dependente, ou seja, um aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no peso de sedimento associa-se a um risco relativo de inalação de 9%. Souza et al.²⁰ utilizaram o método de regressão múltipla, "stepwise", mantendo no modelo os elementos meteorológicos que mais contribuíam sobre a incidência das doenças, teste de hipóteses, F, com nível de significância de 5%. Houve influência dos elementos meteorológicos na incidência do dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa com R^2 de 0,34, 0,25 e 0,23 respectivamente, os elementos meteorológicos preditores da incidência das doenças em João Pessoa, são a Temperatura máxima e a Precipitação.

Moura et al.¹⁴; avaliaram a relação entre poluição do ar e efeitos respiratórios agudos em crianças. Somente o O_3 apresentou resultado positivo e estatisticamente significativo, tanto com todos os atendimentos de emergência por queixas respiratórias como com os atendimentos motivados por sintomas nas vias aéreas inferiores. O efeito foi no mesmo dia da exposição (lag 0). Associação significativa e de sentido inverso ocorreu com o CO e os atendimentos pediátricos por queixas respiratórias. Não se observou resultado significativo com os demais poluentes atmosféricos. Foram encontradas associações entre indicadores de poluição atmosférica e o número de atendimentos pediátricos de emergência por motivos respiratórios em Jacarepaguá, apesar de os níveis de todos os poluentes monitorados permanecerem abaixo dos limites recomendados durante todo o período de estudos.

No Brasil, o Ministério da Saúde está implantando o programa de Vigilância dos Efeitos na Saúde Relacionados à Poluição do Ar (VIGIAR). Desse modo, realizou-se o presente estudo que busca analisar a associação entre exposição à poluição do ar e internações hospitalares para causas específicas de doenças respiratórias no Município de Campo Grande-MS. Seu objetivo principal é fornecer subsídios para a elaboração de medidas que visem reduzir os riscos à saúde associados à poluição do ar.

II. MÉTODOS

A cidade de Campo Grande, MS (20°27'16" S; 54°47'16" W, 650 m), está localizada no planalto denominado Maracaju-Campo Grande a 150 km do início da maior planície alagável do mundo, o Pantanal Mato-grossense (139 111 km^2 de área). O clima na região de Campo Grande tem temperaturas moderadas variando de mínima 17,8 °C, máxima de 29,8 °C e média de 22,7 °C, com chuvas bem distribuídas e verão quente, a umidade relativa média do ar é de 72,8%, com ventos predominantes de Leste em Campo Grande, MS, com ocorrência de Norte nos meses de janeiro a dezembro, cujos valores anuais resultaram em 24% de Leste, 19,8% de Norte e 12,2% de Nordeste, tendo as calmarias representado 12%, com velocidade média de 3,1 m/s, e precipitação média mensal de 122,4mm e média anual de 1469 mm^{20} .

Foram utilizadas as bases de dados referentes ao Sistema de Informações Hospitalares do SUS. Todas as internações ocorreram no período entre 1º de janeiro de 2004 e 31 de dezembro de 2006, no Hospital Universitário da UFMS, onde foram extraídas dessa base de dados as doenças investigadas Pneumonia e gripe que foram codificadas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) 10ª Revisão (CID10 J10 a J18).

Informações sobre níveis diários de ozônio (O_3) foram obtidas junto ao departamento de Física da UFMS. O Analisador de Ozônio, utilizado para a realização das medidas tem como princípio de funcionamento a absorção de radiação ultravioleta, pela molécula de ozônio. Essas medidas são realizadas ininterruptamente 24 h por dia, a cada 15 minutos são fornecidos valores da concentração de ozônio. O analisador encontra-se instalado nas proximidades de Campo Grande, longe de fontes locais.

A seguir, foi calculada a média aritmética por dia, assumiu-se que essa estimativa era representativa da poluição do ar no Município de Campo Grande⁸. Informações sobre precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar foram obtidas junto a Embrapa - Gado de Corte-Campo Grande.

Para caracterizar a relação existente entre doenças e o poluente e entre esses e os fatores meteorológicos foram calculados coeficientes de correlação de Pearson.

O número diário de internação para cada um dos desfechos descritos na Tabela 1 foi considerado como variável dependente, e o nível médio diário do poluente atmosférico foi analisado como variável independentes. As variáveis de controle introduzidas nos modelos foram: dia da semana, número de dias transcorridos, fatores meteorológicos.

A variável "dia da semana" foi utilizada para controlar a sazonalidade de curta duração. Para controlar a sazonalidade de longa duração, foi utilizada a variável "número de dias transcorridos", ou seja, uma variável numérica, crescente, representando o número total de dias entre o início do estudo e um determinado dia.

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição sobre a saúde apresentam, aparentemente, uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores. Os atendimentos observados em um dia específico podem tanto estar relacionados à poluição do referido dia, como ao da poluição observada em dias anteriores. Os estudos na literatura variam quanto ao número de dias de defasagem avaliados.

III. RESULTADOS

Durante o período de estudo ocorreram 9.039 atendimentos por doenças respiratórias. As Figura 1.a e 1.b apresenta a concentração de ozônio e a distribuição temporal do total de atendimentos por doenças respiratórias. Observa-se um claro padrão sazonal com picos nos períodos de inverno e com uma tendência de diminuição no número de eventos entre o segundo e o terceiro anos do estudo.

A Tabela 3 apresenta a análise descritiva para as variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar) e para o ozônio. Observa-se que os valores de O_3 não ultrapassaram os padrões de qualidade do ar, recomendados pelo CONAMA, que é de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou 80 ppb, mas no período entre setembro e novembro quando ocorrem as queimadas no estado, esses valores ultrapassam em algumas horas. Entretanto, a média do período esteve abaixo dos padrões anuais (17,2 ppb), e os valores máximos ocorrem entre as 12 h e 15 h e mínimos na madrugada. A análise da temperatura evidencia uma cidade com temperaturas moderadas.

Os níveis diários do poluente tiveram uma variação de 07 a 49,4 ppb, maior valor atingido, com destaque quanto ao número diário de internações que foram de zero a 44 casos, o maior valor diário, para as várias causas, apresentou um padrão sazonal bastante característico, com maiores valores nos meses de inverno (Figura 1). O O_3 , por sua vez, consegue atingir as partes mais profundas do pulmão, causando danos mais severos em pessoas com problemas respiratórios prévios (por exemplo, asma)¹⁷. Ele é formado na troposfera (onde causa danos à saúde), e sua formação está ligada à reação existente entre NO e hidrocarbonetos sob luz solar.

O aumento da incidência de doenças respiratórias, nos períodos mais frios do ano, deve-se a dois fatores principais: as baixas temperaturas e os aumentos nas concentrações dos poluentes primários². O O_3 é um poluente secundário que depende da presença de luz solar e de precursores com óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Invernos secos e com dias ensolarados propiciam todas as condições para elevação dos níveis desse agente fotoquímico, assim como acontece em outras estações do ano. Desse modo, o O_3 não apresenta alta correlação com as outras variáveis analisadas no presente estudo, pois sua concentração não varia da mesma forma que outros poluentes primários. Apesar disso, sua atividade oxidante e capacidade de induzir processos inflamatórios dão a esse poluente o papel de vilão causador ou agravante de doenças respiratórias como tem sido reportado por outros estudos^{12,15}.

Em Campo Grande, o inverno é muito quente, o que propicia a formação do O_3 , fazendo com que o poluente ultrapassasse o limite aceitável de qualidade do ar em algumas horas nos dias dos anos.

Em Spokane (lugar com níveis muito baixos de SO_2)¹⁸ verificou uma correlação positiva entre PM_{10} e O_3 e as internações por problemas respiratórios em idosos.

Em geral, a maioria dos estudos sobre internações por doenças respiratórias encontra associação com algum poluente atmosférico. É difícil encontrar uma cidade que monitore todos os poluentes atmosféricos; por isso, há dificuldade em definir qual o poluente que seria o maior responsável por problemas respiratórios.

Por meio desses trabalhos, observa-se que mesmo os poluentes atmosféricos estando dentro dos padrões permitidos de qualidade do ar, estes continuam causando problemas respiratórios. Por isso, sugere-se que os padrões de qualidade do ar sejam reavaliados.

Nenhum estudo ecológico com as características deste poderá estabelecer uma clara inferência de causalidade, pelos critérios de Hill. Somente a reprodutibilidade pode contribuir para o conhecimento dos agentes causais dos efeitos adversos associados à poluição atmosférica urbana.

Nesse sentido, a realização de um estudo ecológico como o presente justifica-se, uma vez que permite alertar para o problema estudado e, possivelmente, estimular outros estudos que possam melhor conhecer a consistência e a reprodutibilidade das associações ora apresentadas.

Os resultados encontrados vêm reforçar o conceito de que a poluição atmosférica promove efeitos adversos na saúde humana.

Tabela 1-Matriz de correlação de Pearson entre as médias diárias de poluente atmosférico e parâmetros climáticos e número total de doenças respiratórias.

Variáveis	Precipitação (P)	Temperatura (T)	Umidade relativa (U)	Doenças (D)	Ozônio (O ₃)
P(mm)	1	-0,10158	0,18127	-0,05408	-0,10607
T(°C)		1	-0,12005	-0,12116	0,16761
U(%)			1	0,03885	-0,04225
D(números)				1	0,04225
O ₃ (ppb)					1

Tabela 2- Estatística descritiva dos parâmetros climáticos e poluente atmosférico e número total de doenças respiratórias.

Variáveis	N° de Dias	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
P(mm)	1095	3,7	10,1	0,0	97,8
T(°C)	1095	23,4	3,5	9,8	29,8
U(%)	1095	67,0	18,9	20,7	98,0
D(números)	885	10,2	17,7	0,0	44,0
O ₃ (ppb)	1025	17,2	7,6	0,7	49,4

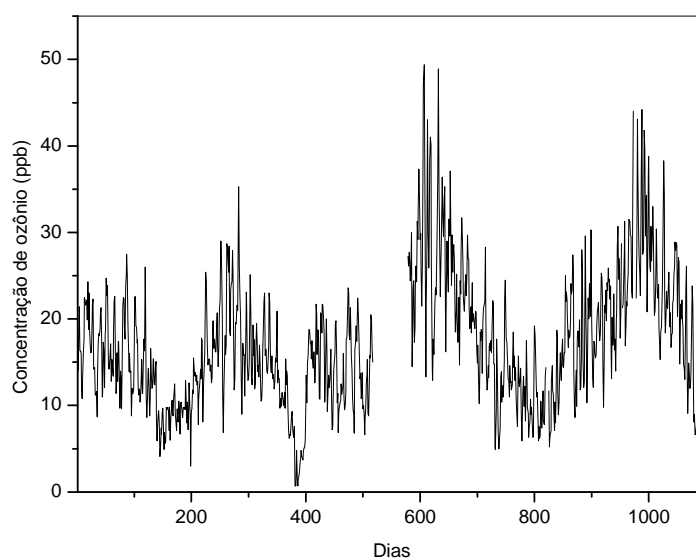


Figura 1.a- Concentrações médias diárias de ozônio em função do número de dias dos anos, Campo Grande-MS (2004-06).

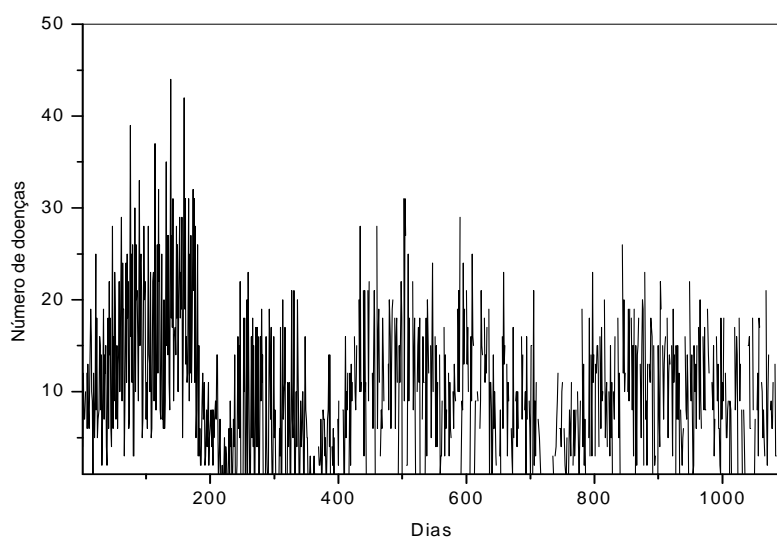


Figura 1.b- Número de doença respiratórias em função do número de dias dos anos, Campo Grande-MS (2004-06).

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson das doenças com o poluente entre si e em relação às variáveis meteorológicas. Observa-se, uma relação inversamente proporcional entre o poluente, a precipitação, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar. Já para as doenças respiratórias verifica-se uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre a umidade relativa do ar e as doenças.

A Tabela 2 mostra a estatística descritiva dos parâmetros climáticos e poluente atmosférico e número total de doenças respiratórias, com um número de pacientes de 885, com uma média diária de 10,2 indivíduos com um mínimo de zero e máximo de 44, em um total de 1095 dias analisados e com um desvio-padrão de 17,7.

IV. DISCUSSÃO

Este estudo procurou, por intermédio de análises de séries temporais, detalhar a relação entre exposição à poluição atmosférica e a ocorrência de hospitalizações por respiratórias em Campo Grande-MS.

Os poluentes mais associados aos vários desfechos e à magnitude dos efeitos estão de acordo com a literatura nacional^{12,16,15,18,11} e internacional^{13,2,7} sobre o assunto. Observou-se uma associação estatisticamente significativa entre o aumento no nível de poluente na atmosfera e o aumento de hospitalizações pelas diversas causas encontradas, o impacto da poluição do ar na saúde da população deve ser substancial, levando-se em conta o grande número de indivíduos expostos.

Os resultados apresentados representam uma aproximação quantitativa do impacto da poluição atmosférica na saúde da população. É importante salientar que o desfecho aqui estudado, hospitalização, é apenas um dos muitos efeitos causados pela poluição do ar. Efeitos como a ocorrência de sintomas, que usam de medicação e redução na atividade física, entre outros, não são avaliados no presente trabalho. Estes, considerados de menor gravidade para a saúde do indivíduo, são de grande importância para a saúde pública, dada a elevada frequência com que ocorrem e devido ao impacto negativo na qualidade de vida das pessoas e de consequências econômicas negativas, como o absenteísmo escolar e no trabalho.

Este estudo utiliza dados das hospitalizações associadas ao aumento do nível de poluição atmosférica observada. Esses dados são provenientes de fontes estáveis e bastante confiáveis⁹, sendo utilizados amplamente em trabalhos técnicos e científicos. É importante ressaltar que os registros são referentes a hospitalizações ocorridas na rede pública de saúde. Dessa forma, os resultados aqui apresentados refletem os efeitos da poluição do ar na parcela da população que utiliza esse serviço, que corresponde à maior parte da população do país.

Por outro lado, as informações do Sistema de Informações Hospitalares do SUS utilizadas neste estudo são produzidas com objetivos contábeis e não estritamente para estudos epidemiológicos, podendo, assim, apresentar algum grau de inacurácia. Pode ter havido ainda algum grau de subestimação da frequência

de determinados agravos, tendo em vista o perfil tecnológico da rede de assistência, além de erros na codificação dos diagnósticos. Um outro problema presente nessa base de dados é a possibilidade da dupla contagem de um mesmo paciente, uma vez que o sistema não identifica reinternações.

Contudo, em estudos ecológicos de séries temporais de base diária, fatores cuja distribuição não varia diariamente não atuam como possíveis variáveis de confusão¹². A qualidade das informações sobre internações hospitalares e outros possíveis problemas dessa base de dados não variam dia a dia e não estão correlacionados com os níveis de poluição do ar. Portanto, suas implicações sobre as estimativas de efeito encontradas são mínimas.

Por outro lado, há que se lembrar de que se trata de um estudo ecológico em que não se dispõe de informações individuais sobre exposição e doença. Por exemplo, não se podem afirmar com certeza que aqueles indivíduos que foram hospitalizados eram os mais expostos aos níveis de poluição do ar. Todavia, como a exposição é medida de maneira ecológica (pela média dos níveis mensurados em toda a cidade de Campo Grande) assume-se que uma variação no nível médio de poluição do ar num determinado dia no município reflita também uma variação na exposição média de cada indivíduo residente nele.

A relação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias vem sendo avaliada em diversos estudos, nacionais e internacionais, e os mecanismos fisiopatológicos envolvidos nessa relação têm sido bastante estudados.

Estimar o risco para a saúde da população em razão da poluição do ar é um primeiro passo para o planejamento e implementação de ações visando a um ambiente mais saudável. A produção de dados tecnicamente bem embasados é fundamental para a formulação de políticas públicas e tomada de decisões que promovam o desenvolvimento sócioeconômico e que levem em conta questões ambientais e a qualidade de vida das pessoas. Espera-se que os dados apresentados sirvam como ferramentas para um melhor entendimento do impacto da poluição do ar na saúde das pessoas, colaborando para o monitoramento e saneamento dessa questão em Campo Grande e em outras metrópoles.

V. REFERÊNCIAS

ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *J. bras. Pneumol*, v.30, n.2, p.158-175, Mar-Apr, 2004.

ATKINSON, R.W et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air pollution and health: a European approach. Am J Respir Crit Care Med*, v.164, n.10, pt 1, p.1860-1866, 2001.

BRILHANTE, O. M; TAMBELLINI, A. M. Particulate suspended matters and cases of respiratory disease in Rio de Janeiro city (Brazil). *Int J Environ Health Res*, v.12, n.2, p.169-74, 2002.

CIFUENTES, L. et al. Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico City, and New York City. *Environ Health Perspect*, v.109, Suppl 3, p. 419-25, 2001.

CONCEIÇÃO, G.M. Air pollution and child mortality: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect*, v. 109, Suppl 3, p.347-50, 2001.

DAUMAS, R. P.; MENDONÇA, G.A.S.; LEON, 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, v. 20, n.1, p.311-319, 2004.

DOMINICI, F. et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA*, v. 295, n.10, p.1127-1134, Mar.2006.

GOUVEIA, N.; BREMNER, S.A; NOVAES, H.M. Association between ambient air pollution and birth weight in São Paulo, Brazil. *J Epidemiol Community Health*; n.58, p.11-7, 2004.

GOUVEIA, N; FLETCHER, T. Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in São Paulo, Brazil: a time series analysis. *Occup Environ Med*, v.57, n.7, p.477-83, July 2000.

GOUVEIA, N.; FLETCHER, T. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Community Health*, v.54, n.10, p.750-755, Oct. 2000.

GOUVEIA, N. et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiol Serv Saúde*, v.12, n.1, p.29-40, 2003.

- LIN, C.A. et al. Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits. *Environ Res*, v. 92, n.1, p.57-63, May 2003.
- LUGINAAH, I.N. et al. Association of ambient air pollution with respiratory hospitalization in a government-designated "area of concern": the case of Windsor, Ontario. *Environ Health Perspect*, v.113, n.3, p.290-296, Mar. 2005
- MOURA, M. et al. Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v.42 n.3, June 2008.
- MARTINS, L.C. et.al. Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in Sao Paulo, Brazil. *Rev Saude Publica*; São Paulo, v.36, n.1, p. 88-94, 2002.
- MARTINS, L.C. et.al. Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory diseases in the elderly: an ecological time-series study in Sao Paulo, Brazil. *J Occup Environ Med*, v.44, n.7, p.622-627, Jul. 2002.
- NICOLAI, T. Pollution, environmental factors and childhood respiratory allergic disease. *Toxicology*, v. 181-182, p. 317-21, Dec. 2002.
- BRAGA, A.L. et al. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatr Pulmonol*, v. 31, n.2, p.106-113, Feb.2001.
- RITZ, B. et al. Ambient air pollution and risk of birth defects in Southern California. *Am J Epidemiol*, v.155, n.1, p.17-25, 2002.
- SOUZA, A. et al. Distribuição espacial da relação precipitação/número de dias de chuvas em Campo Grande-MS. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009. *Anais...* Taubaté: 2009.
- SOUSA, N. M. N.; DANTAS, R. T.; LIMEIRA, R. C. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumônia em João Pessoa-PB. *Rev. bras. Meteorol*, v.22, n.2, p.183-192, ago. 2007.
- STIEB, D.M.; JUDEK, S.; BURNETT, R. T. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. *J Air Waste Manage Assoc*, v.52, n.4, p.470-484, Apr. 2002.