

INDICADORES AMBIENTAIS E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS

environmental indicators and respiratory diseases in children

Amaury de Souza *

Elaine Schujmann **

Jandyra Maria Guimaraes Fachel ***

Widinei alves Fernandes ****

Resumo

Investigar os efeitos causados pela poluição atmosférica, ozônio, na morbidade por doenças respiratórias em crianças entre 2005 e 2008. Foram obtidos os dados diários de atendimentos por doenças respiratórias para crianças em unidades de saúde no Sistema Único de Saúde (SUS) no município de Campo Grande. Níveis diários de concentração de ozônio foram obtidos com o Departamento de Física da UFMS. Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária-Gado de Corte. Para verificar a relação existente entre doenças respiratórias e concentração de ozônio, realizaram-se análise descritiva das variáveis quantitativas descritas por meio de tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão) e o coeficiente de variação (CV) e posteriormente modelagem via Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson. Os resultados sugerem que a concentração de ozônio de superfície promove efeitos adversos para a saúde das crianças, mesmo quando os níveis do poluente está aquém do que determina a legislação.

Palavras chave: Poluição do ar, Saúde infantil (saúde pública), Doenças respiratórias.

Abstract

To assess the effects of air pollution levels on respiratory morbidity among children from 2005 and 2008. Data were obtained from daily visits for respiratory diseases for children in health units in the Unified Health System (SUS) in the municipality of Campo Grande, MS, Brazil. Daily levels of ozone concentration were obtained from the Department of Physics, UFMS. Daily measurements of temperature and relative humidity were provided by the Agricultural Research Corporation-Embrapa Gado de Corte-MS. To assess the relationship between respiratory diseases and ozone concentration were carried out descriptive analysis of quantitative variables described by means of central tendency (mean, median) and dispersion (standard deviation) and coefficient of variation (CV) and later via modeling Generalized Linear Models (GLM) using the model of multiple Poisson regression. The results suggest that the surface ozone concentration promotes adverse effects on children's health even when pollutant levels below what is required by law.

Key words: Air pollution, Child health (public health), Respiratory diseases.

Resumen

Investigar los efectos causados por la polución atmosférica, ozono, en la morbidez por enfermedades respiratorias en niños entre 2005 y 2008. Fueron obtenidos los datos diarios de atención por enfermedades respiratorias para niños en unidades de salud en el Sistema Único de Salud (SUS) en el municipio de Campo Grande. Niveles diarios de concentración de ozono fueron obtenidos con el Departamento de Física de la UFMS. Datos diarios de temperatura y humedad relativa del aire fueron fornecidos por la Empresa de Pesquisa Agropecuaria-Ganado de Corte. Para verificar la relación existente entre enfermedades respiratorias y concentración de ozono, se realizaron análisis descriptivo de las variables cuantitativas descritas por medio de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desvío patrón) y el coeficiente de variación (CV) y posteriormente modelaje vía Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando el Modelo Múltiple de Regresión de Poisson. Los resultados indican que la concentración de ozono de superficie promueve efectos adversos para la salud de los niños, aun cuando los niveles del contaminante está inferior al que determina la legislación.

Palabras clave: Polución del aire, Salud infantil, Enfermedades respiratorias.

(*) Prof. Dr. da Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais-CCET-UFMS. Cx. Postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande (MS) – Brasil. Tel.: (+ 55 67) 3345-7038. amaury.de@uol.com.br

(**) Mestra pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Cx Postal 15080, CEP 90035-003 - Porto Alegre/RS, Brasil. Tel. (+ 55 51) 3308-5620 - elaine_schujmann@hotmail.com

(***) Profª. Drª. do Instituto de Matemática, Cx Postal 15080, CEP 91501970 - Porto Alegre, RS – Brasil. Tel: (+ 55 51) 33166179. fachel@ufrgs.br

(****) Prof. Dr. da Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais - Cx. Postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande (MS) – Brasil. Tel.: (+ 55 67) 3345-7000. walfer@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Os problemas provenientes da poluição atmosférica começaram a ser considerados como uma questão de saúde pública a partir da Revolução Industrial, quando teve início o sistema de urbanização hoje conhecido. Na década de 80, a taxa de urbanização brasileira atingiu a marca de 68,9%.

A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças (BRAGA ALF et al, 1992, BRAGA ALF et al, 2001; LIN AC et al, 1999) e os idosos, (ATKINSON RW et al, 2001; MARTINS LC et al, 2002; SCHWARTZ J, MARCUS A. 1990; SCHWARTZ J, DOCKERY DW, 1992), grupos bastante suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição. Alguns estudos mostraram uma associação positiva entre a mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças (BRAGA ALF et al, 1992, BRAGA ALF et al, 2001; LIN AC et al, 1999).

A carência de informações no que se refere à relação poluição atmosférica e doenças respiratórias nas cidades instigou a verificação dessa relação. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a relação existente entre a concentração de ozônio e o nº de internações por doenças do aparelho respiratório na população infantil na cidade de Campo Grande-MS

MÉTODOS

Este trabalho é um estudo ecológico de séries temporais, realizado no município de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul. Os dados diários dos atendimentos ambulatoriais nas unidades de saúde do município foram obtidos na Secretaria Municipal da Saúde, e se referem aos atendimentos de crianças na faixa etária de 0 a 14 anos. O período analisado foi de primeiro de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2008. As doenças respiratórias foram codificadas de acordo com a 9ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-9 460 a 519).

A cidade de Campo Grande (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 Km² de área). O município de Campo Grande está localizado numa região tropical, portanto apresenta características climáticas predominantemente quentes ao longo do ano, com altos índices de precipitações e uma elevada umidade relativa. No período anual a temperatura média da cidade está em 23,5°C sua precipitação é de 1396 mm, a umidade apresenta um valor médio de 71%, porém variando entre 64,7% e 79%. A direção predominante dos ventos é do quadrante Norte (N), seguido de Nordeste (NO) e Este (E) (SANT'ANNA; ANUNCIAÇÃO, 2003).

No verão, a temperatura média é de 25,2°C, as temperaturas máximas absolutas oscilam entre 35,8°C e 37°C e as temperaturas mínimas variam entre 9,8°C e 12,8°C. A precipitação apresenta valores elevados, em média 552,9mm enquanto que a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica apresentam pouca variabilidade e sempre registros altos. No inverno as temperaturas tendem a ser amenas, espaçadas de forma homogenia pela cidade, o índice de precipitação, a umidade relativa e a pressão atmosférica do ar são baixas. A temperatura média no inverno oscila entre 20,3°C e 22,2°C, a temperatura máxima absoluta varia entre 34,8°C e 39°C ao passo que a temperatura mínima absoluta entre -1°C e 3°C. A precipitação apresenta valores médios registrados de 108,7mm. A variabilidade dos registros da umidade relativa está entre 58,5% e 70,9% (ANUNCIAÇÃO; SANT'ANNA 2002).

O poluente utilizado foi o registro da concentração de ozônio (O₃ em ppb) presente na atmosfera durante os anos de 2005 a 2008 através de coletas diárias realizadas pela estação de monitoramento do Departamento de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Essas medidas são realizadas ininterruptamente 24 h por dia e a cada 15 minutos são fornecidos valores da concentração de ozônio. A seguir, foi calculada a média aritmética por dia, assumiu-se que essa estimativa era representativa da poluição do ar no município de Campo Grande. Informações sobre



precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos foram obtidas junto a Embrapa - Gado de Corte-Campo Grande.

O conforto térmico humano (CTH) é medido por meio de índices de conforto também chamados de índices biometeorológicos. No estudo foram calculados o índice de Temperatura Efetiva (TE) e o índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV). O TE utiliza os parâmetros meteorológicos temperatura e umidade e o TEV além destes parâmetros utiliza também a velocidade dos ventos. Estes índices foram escolhidos por representar satisfatoriamente o clima.

Realização da análise descritiva das variáveis quantitativas descritas por meio de tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão) e o coeficiente de variação (CV) e posteriormente modelagem via Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson.

Neste grupo de modelos estatísticos a variável dependente (nº de internações hospitalares) é um processo de contagem, ou seja, é uma variável quantitativa discreta e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento da série ao longo do tempo. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperaturas máximas, mínimas e médias, umidade do ar, índices de CTH, velocidade dos ventos e precipitação). A variável resposta de uma regressão de Poisson deve seguir uma distribuição de Poisson onde a média da variável resposta deve ser igual à variância. Quando se trabalha com dados experimentais, nem sempre isto acontece podendo ocorrer uma super dispersão (variância maior que a média) ou uma sub dispersão (variância é menor que a média). Mesmo assim ainda é possível aplicar o modelo de regressão de Poisson realizando-se transformações (TADANO et. al. 2009).

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição e dos parâmetros climáticos sobre a saúde humana apresentam, aparentemente, uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores e climáticos. Os atendimentos observados em um dia específico podem tanto estar relacionados à poluição e ao clima do referido dia, como ao da poluição e clima observados em dias anteriores. Portanto é necessária a determinação de uma estrutura de “lag” (defasagem) (COELHO et. al. 2010).

Antes da realização da modelagem de Regressão de Poisson (MRP) foram calculados os lags, pois se sabe que as doenças do aparelho respiratório geralmente apresentam defasagem em relação à exposição dos indivíduos aos agentes climáticos. Foram usados lags variando de 1 a 7 dias, pois o objetivo do estudo é de verificar a existência de correlação entre o nº de internações hospitalares devido a doenças respiratórias e as variáveis ambientais para um período máximo de uma semana.

Realização da matriz de correlação entre as variáveis de estudo com seus respectivos lags para definir a entrada dessas variáveis no modelo segundo o grau de significância estatística e verificar a existência de colinearidade entre as variáveis independentes.

Construção dos modelos Univariáveis de Regressão de Poisson para a seleção das variáveis meteorológicas que apresentaram significância (valor-p) menor que 0,25 para então realizar os Modelos Multivariáveis de Regressão de Poisson (com estas variáveis) usando-se a seguinte equação:

$$\ln(DRU) = a + \sum S_{bi}(X_i)$$

Onde DRU é a variável dependente (número de internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande), a e b são os parâmetros a serem estudados e X_i são as variáveis independentes.

Realização de ajustes no MRP através das variáveis reguladoras dias da semana, feriado e ano e cálculo do risco relativo (RR) usando os parâmetros estimados no modelo mediante a seguinte fórmula:

$$RR = \exp(\beta * X)$$

Onde X é o valor da variável independente e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson. O intervalo de confiança utilizado foi de 95% e usou-se a seguinte equação:



$$IC95\% = \exp[\beta \pm 1,96 * \text{epd}(\beta)]$$

Onde epd é erro padrão de β .

RESULTADOS

Durante o período de estudo foram atendidas 4691 crianças por pneumonias incluídas no Capítulo VIII do CID-9. Pela Figura 1 pode-se observar que entre 2005 e 2008 o poluente ozônio não ultrapassou o limite diário de qualidade do ar O₃ (80ppb), definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

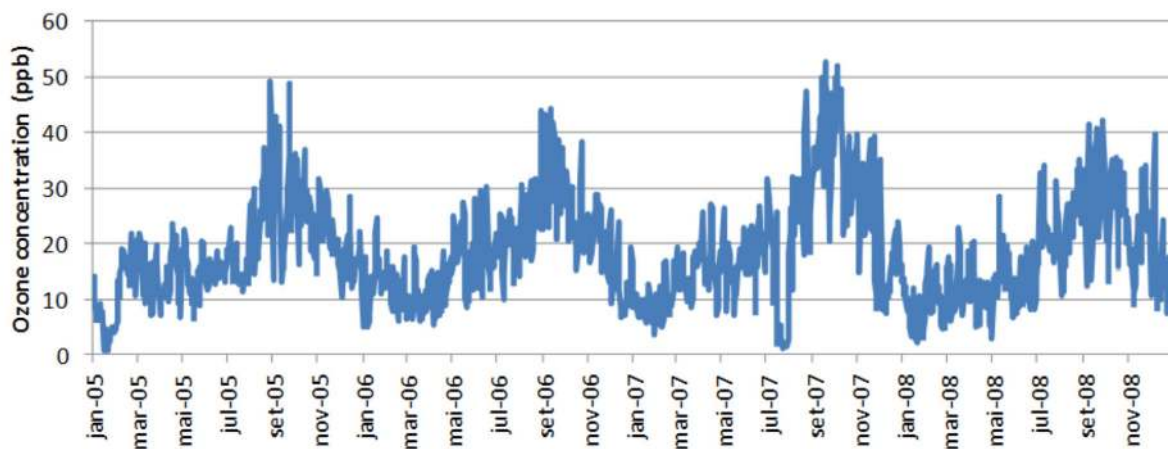


Figura 1 - Concentrações médias diárias para o ozônio analisados na cidade de Campo Grande (2005-2008)

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva da variável pneumonia em crianças, dos níveis diários do poluente do ar (ozônio), temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e índices biometeorológicos.

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas - Campo Grande- MS, 2005-2008

Variável	Mé- dia	Míni- mo	Máxi- mo	Desvio pa- drão	N
PNE- CRIAN	3,21	0	9	2,04	1461
Ozônio	18,42	0,66	52,76	9,23	1461
Precipita- ção	3,66	0,00	97,80	9,83	1461
TEMPmin	18,88	4,66	26,88	3,61	1461
TEMPmax	30,17	11,10	38,30	3,77	1461
TEMPmed	23,49	10,00	30,81	3,43	1461
Umidade	65,43	19,16	98,00	16,30	1461
Vel. Vento	3,85	0,00	11,10	1,77	1461
TEMAX	27,27	11,04	32,76	2,98	1461
TEMIN	17,67	5,42	23,25	3,18	1461
TEMED	21,58	10,00	26,31	2,90	1461
TEVMAX	25,02	0,45	32,56	4,33	1461
TEVMIN	9,48	-7,73	19,06	4,32	1461
TEVMED	17,17	-1,58	25,21	4,29	1461

O poluente atmosférico ozônio está positivamente correlacionado com as doenças respiratórias (Tabela 2). Observa-se, também, uma relação inversamente proporcional entre as doenças e os indicadores climáticos com exceção da velocidade dos ventos que tem uma correlação positiva.

Tabela 2 - Correlação entre o ozônio, variáveis climáticas, índices bimeteorológicos

VARIÁVEL	PNE-CRIAN
Ozônio	0,135
Precipitação	-0,076
Umidade	-0,174
Vel. Vento	0,096
TEMAX	-0,028
TEMIN	-0,092
TEMED	-0,046
TEVMAX	-0,007
TEVMIN	-0,049
TEVMED	-0,034

A Tabela 3 apresenta o modelo com maior significância estatística, com o menor AIC (“Akaike’s Information Criterion”) (AIC) quanto menor o valor do AIC melhor o modelo) e que se mostrou mais eficiente na previsão do nº de internações por doenças respiratórias em crianças na cidade de Campo Grande. Pode-se observar que a associação entre o ozônio (3 lags de diferença) e atendimentos por doenças respiratórias foi estatisticamente significativa. A variável TEV MIN (índice bimeteorológico com 4 lags de defasagem) também se apresenta significativa na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de regressão, riscos relativos e respectivos intervalos de confiança de 95% para o ozônio no modelo

Parâmetros	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	Risco relativo	95 % Intervalo de	
				Confiança Exp(b)	
				Inferior	Superior
Intercepto	-,251	,0489	,778	-,346	-,155
Ozônio	,008	,0011	1,008	,006	,010
[feriado fim de semana=0]	1,667	,0375	5,297	1,594	1,741
[feriado fim de semana=1]	0 ^a	.	1	.	.
[ANO=2005]	-,040	,0292	,960	-,098	,017
[ANO=2006]	-,100	,0315	,905	-,161	-,038
[ANO=2007]	-,038	,0296	,962	-,096	,020
[ANO=2008]	0 ^a	.	1	.	.
TEVMIN	-,008	,0024	,992	-,012	-,003

A Figura 2 mostra que, para esse período de defasagem, o ozônio apresenta uma associação positiva e significativa com o desfecho adotado. Já a Figura 3 apresenta o aumento percentual nos atendimentos devido a aumentos da concentração do ozônio.



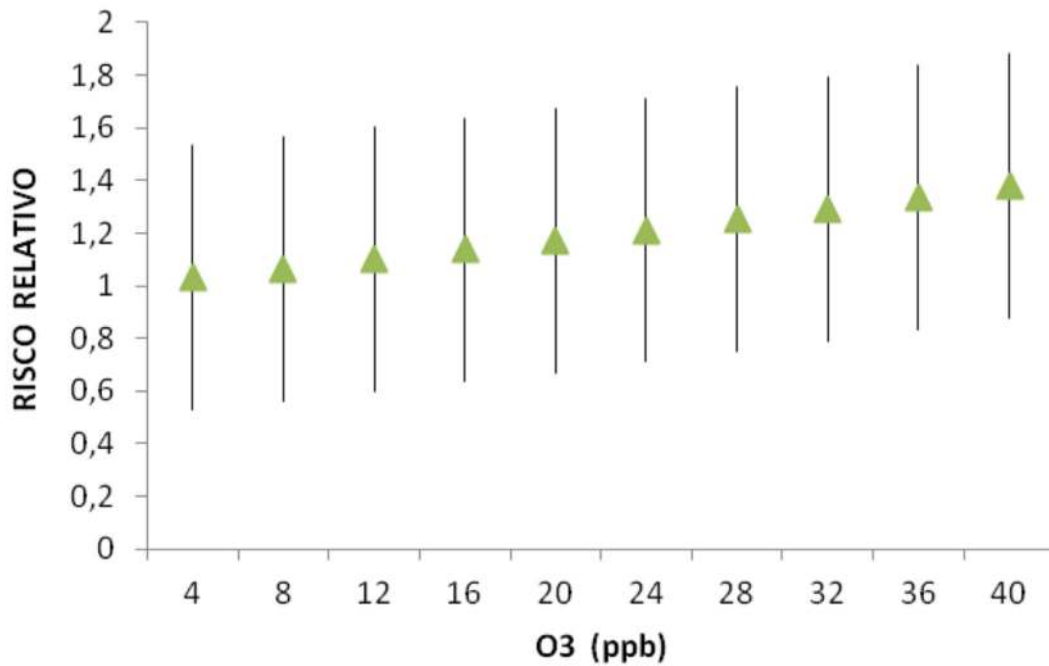


Figura 2 - Risco Relativo decorrente do aumento do ozônio (O3)

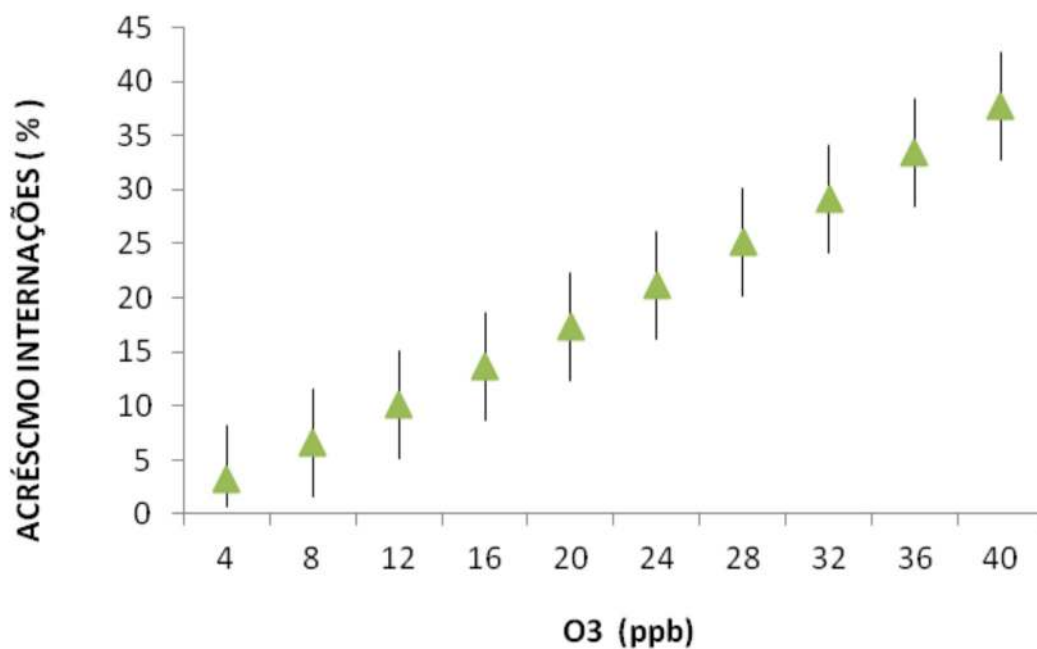


Figura 3 - Acréscimo de internações com o aumento do ozônio (O3)

A Figura 4 indica a associação negativa existente entre o n° de internações por doenças respiratórias em crianças e o índice TEV MIN e a Figura 5 mostra o decréscimo percentual no n° destes atendimentos.

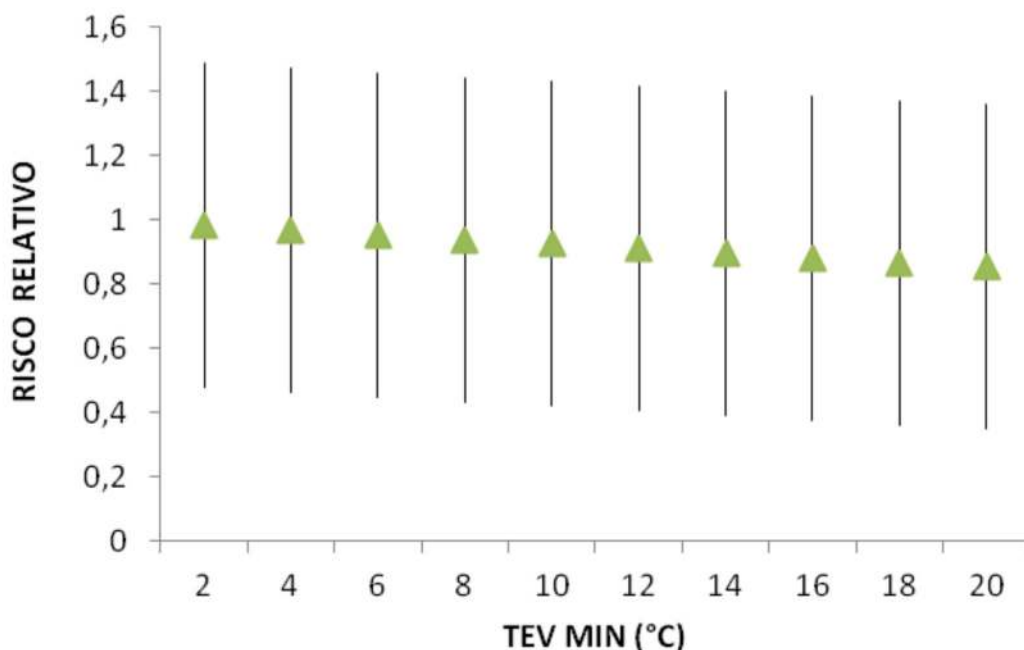


Figura 4 - Risco Relativo decorrente do índice TEV MIN

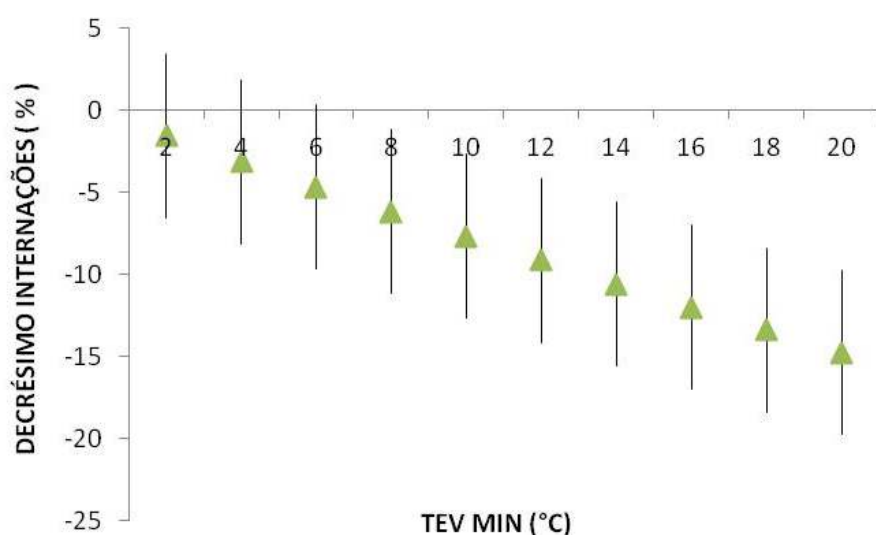


Figura 5 - Decréscimo de internações com o aumento do índice TEV MIN

DISCUSSÃO

Embora este seja um estudo ecológico, no qual a unidade de estudo é o grupo de indivíduos que pode representar um bairro, uma cidade ou até mesmo um país e não a observação individual destaca-se que esses estudos têm-se mostrado eficientes no que se refere à abordagem dos efeitos da poluição sobre a saúde. (ANDERSON HR, et al ;1996; BRAGA ALF, et al , 2201; LIN AC et al, 1999; MARTINS LC et al ,2002; SCHWARTZ J, MARCUS A. 1990; SCHWARTZ J, DOCKERY DW., 1992). A opção por se trabalhar com o número total de doenças respiratórias e não por patologia específica recaiu sobre a probabilidade de se diminuir a diversidade de diagnósticos

entre os vários serviços que forneceram os dados originais. O uso de modelos de regressão cada vez mais sofisticados permitiu que fossem controlados com maior eficácia os fatores de confusão que poderiam interferir na análise dos dados. Optou-se por uma modelagem via Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando-se o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson. Utilizou-se a regressão de Poisson, por permitir que sejam analisados os dados de contagem como o número de atendimentos por doenças respiratórias. (HASTIE TJ, TIBSHIRANI RJ ; 1995)

Neste grupo de modelos estatísticos a variável dependente (nº de internações hospitalares) é um processo de contagem, ou seja, é uma variável quantitativa discreta e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento da série ao longo do tempo. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperaturas e umidades máximas e mínimas, índices de CTH, velocidade dos ventos e precipitação) As variáveis “dia da semana” e “feriado” foram utilizada para controlar a sazonalidade de curta duração. Para controlar sazonalidade de longa duração, foi utilizada a variável “ano”.

Associações positivas foram encontradas entre O₃ e as doenças respiratórias em crianças de Campo Grande. Esses efeitos são semelhantes aos encontrados em outras cidades do Brasil, em especial àqueles observados na cidade de São Paulo (BRAGA ALF. et al 1999;BRAGA ALF, et al, 2001; LIN AC, et al, 1999) tanto na diversidade de poluentes associados quanto na magnitude dos efeitos estimados.

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 primários. (ANDERSON, HR et al, 1996; ATKINSON RW, 2001; SCHWARTZ J, et al,1992; SCHWARTZ J. et al, 1990). O O₃ 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 O₃ não apresenta alta correlação com as outras variáveis analisadas no presente estudo. 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 (BRAGA ALF, et al, 2001; . LIN AC, et al, 1999).

Com base nos resultados encontrados, pode-se inferir que os níveis de poluição do ar em Campo Grande apesar de não serem tão altos ou mesmo quando não ultrapassam o padrão de qualidade do ar, interferem no perfil da morbidade respiratória da população infantil da cidade.

Espera-se que os resultados encontrados sejam úteis, pois permitem mensurar os riscos a que a população está exposta e fornecem subsídios para a elaboração de medidas que visem a minimizar esses riscos, contribuindo ainda com o planejamento de saúde ambiental ou urbana e no aperfeiçoamento de políticas públicas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANDERSON HR, LEON AP, BLAND JM, BOWER JS, STRACHAN DP. **Air pollution and daily mortality in London: 1987-1992.** BMJ 1996;312:665-9.
- ANUNCIAÇÃO, VICENTINA SOCORRO DA; SANT'ANNA NETO, JOÃO LIMA. O clima urbano da cidade de Campo Grande - MS. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.). **Os climas das cidades brasileiras.** Presidente Prudente: Editora da UNESP, 2002, p.22-35.
- ATKINSON RW, ANDERSON HR, SUNYER J, AYRES J, BACCINIM, VONK JM . Acute effects of particulate air pollution on respiratory admission: results from APHEA 2 project. Air pollution and health: a European Approach. **Am J Respir Crit Care** 2001;164(10 Pt 1):1860-6.
- BRAGA ALF, CONCEIÇÃO GMS, PEREIRA LAA, KISHI HS, PEREIRA JCR, ANDRADE MF. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. **J Environ Med** 1999;1:95-102.
- BRAGA ALF, SALDIVA PHN, PEREIRA LAA, MENEZES JJC, CONCEIÇÃO GMS, LIN CA. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatr Pulmonol**

2001;31:106-13.

COELHO, MICHELINE DE SOUSA ZANOTTI STAGLIÓRIO; ALVES, FÁBIO LUIZ TEIXEIRA GONÇALVES; LATORRE, MARIA DO ROSÁRIO DIAS DE OLIVEIRA. Statistical Analysis Aiming at Predicting Respiratory Tract Disease Hospital Admissions from Environmental Variables in the City of São Paulo. **Journal of Environmental and Public Health**, 2010.

HASTIE TJ, TIBSHIRANI RJ. **Generalized additive models**. London: Chapman and Hall; 1995.

LIN AC, MARTINS MA, FARHAT SL, POPE III CA, CONCEIÇÃO GMS, ANASTÁCIO MV. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Pediatr Perinat Epidemiol** 1999;13:475-88.

MARTINS LC, LATORRE MRDO, CARDOSO MRA, GONÇALVES FLT, SALDIVA PHN, BRAGA ALF. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, **Brasil. Rev Saúde Pública** 2002;36:88-94.

MORGENSTERN H. Ecologic Studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. **Ann Rev Public Health** 1995;16:61-81.

SANT'ANNA NETO, JOÃO LIMA; ANUNCIAÇÃO, VICENTINA S. da. Uma reflexão do espaço urbano da cidade de Campo Grande/MS na perspectiva climática. **Rev. Pantaneira**, vol. 3 nº1, 2003.

SANTOS M. **A urbanização brasileira**. 3ª ed. São Paulo: Hucitec; 1996.

SCHWARTZ J, DOCKERY DW. Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, **Ohio. Am J Epidemiol** 1992;135:12-9.

SCHWARTZ J, MARCUS A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. **Am J Epidemiol** 1990;131:185-94.

TADANO, YARA DE SOUZA; UGAYA, CÁSSIA MARIA LIE; FRANCO, ADMILSON TEIXEIRA. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambient. soc.** [online]. 2009, vol.12, n.2, pp. 241-255.

Trabalho enviado em janeiro de 2013
Trabalho aceito em fevereiro de 2013

