

# Material particulado (PM<sub>2.5</sub>) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira

## *Particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) of biomass burning emissions and respiratory diseases in the south of the Brazilian Amazon*

Ageo Mário Cândido da Silva<sup>1,II</sup>

Inês E. Mattos<sup>I</sup>

Saulo R. Freitas<sup>III</sup>

Karla M. Longo<sup>III</sup>

Sandra S. Hacon<sup>I</sup>

<sup>I</sup> Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz (ENSP-FIOCRUZ)

<sup>II</sup> Instituto de Saúde Coletiva (ISC –UFMT)/Secretaria do Estado de Saúde do Estado de Mato Grosso (SES - MT)

<sup>III</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC –INPE)

Trabalho financiado pelo Ministério da Saúde/CNPq (PPSUS) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) – Processo Nº 49610037290

**Correspondência:** Ageo Mário Cândido da Silva. Rua General Ramiro de Noronha, 606, Jardim Cuiabá, Cuiabá, MT CEP 78043-180. E-mail - ageoms@terra.com.br

## Resumo

**Objetivos:** Analisar espacialmente o efeito da exposição ao material particulado (PM<sub>2.5</sub>) na ocorrência de doenças do aparelho respiratório de crianças de um a quatro anos e de idosos com sessenta e cinco anos ou mais nos municípios do Estado de Mato Grosso em 2004. **Métodos:** Trata-se de um estudo ecológico em duas etapas. A primeira foi uma investigação da autocorrelação espacial global da prevalência de internações por doenças respiratórias e do percentual de horas críticas de concentração do material particulado nos municípios do estado de Mato Grosso, empregando-se o método bayesiano empírico para minimização das flutuações aleatórias dos indicadores e a estatística Moran “global”. A segunda, uma regressão múltipla espacial, teve como variáveis resposta a prevalência de internações por doenças respiratórias, e como variável de exposição o percentual de horas críticas anuais. Para ajuste, foram utilizadas variáveis *proxies* de poluição do ar, variáveis de atenção à saúde e de condições de vida da população. **Resultados:** Não foram observados padrões espaciais globais de prevalência de doenças respiratórias em grupos sensíveis nos municípios, mas evidenciou-se elevada dependência espacial do percentual de horas críticas anuais de concentração do material particulado. Na regressão múltipla, foram observadas associações estatisticamente significativas entre a prevalência de internações por doenças respiratórias e o percentual de horas críticas anuais de material particulado. **Conclusões:** As emissões de material particulado originadas de queimadas na Amazônia Legal estão relacionadas à prevalência de internações por doenças respiratórias em grupos populacionais sensíveis nos municípios do Estado de Mato Grosso.

**Palavras-chave:** Material particulado. Queimadas. Doenças do aparelho respiratório. Amazônia.

## Abstract

**Objectives:** To analyze the morbidity of patients with respiratory diseases and the effect of exposure to particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) on the occurrence of these diseases in children from one to four years of age and adults aged to 65 years and older in municipalities of the state of Mato Grosso, Brazil, in 2004. **Methods:** Ecological study in two stages: The first was an investigation of the global space autocorrelation of the prevalence of hospital admissions due to respiratory diseases and percentage of critical hours of concentration of particulate matter in the municipalities of the state of Mato Grosso, using the Empirical Bayes Smoothing function to minimize random fluctuations of indicators and Global Moran's I. The second, a Multiple Spatial Regression Analysis, had the prevalence of hospital admissions due to respiratory diseases as the outcome variable and the annual percentage of critical hours as independent variable. In order to fit the model, proxy variables of air pollution, population healthcare and living conditions variables were used. **Results:** No global spatial patterns were observed for hospital admissions due to respiratory diseases in the municipalities; however, a high spatial dependence of the annual percentage of critical hours was detected. In the Multiple Spatial Regression, the models presented significant associations between the annual percentage of critical hours and numbers of hospital admissions due to respiratory diseases. **Conclusion:** We noted that intense production of particulate matter resulting from burning in the 'Legal Amazon' can increase the occurrence of respiratory diseases in vulnerable groups in the municipalities of the state of Mato Grosso, which belongs to the Brazilian Amazon.

**Keywords:** Particulate matter. Biomass burning emission. Respiratory diseases. Brazilian Amazon.

## Introdução

A poluição atmosférica tem afetado de forma significativa a saúde humana e, embora os mecanismos de ação específicos ainda estejam em estudo, existem muitas evidências de uma associação causal<sup>1-4</sup>.

Os grupos mais suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica são crianças, idosos e indivíduos com doenças do aparelho respiratório e cardiovascular. Em relação às crianças, as doenças do aparelho respiratório, em especial as infecções respiratórias agudas, asma e bronquite, são as causas mais comuns de morbimortalidade<sup>5,6</sup> e, além de condições nutricionais inadequadas e baixo nível socioeconômico, os altos níveis de poluição do ar são apontados como fatores de risco, tanto em países desenvolvidos com naqueles em desenvolvimento<sup>7</sup>. Entre os idosos, apesar de sua mortalidade estar mais relacionada a causas do aparelho cardiovascular, as doenças do aparelho respiratório ainda são o principal motivo de internação<sup>7,8</sup>. Nessa faixa etária, a suscetibilidade à poluição atmosférica pode ser exacerbada pela debilidade física, baixa resiliência fisiológica do aparelho respiratório e outras doenças prevalentes<sup>9,10</sup>. A literatura também refere associação entre altos índices de queimada e baixo peso ao nascer<sup>10,11</sup>.

Após os incêndios transcontinentais nas ilhas polinésias na década passada, estudos epidemiológicos sobre poluentes atmosféricos originários de queima de biomassa começaram a ser desenvolvidos<sup>12</sup>. A preocupação mundial com as mudanças climáticas globais e os extensos desmatamentos de florestas naturais têm despertado cada vez mais interesse nas queimadas e seus impactos socioambientais no continente sul-americano.

No Brasil, a Amazônia Legal concentra mais de 85% das queimadas que ocorrem, principalmente, no "Arco do Desmatamento", que possui 3.000 km de extensão e mais de 300 km de largura, e se estende desde o Acre até o Maranhão<sup>13</sup>. Entre agosto e dezembro de 2007 foram desmatados 3.235

km<sup>2</sup> nesta região, sendo 53% deste total apenas em Mato Grosso, Estado que apresenta os maiores índices de desmatamentos e, conseqüentemente, de queimadas<sup>14</sup>.

Com o fenômeno das queimadas ocorre intensa produção de poluentes atmosféricos, entre os quais o material particulado com diâmetros igual ou menor de 2,5 µm, também chamado de particulado fino, e o material particulado grosso com partículas menores que 10,0 µm (PM<sub>10</sub>) e considerado mais danoso à saúde humana<sup>15,16</sup>. Estudos mais recentes destacam o importante papel das partículas de menor tamanho (PM<sub>2,5</sub>) como fatores de risco para doenças respiratórias<sup>17,18</sup>.

Em 1997, durante incêndios da floresta amazônica com elevados níveis de material particulado na região sul da Amazônia, em Alta Floresta (MT), houve um aumento de 20 vezes na procura de ambulatórios médicos por doenças respiratórias<sup>19</sup>.

O presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial conjunta de um indicador de poluição do ar e da prevalência de internações por doenças respiratórias em grupos populacionais sensíveis nos municípios do estado de Mato Grosso em 2004.

Esta análise é parte integrante do projeto INCT / CNPq proc. 573797/2008-0 e da Sub Rede Clima – Saúde/FIOCRUZ sobre “Avaliação dos Efeitos das queimadas sobre a saúde humana na Amazônia brasileira”.

## Material e Métodos

Foram incluídos no estudo os 139 municípios existentes no Estado de Mato Grosso no ano de 2004. Os dados geográficos e espaciais relativos a cada município, contemplando as variáveis: latitude, longitude, perímetro, área e localização da sede de cada município no Estado, foram obtidos no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística<sup>20</sup>.

Como variável de exposição foi utilizado o indicador de poluição do ar percentual de horas críticas anuais de partículas de aerossol com diâmetro inferior a 2,5 µm

(PM<sub>2,5</sub>), emitidas por queimadas (%HC). A construção desse indicador considera, no numerador, o número de vezes em que os valores estimados de concentração de PM<sub>2,5</sub> se mantiveram acima de 80 µg/m<sup>3</sup> (hora crítica) em determinado ano e, no denominador, o número total de vezes em que os valores desses poluentes foram estimados (Nº total de horas), conforme a fórmula a seguir<sup>21</sup>.

$$\%HC = \frac{\sum (\text{N}^\circ \text{ de horas críticas})}{\sum (\text{N}^\circ \text{ total de horas})} * 100$$

Esse indicador foi estimado para cada município do Mato Grosso pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC–INPE), através do modelo *Coupled aerosol and trace gases transport model to the Brazilian developments of the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS Model)*<sup>21,22</sup>. O CATT-BRAMS, a partir da observação de focos de calor pelos satélites, utiliza as emissões de vários gases e partículas de aerossóis para prever, com boa precisão, a concentração de poluentes atmosféricos, como PM<sub>2,5</sub> e o monóxido de carbono (CO), na região em estudo, utilizando parâmetros de difusão horizontais e verticais de radiação solar, umidade e temperatura<sup>21</sup>.

O limite de 80 µg/m<sup>3</sup> teve como base a classificação do Departamento de Qualidade do Meio Ambiente de Oregon, EUA, para episódios de queimadas, que classifica concentrações horárias de PM<sub>2,5</sub> acima deste valor como *insalubre para grupos sensíveis*, (80,1 a 175,0 µg/mm<sup>3</sup>), *insalubre* (175,1 a 300,0 µg/mm<sup>3</sup>), *muito insalubre* (300,1 a 500,0 µg/mm<sup>3</sup>) e *danosa* (mais de 500 µg/mm<sup>3</sup>)<sup>23</sup>.

No presente estudo, foram incluídos como *grupos sensíveis* as crianças de um a quatro anos e os indivíduos a partir de sessenta e cinco anos de idade (idosos).

Como variáveis de desfecho foram consideradas:

- *Prevalência de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças de 1 a 4 anos por 1.000 habitantes em*

cada município no ano de 2004, sendo o numerador constituído pelo total de internações por essa causa nesse grupo etário e o denominador pela população da mesma faixa etária;

- *Prevalência de internações hospitalares por doenças respiratórias em indivíduos de 65 anos ou mais por 1.000 habitantes em cada município no ano de 2004*, sendo o numerador constituído pelo total de internações por essa causa nesse grupo etário e o denominador pela população da mesma faixa etária.

Os dados de internações hospitalares por causas respiratórias (Capítulo X - Doenças do aparelho respiratório que compreende as categorias de J00 até J99 da Classificação Internacional de Doenças - CID 10) segundo local de residência para cada município do Estado de Mato Grosso foram obtidos nos bancos de dados informatizados do Ministério da Saúde, através das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) do Sistema Único de Saúde (SUS) para o ano de 2004<sup>24,25</sup>. Após a criação dos novos municípios os Sistemas Nacionais de Informação em Saúde levam um determinado tempo para inseri-los em suas bases de dados. Para os dados faltantes desses municípios novos, que ainda não tinham suas informações disponibilizadas para o ano de 2004, foram consideradas as informações dos municípios de origem; nos casos em que o município novo se originou de mais de um município, foram consideradas as médias dos indicadores dos municípios de origem. As informações populacionais utilizadas como denominadores na construção das medidas de prevalência foram fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE e estão disponibilizadas na homepage do DATASUS<sup>24</sup>.

As seguintes co-variáveis foram consideradas:

- *Área desmatada (km<sup>2</sup>) em cada município*  
Esta variável foi incluída no estudo como indicadora da produção de outros poluentes atmosféricos devido à

indisponibilidade desses dados para todos os municípios do Estado de Mato Grosso. O desmatamento se inicia com a retirada da madeira seguida da queima de vegetação que origina uma série de poluentes atmosféricos, variando com o tipo de combustão e com a composição da biomassa<sup>26,27</sup>. Os dados foram obtidos no Anuário Estatístico da Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso<sup>28</sup>.

- *Existência de hospital no município*  
Incluída como variável discreta (sim/não), para representar a disponibilidade de serviços de saúde no município. Esses dados foram obtidos dos bancos de dados do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) do ano de 2004<sup>24</sup>.
- *Percentual de indivíduos da população com oito anos ou mais de estudo*
- *Renda média per capita*  
Essas duas variáveis foram consideradas, tendo em vista que as desigualdades de educação e renda indicam diferentes necessidades de acesso e oferta dos serviços de saúde<sup>29</sup>. Ambas foram obtidas do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, versão 1.0<sup>30</sup>.
- *Número de queimadas por município no ano de 2004*

Sua seleção teve como motivo a diferenciação entre exposição à fumaça aguda, que ocorre imediatamente após a queima de biomassa, proveniente da exposição crônica<sup>21,22</sup>. O Estado de Mato Grosso apresenta clima caracterizado por apresentar inverno seco, quando a massa de ar tropical continental fica estacionada na região, e verão chuvoso, quando a massa de ar equatorial continental predomina em todo o Estado<sup>31</sup>. As informações foram obtidas do Anuário Estatístico de Mato Grosso de 2005<sup>28</sup>.

### **Análise dos dados**

Foi efetuada uma análise exploratória univariada de dados espaciais para investigação de *autocorrelação espacial global* das estimativas bayesianas das internações por

doenças respiratórias em crianças e indivíduos idosos, e do indicador percentual de horas críticas anuais (%HC) de concentração de partículas de aerossol com diâmetro inferior a 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) nos municípios de Mato Grosso, através do índice I de Moran, sob as suposições de normalidade e de randomização. A distribuição de valores do índice de Moran varia entre -1,0 e +1,0 e testa se áreas conectadas apresentam maior semelhança quanto ao indicador estudado do que seria esperado num padrão aleatório<sup>32</sup>. Optou-se por construir estimativas bayesianas para as internações, visando minimizar a instabilidade das prevalências, através da eliminação da flutuação aleatória presente em pequenas áreas<sup>34</sup>. O método utilizado foi o bayesiano empírico espacial proposto por Marshall<sup>35</sup>, em que a prevalência de cada município é ajustada levando-se em conta as prevalências de seus vizinhos. A mesma estratégia de análise foi utilizada na investigação das relações entre a variável independente e as duas variáveis dependentes consideradas no estudo.

Na análise múltipla, primeiramente avaliou-se a direção e a magnitude das associações entre as variáveis independentes através de uma matriz de correlação. A seguir, utilizou-se a análise de regressão múltipla espacial. Esse tipo de análise possui os mesmos pressupostos da regressão linear tradicional, porém leva em consideração as tendências ou correlações espaciais dos dados e, caso seja constatada autocorrelação espacial, são incorporados determinados parâmetros que possibilitam a retirada destes efeitos. A qualidade do ajuste do modelo de regressão espacial é semelhante à do modelo de regressão múltipla tradicional, sendo verificada por meio da análise de resíduos e também com base no índice de Moran<sup>36</sup>.

Para a inclusão ou retirada das variáveis do modelo foram utilizados os seguintes critérios:

- Inclusão de variáveis que obtiveram maior F na análise de regressão simples;
- Inclusão de variáveis que, na correlação parcial, controlada pelas variáveis que

já estavam no modelo, apresentaram correlação estatisticamente significativa com a variável dependente.

- Inclusão das variáveis consideradas, teoricamente, como importantes (Percentual de indivíduos da população com oito anos ou mais de estudo, Renda média per capita e Existência de hospital no município).

O critério de exclusão das variáveis foi o valor de  $p$  maior ou igual a 0,05.

Na verificação dos pressupostos da regressão linear, foram efetuadas análises gráficas entre resíduos padronizados, valores observados e preditos, além do diagnóstico de normalidade, por meio de gráficos Q-Q *plot*. A homocedasticidade das variáveis apresentou distribuição aleatória, sem comportamento cíclico ou de tendência definido. Na obtenção dos modelos finais também se verificou que não houve autocorrelação espacial dos resíduos.

Os softwares utilizados foram o Stata 9.1, SPSS 13.0 e GeoDa 0.9.5-i.

O presente trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde pública sob parecer nº. 164/08.

## Resultados

As prevalências médias das doenças respiratórias em crianças de 1 a 4 anos e de idosos com 65 anos ou mais no ano de 2004 foram, respectivamente, 397,6 e 909,3 internações hospitalares por 1.000 habitantes. O percentual de horas críticas médio de  $\text{PM}_{2.5}$  foi de 5,8% para o ano de 2004.

A Figura 1 demonstra uma distribuição espacial heterogênea das internações por DAR de crianças de 1 a 4 anos segundo tercis, onde, entre os aglomerados de municípios com maiores prevalências, grande parte se encontra na região amazônica do Estado, apesar da não existência de dependência espacial segundo a estatística I de Moran ( $I = 0,0182$ ,  $p\text{-valor} = 0,340$  para 999 permutações). Em relação aos tercis de prevalência de internações por DAR

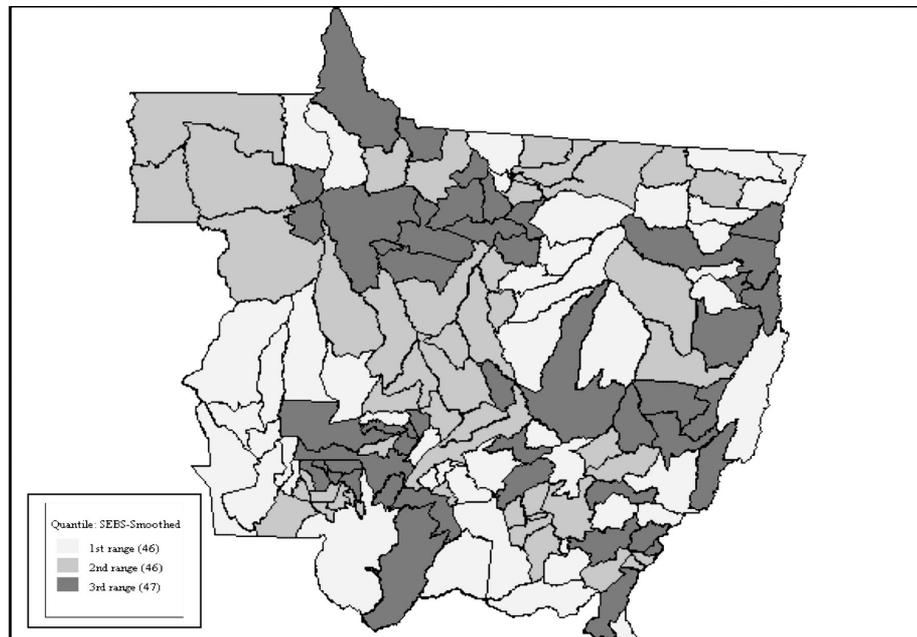
entre idosos com 65 anos ou mais (Figura 2), nota-se ainda uma quantidade maior de agrupamentos de maior prevalência entre os municípios do bioma amazônico, também sem a observação da ocorrência de dependência espacial ( $I = 0,0234$ ;  $p$ -valor = 0,247 para 999 permutações).

Quanto ao %HC, a estatística I de Moran caracterizou três agrupamentos bastante distintos com elevada autocorrelação espacial ( $I = 0,676$ ;  $p$ -valor < 0,001 para 999 permutações). Os municípios do bioma amazônico, na sua maioria, apresentaram maior percentual de horas críticas do poluente analisado, e os demais, situados nas regiões de cerrado ou pantanal, percentuais menores (Figura 3).

Com o objetivo de avaliar se os valores discrepantes destas três análises influenciavam o cálculo do coeficiente de autocorrelação global em relação à significância estatística, foram refeitas as análises sem a interferência destes extremos, não se observando alteração dos resultados da estatística I de Moran para nenhuma das variáveis ana-

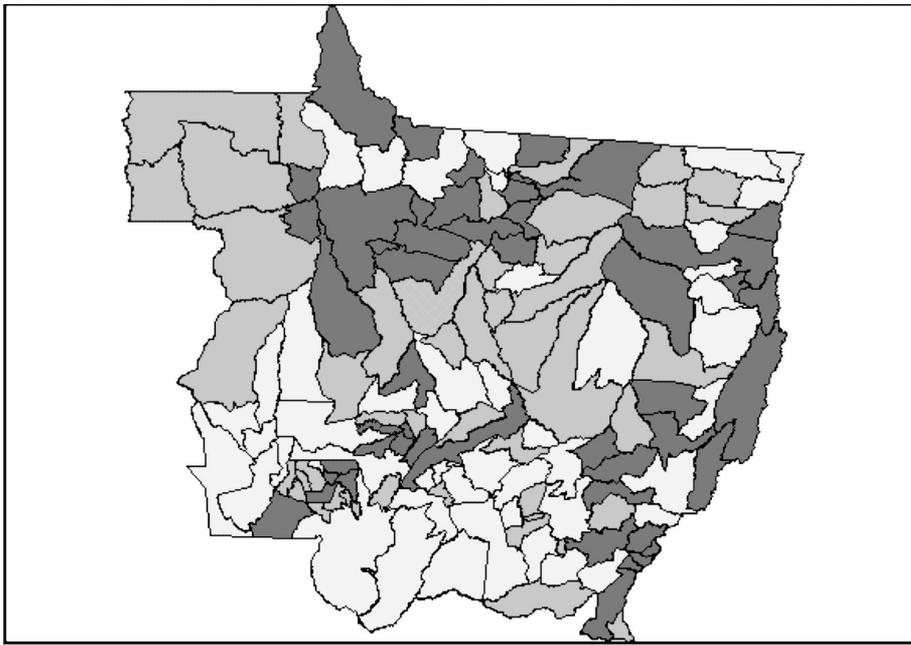
lisadas anteriormente, optando-se assim pela permanência destes na análise.

A análise exploratória bivariada das correlações realizada por meio da matriz de correlação (Tabela 1) mostrou que não foram observadas correlações estatísticas significantes entre o %HC e as prevalências de internações por doenças do aparelho respiratório. A prevalência de internações de crianças de 1 a 4 anos apresentou correlação moderada (0,284) com a presença de hospitais. Foi também observada correlação moderada entre a prevalência de internações por DAR em idosos com 65 anos ou mais e a presença de hospitais (0,349). A variável de exposição %HC apresentou correlação forte com número de focos de calor ao ano (0,550), e moderada com o total de área desmatada (0,391) e com renda per capita (0,332). O número de focos de calor ao ano se correlacionou fortemente com o total de área desmatada no ano (0,782) e moderadamente com renda per capita (0,228). A proporção de indivíduos com oito anos ou mais de escolaridade apresentou



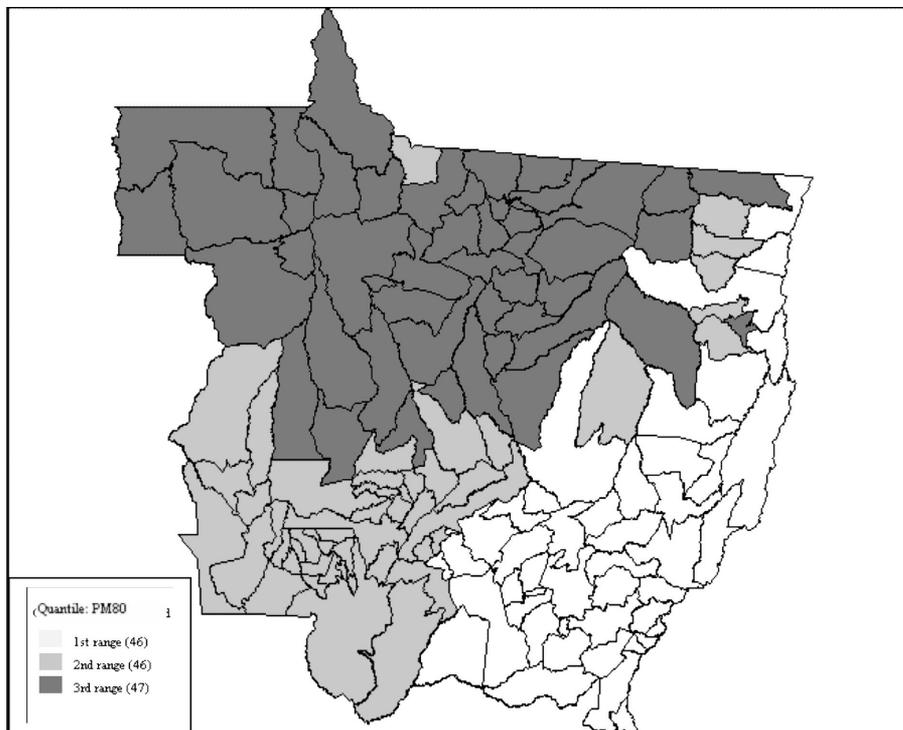
**Figura 1** – Estimativa Bayesiana Empírica da Prevalência de Internações de Crianças de 1 a menor de 5 anos com Doenças do Aparelho Respiratório nos municípios do Estado de Mato Grosso, 2004, segundo tercís.

**Figure 1** – Empirical Bayes Analysis of the prevalence of hospital admissions due to respiratory diseases in children from one to four years of age in municipalities of the state of Mato Grosso, 2004, according to tertiles.



**Figura 2** - Estimativa Bayesiana Empírica da Prevalência de Internações de Adultos com 65 anos ou mais com Doenças do Aparelho Respiratório por 1.000 habitantes, Municípios do Estado de Mato Grosso, 2004, segundo tercís.

**Figure 2** - Empirical Bayes Analysis of the prevalence of hospital admissions due to respiratory diseases in adults aged to 65 and older in municipalities of the state of Mato Grosso, 2004, according to tertiles.



**Figura 3** – Percentual de Horas Críticas de PM 2.5, Municípios do Estado de Mato Grosso, 2004, segundo tercís

**Figure 3** - Percentage of PM2.5 critical hours in municipalities of the state of Mato Grosso, 2004, according to tertiles

forte correlação inversa com renda per capita (-0,582).

As co-variáveis não apresentaram multicolinearidade, o que orientou a manutenção

de todas no modelo de regressão linear múltipla.

Na análise de regressão linear espacial múltipla do modelo que avaliou a preva-

**Tabela 1** – Matriz de Correlação de Pearson entre as Prevalências de Internação por Doenças do Aparelho Respiratório em crianças de 1 a 4 anos (A) e em Adultos com 65 anos ou mais (B) e percentual de horas críticas anuais de PM<sub>2,5</sub> e demais variáveis do modelo nos Municípios do Estado de Mato Grosso, 2004

**Table 1** – Pearson's correlation matrix of prevalences of hospital admissions due to respiratory diseases in children from 1 to 4 years of age (A) and adults aged to 65 and older (B) and percentage of PM<sub>2,5</sub> critical hours and other variables of the model in municipalities of the state of Mato Grosso, 2004

(A)	Prevalência de Internações por DAR em crianças de 1 a 4 anos	Percentual de horas críticas anuais de PM 2.5	Existência de hospital no município	Números de foco de calor ao ano	Área desmatada (Km <sup>2</sup> )	Renda per capita	Proporção de indivíduos com 8 anos ou mais de escolaridade
Prevalência de Internações por DAR em crianças de 1 a 4 anos	1						
Percentual de horas críticas anuais de PM 2.5	0,118	1					
Existência de hospital no município	0,284(**)	-0,017	1				
Números de foco de calor ao ano	-0,082	0,550(**)	-0,004	1			
Área desmatada (Km <sup>2</sup> )	-0,114	0,391(**)	0,084	0,782(**)	1		
Renda per capita	-0,024	0,332(**)	0,092	0,228(**)	0,177(*)	1	
Proporção de indivíduos com 8 anos ou mais de escolaridade	0,002	-0,005	-0,222(**)	0,074	0,080	-0,582(**)	1
(B)	Prevalência de Internações por DAR em idosos com 65 anos ou mais						
Prevalência de Internações por DAR em idosos com 65 anos ou mais	1						
Percentual de horas críticas anuais de PM 2.5	0,144	1					
Existência de hospital no município	0,349(**)	-0,017	1				
Números de foco de calor ao ano	0,028	0,550(**)	-0,004	1			
Área desmatada (Km <sup>2</sup> )	-0,009	0,391(**)	0,084	0,782(**)	1		
Renda per capita	-0,087	0,332(**)	0,092	0,228(**)	0,177(*)	1	
Proporção de indivíduos com 8 anos ou mais de escolaridade	0,168(*)	-0,005	-0,222(**)	0,074	0,080	-0,582(**)	1

\* p-valor < 0,05/ p-value < 0.05

\*\* p-valor < 0,001/ p-value < 0.001

**Tabela 2** - Modelos de Regressão Múltipla Espacial das Estimativas Bayesianas Empíricas das Prevalências de Internações de Crianças de 1 a 4 anos e de Adultos com 65 anos ou mais por Doenças do Aparelho Respiratório, municípios do Estado de Mato Grosso, 2004.

**Table 2** - Multiple spatial regression analysis models of empirical bayes smoothing function of the prevalences of hospital admissions of children from one to four years of age and adults aged to 65 and older in municipalities of the state of Mato Grosso, Brazil, in 2004

Modelos	Coefficientes	Erro-padrão	t	p-valor
<b>(A) Prevalência de Internações por DAR de Crianças de 1 a 4 anos<sup>(a)</sup></b>				
% de horas críticas de PM <sub>2,5</sub>	0,74	0,31	2,37	0,019
Presença de hospitais	1,61	5,18	2,24	0,027
Área desmatada <sup>(b)</sup>	-4,8 x 10 <sup>-5</sup>	-1,9 x 10 <sup>-5</sup>	-2,43	0,016
<b>(B) Prevalência de Internações por DAR de Adultos com 65 anos ou mais<sup>(a)</sup></b>				
% de horas críticas de PM <sub>2,5</sub>	0,86	0,43	1,97	0,050
Presença de hospitais	27,43	8,03	3,41	< 0,001
% da população com oito anos ou mais de estudo	1,46	0,46	3,19	0,002

(a) por 1.000 habitantes / per 1,000 inhabitants. (b) em Km<sup>2</sup> / in Km<sup>2</sup>

lência de internações por DAR em crianças de 1 a 4 anos, as variáveis que apresentaram associação estatística significativa com a estimativa bayesiana da prevalência de internação por DAR foram o %HC ( $p = 0,019$ ), presença de hospital no município ( $p = 0,027$ ) e total de área desmatada no ano de 2004 ( $p = 0,016$ ) (Tabela 2A). Quanto ao modelo que estudou a prevalência de DAR em idosos com 65 anos ou mais, a estimativa bayesiana da prevalência de internação por DAR apresentou associação estatística significativa com %HC ( $p = 0,050$ ), presença de hospitais no município ( $p < 0,001$ ) e proporção de indivíduos com oito anos ou mais de estudo no município ( $p = 0,008$ ) (Tabela 2B).

A análise de resíduos de ambos os modelo de regressão linear múltipla verificou a ausência de padrão na dispersão dos resíduos, indicando uma distribuição aleatória com teste de Moran e demonstrando a inexistência de autocorrelação espacial dos mesmos. Desta maneira, não houve a necessidade de correção das variáveis, justificando-se assim o bom ajustamento de ambos os modelos.

## Discussão

Alguns estudos realizados no Brasil investigaram padrões de distribuição de morbidade empregando técnicas de análise espacial; poucos, no entanto, avaliaram a morbidade de doenças respiratórias relacionada à exposição ao PM<sub>2,5</sub> sendo esses, em sua maioria, estudos ecológicos de séries temporais que não utilizam Sistemas de Informações de Georreferenciamento<sup>11,37,38</sup>.

A variável de exposição utilizada no presente de estudo foi escolhida por ser atualmente considerada como aquela mais fortemente associada à morbidade produzida por poluentes atmosféricos. As partículas finas e, em especial, as ultrafinas do material particulado (PM<sub>2,5</sub>) são capazes de atingir as regiões mais profundas do sistema respiratório, desencadeando processos inflamatórios no interstício pulmonar<sup>39</sup>. A deposição dessas partículas, ao transpor a barreira do epitélio alveolar, induz à liberação de mediadores químicos que levam a respostas locais (hipoventilação, obstrução, inflamação e infecção pulmonares) e sistêmicas, devido ao transporte desses

mediadores pela circulação, agindo, inclusive, diretamente nas células cardíacas<sup>16</sup>.

Para os dois grupos sensíveis incluídos no estudo, grande parte dos agrupamentos de maiores prevalências ocorreu nos municípios pertencentes ao “Arco do Desmatamento”, composto por municípios que se estendem desde o Estado do Acre até o Sul do Maranhão e caracterizado por grandes áreas desmatadas e grandes concentrações de queimadas<sup>43</sup>.

Em relação à faixa etária selecionada para o estudo, diversos autores sustentam que os grupos mais sensíveis à exposição aos poluentes atmosféricos são as crianças menores de cinco anos e os idosos, além de pessoas portadoras de doenças respiratórias ou cardíacas<sup>1,28,40,41</sup>. Contudo, outros fatores de risco ligados a condições sócio-sanitárias estão também associados ao desenvolvimento de doenças respiratórias na infância, especialmente no primeiro ano de vida<sup>7,42</sup>. Embora tenha sido considerada como variável controle para análise, a variável taxa de mortalidade infantil não se mostrou adequada, por estar sujeita a importantes oscilações na sua magnitude na maioria dos municípios considerados, devido ao número restrito de indivíduos no seu denominador. Desta forma, optou-se pela não inclusão de crianças menores de um ano no presente estudo.

A distribuição espacial do percentual de horas críticas demonstrou um padrão bem definido, onde os municípios amazônicos do Estado apresentaram as maiores concentrações de  $PM_{2.5}$ . Artaxo e colaboradores<sup>44</sup> relatam que a qualidade do ar de algumas regiões da Amazônia é fortemente afetada durante a época das queimadas, podendo atingir níveis piores do que aqueles registrados para o ar do centro urbano da cidade de São Paulo. Esse padrão espacial também é explicado por Freitas e colaboradores<sup>45</sup>, que, em artigo descrevendo as emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul, observam a sua grande ocorrência no Estado de Mato Grosso, associada principalmente à expansão agropecuária na floresta amazônica.

A análise dos modelos de regressão múltipla espacial evidenciou associações estatisticamente significativas entre o %HC e as prevalências de internações por doenças do aparelho respiratório, tanto para o grupo de crianças quanto para o de idosos. Lopes e Ribeiro<sup>46</sup>, mapeando internações hospitalares por problemas respiratórios, avaliaram a associação desta morbidade com a exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar em alguns municípios do Estado de São Paulo, em análise de correlações espaciais, observando maior ocorrência de doenças respiratórias em regiões onde há prática de queimadas. Ignotti e colaboradores<sup>47</sup>, através de um estudo de morbidade hospitalar e mortalidade por doença respiratória aguda em crianças menores de cinco anos de idade em Mato Grosso, encontraram maiores morbidades em regiões com altas concentrações de poluentes originários de queima de biomassa. Contudo, as evidências mais fortes se originaram dos grandes incêndios florestais que ocorreram no Sudoeste Asiático, em 1997, especialmente na Indonésia, que elevaram a concentração de poluentes do ar a níveis mais altos dos que os considerados aceitáveis, com intensas conseqüências à saúde humana, sobretudo efeitos relacionados ao sistema respiratório<sup>48</sup>.

A presença de hospitais se mostrou correlacionada às prevalências de internações por doença respiratória em crianças de 1 a 4 anos e em idosos. Marques e Arretche<sup>49</sup>, em um artigo de revisão, demonstraram que o número de internações *per capita* varia com a existência local de hospital. No Estado de Mato Grosso existem vários municípios pequenos onde ainda são precários os serviços de assistência à saúde, e grande parte deles não possui hospital. Esse indicador permitiu uma melhor representação da oferta e da demanda em relação aos indicadores tradicionais de saúde, originalmente construídos para municípios maiores, com uma capacidade satisfatória mínima de atenção instalada. Contudo, Scatena<sup>50</sup> adverte que existe certo comprometimento do sistema

de assistência hospitalar em determinados municípios da região, onde tem sido relatada uma estagnação em termos de políticas de saúde nos últimos anos. Esta estagnação pode refletir deficiências nas atividades de prevenção em saúde, o que, conseqüentemente, poderia levar a uma maior demanda pelos atendimentos hospitalares em alguns municípios, não necessariamente relacionados às altas concentrações de poluentes atmosféricos.

O total de área desmatada por município se mostrou inversamente associado à estimativa bayesiana de prevalência de doença respiratória em crianças de 1 a 4 anos, ao contrário dos achados da literatura sobre o tema<sup>37,51</sup>. No presente estudo, a distribuição de área desmatada apresentou moderada correlação com o %HC, sendo observado que determinados municípios com grandes áreas desmatadas não apresentaram altas concentrações de  $PM_{2.5}$ . Isto pode ser explicado parcialmente pelo intervalo de tempo entre o desmatamento, que ocorre bem antes das queimadas, com maior intensidade nos meses de abril a junho, e a fase do fogo que ocorre principalmente nos meses de agosto a outubro. Freitas e colaboradores<sup>45</sup> apontam que as estimativas de queima de biomassa e da quantidade de emissão de um dado composto químico, em função da quantidade de biomassa queimada, são diferentes para o cerrado, floresta tropical, florestas secundárias e primárias. Além disso, os ventos trazem massas de ar vindas do oceano, que transportam as emissões de queimadas para o oeste<sup>45</sup>. Desta forma, a fumaça emitida por queimadas na região amazônica do Estado de Mato Grosso é transportada para as regiões mais a oeste do mesmo Estado, aumentando assim a exposição crônica à fumaça em regiões não pertencentes ao bioma amazônico, o que poderia contribuir para que municípios com pequenas áreas desmatadas apresentassem grandes concentrações de horas críticas anuais de  $PM_{2.5}$ <sup>44</sup>. O Estado de Mato Grosso apresenta clima caracterizado por apresentar inverno seco, quando a massa de ar tropical continental fica estacionada

na região e verão chuvoso, quando a massa de ar equatorial continental predomina em todo o Estado<sup>31</sup>. A maioria, senão o total das queimadas ocorre na estação seca. Nesse estudo, não foi possível considerar a sazonalidade. Porém, a inclusão no modelo da variável número de queimadas por município no ano de 2004 pode ser considerada como um ajuste indireto, já que esse número está associado à duração maior ou menor do período de ausência de chuva nos municípios do Estado de Mato Grosso.

Neste trabalho foram utilizadas as prevalências de internações por doenças do aparelho respiratório. Bittencurt e colaboradores<sup>52</sup> destacam que o Sistema de Informações Hospitalares (SIH), de onde provêm as informações, utiliza como unidade de análise a Autorização de Internação Hospitalar (AIH) e não o indivíduo doente. Como um mesmo indivíduo pode ser internado mais de uma vez ou até mesmo não ser internado, embora doente, por limitações na estrutura hospitalar, tem-se como fragilidade a utilização das internações como aproximação do número de casos de doença. Todavia, este vem sendo apontado como um dos melhores indicadores dos agravos às doenças respiratórias. Por outro lado, a participação do sistema de saúde suplementar não é relevante na região, existindo, inclusive, cidades onde o SUS é responsável por 100% de atendimento ambulatorial e hospitalar, o que possibilita que os dados utilizados no estudo tenham uma boa cobertura populacional.

A variável percentual de indivíduos da população com oito anos ou mais de estudo mostrou associação positiva com a prevalência de internações por doenças respiratórias em idosos. Alves e Rodrigues<sup>53</sup>, em um estudo sobre determinantes da saúde atuo-referida em idosos do Município de São Paulo, realizado em 2000 e 2001, relatam que o nível de escolaridade, entre outras variáveis socioeconômicas, foi altamente associado com a percepção de saúde, e a idade teve uma significativa influência. Talvez o grau de escolaridade contribua para que os idosos e/ou seus familiares percebam com

maior clareza determinadas condições de saúde que demandam atendimento médico, o que se refletiria na maior utilização dos serviços de saúde em determinados municípios. Importante destacar a dificuldade das populações rurais amazônicas em relação ao acesso aos serviços de saúde. Estudos que investigaram a disponibilidade do serviço e a acessibilidade geográfica demonstram que a utilização dos serviços se reduz à medida que aumenta a distância entre as pessoas que demandam atendimento e os serviços de saúde<sup>54</sup>. Devido a essas questões, o cenário deve ser ainda pior do que o verificado através dos dados de morbidade do SUS que consideram apenas os casos que conseguiram chegar ao atendimento médico – possivelmente os mais graves. No entanto, esta mesma associação não foi observada no modelo multivariado das crianças de 1 a 4 anos.

Diversos países têm adotado políticas de monitoramento do ar em anos recentes, embora muito se tenha debatido em relação aos valores máximos aceitáveis de concentrações de poluentes do ar capazes de aumentar a morbimortalidade<sup>1</sup>. No Brasil, os padrões nacionais de qualidade do ar são estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). No entanto, a legislação brasileira não estabelece níveis de concentração de material particulado fino (PM<sub>2,5</sub>), além de não haver legislação específica para poluentes em áreas afetadas pelas emissões de fogo da vegetação, nem estudos prévios que os justifiquem. Dessa forma, no presente estudo, o percentual de horas críticas de concentração de material particulado de 80 µg/mm<sup>3</sup> foi estabelecido segundo os padrões do Departamento de Qualidade Ambiental de Oregon, EUA<sup>23</sup>. A classificação de Oregon disponibiliza padrões de concentrações horárias de PM<sub>2,5</sub> capazes de produzir seus efeitos insalubres nos grupos referidos pela literatura como sensíveis para os casos de exposição aguda, como no caso da presente pesquisa devido à queima de biomassa. Cumpre dizer que a definição dos limites de

concentração de PM<sub>2,5</sub> para exposição crônica não foram considerados por não ser este o objeto deste estudo. Ainda é importante salientar que o CONAMA, que legisla sobre padrões de qualidade do ar no Brasil, não especifica valores para concentrações de PM<sub>2,5</sub>, nem diferencia limites para exposição urbana de outros, em relação as queimadas em áreas remotas e/ou rurais.

As variáveis meteorológicas não foram analisadas independentes do modelo CATT-BRAMS, podendo ser considerado uma limitação deste estudo já que há uma relação bastante estreita entre a poluição do ar originária de queimadas e algumas variáveis climáticas, especialmente aquelas associadas à pluviosidade (ex: umidade relativa do ar). O Estado de Mato Grosso possui apenas 12 estações meteorológicas, não havendo, portanto, informações discriminadas para todos os municípios<sup>28</sup>. Por isso as variáveis meteorológicas só foram consideradas no modelo de transporte e dispersão de poluentes estimados pelo INPE/CPTEC.

Existem outras fontes relevantes de PM<sub>2,5</sub>, como aquelas originárias de fontes urbanas móveis e estacionárias. Entretanto, acredita-se que, nessa região, elas não contribuam significativamente para a alteração dos valores estimados. É importante salientar que o modelo CATT-BRAMS foi validado para a região da Amazônia, o que torna suas estimativas muito próximas dos valores reais.

Da mesma forma, não foi possível incluir outros indicadores de poluição do ar, devido à indisponibilidade dos dados para todos os municípios do Estado. Essa inclusão seria importante, uma vez que Mato Grosso é um Estado eminentemente agrícola, com grandes áreas plantadas de cana-de-açúcar, caracterizando uma pressão de exposições locais a diversos outros poluentes atmosféricos<sup>45</sup>, e sua não consideração na análise poderia ter levado à observação de associações espúrias entre a variável de exposição utilizada e a prevalência de interações por doença respiratória nos grupos sensíveis.

As características contextuais (status socioeconômico e escolaridade, entre outras)

têm sido consideradas como importantes determinantes do estado de saúde<sup>52</sup>, sendo esse um dos motivos que nos levou à seleção do método de regressão múltipla espacial. Além disso, possibilitou minimizar as flutuações aleatórias das prevalências de internações em pequenas áreas, através da utilização do método bayesiano empírico, permitindo uma melhor visualização da sua distribuição espacial. A desvantagem da utilização desse método, entretanto, consiste no fato de que o mesmo pode ocasionar a superestimação dos coeficientes de autocorrelação global nas áreas com pequeno número de eventos, onde o alisamento dos valores das variáveis do município em direção à média de seus vizinhos é mais acentuado. Mesmo assim, optou-se pelo recurso das estimativas bayesianas, por se entender que, nos municípios menores, as inconstâncias dos registros de informação poderiam produzir grande variância da variável de desfecho, com conseqüente diminuição da acurácia e da validade da análise.

Esse estudo é um dos pioneiros na utilização de modelos de regressão múltipla georreferenciados (para avaliar o processo saúde-doença na região amazônica). Em pesquisa que comparou as estimativas do modelo CATT-BRAMS com medidas reais de PM<sub>2,5</sub> aferidas *in loco*, foi observado um coeficiente de determinação de 0,7, consi-

derado como bastante satisfatório por se tratar de estimativas de poluição<sup>21</sup>. Cumpre ressaltar que foram utilizadas medidas agregadas de percentual de horas críticas para o ano de 2004, como medida de exposição aguda.

Em sua maioria, os estudos que avaliam a morbidade de doenças respiratórias foram estudos ecológicos de séries temporais que não utilizam sistemas de informações de georreferenciamento e investigaram sua associação com a poluição urbana e não com a poluição originária de queima de florestas<sup>11,37</sup>. Apesar das diferenças entre os métodos, este estudo reforça as evidências de que a produção de PM<sub>2,5</sub> originada de queimadas na Amazônia Legal possa estar relacionada à maior ocorrência de doença respiratória nos municípios do Estado de Mato Grosso.

Os resultados do presente estudo apontam para a importância da avaliação espacial da morbidade das doenças respiratórias e suas relações com a presença de material particulado originário da queima de biomassa nos biomas amazônico, cerrado e pantanal brasileiro. Este trabalho também indica prioridades para os gestores dos serviços de saúde da região, no sentido de reforçar o efetivo diagnóstico de doenças respiratórias nos grupos populacionais sensíveis.

## Referências

1. Organización Panamericana de la Salud. *Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: OPS; 2005.
2. Avendaño LF, Parra J, Padilha C, Plomino MA. Impacto en salud infantil del invierno 2002: disociación entre factores ambientales y virus respiratorio sincicial, en Santiago [em espanhol]. *Rev Med Chil* 2003; 131: 902-8.
3. Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 2002; 360: 1210-14.
4. Tan WC, Qiu D, Liam BL et al. The human bone marrow response to acute air pollution caused by forest fires. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1213-7.
5. Prietsch SOM, Fischer GB, CESAR JA et al. Respiratory illnesses in children younger than 5 years of age in southern Brazil: the influence of the home environment. *Rev Panam Salud Publica* 2003; 13: 303-10.
6. Braga ALE, Pereira LAA, Procópio M, André PA, Saldiva PHS. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2007; 23(4): 570-8.
7. Macedo SEC, Menezes AMB, Albernaz E, Post P, Knorst M. Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade. *Rev Saúde Pública* 2007; 41(3): 351-8.
8. Albalak AR, Keeler GJ. Domestic biomass fuel combustion and chronic bronchitis in two rural Bolivian villages. *Thorax Novembro* 1999; 54: 1004-8.

9. Pérez-Padilla R, Pérez-Guzmán C, Báez-Saldaña R, Torres-Cruz A. Cooking with biomass stoves and tuberculosis: a case control study. *Int J Tuberc Lung Dis* 2001; 5(5): 441-7.
10. Ghosh R, Rankin J, Pless-Mulloli T, Glinianaia S. Does the effect of air pollution on pregnancy outcomes differ by gender? A systematic review. *Environ Res* 2007; 105: 400-8.
11. Junger WL, Leon AP. Poluição do ar e baixo peso ao nascer no Município do Rio de Janeiro, Brasil, 2002. *Cad Saúde Pública* 2007; 23(4S): 588-98.
12. Katsouyanni K. The APHEA Project. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time series data. *J Epidemiol Comm Health* 1996; 50(1)12-S80.
13. Instituto Sócio Ambiental. *Transformando o Arco do Desmatamento no Arco do Desenvolvimento Sustentável: Uma proposta de ações emergenciais*. Disponível em <http://www.socioambiental.org/esp/novogov/proposta.htm> [Acessado em 7 de dezembro de 2007]
14. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html> [Acessado em 2 de fevereiro de 2008]
15. Donaldson K, Stone V, Clouter A, MacNee W. Ultrafine Particles. *Occup Environ Med* 2001; 58: 211-6.
16. Shi, MM, Godleski JJ, Paulauskis JD. Regulation of macrophage inflammatory protein-1 mRNA by oxidative stress. *J Biol Chem* 1996; 271: 5878-83.
17. De Leon SF, Thurston GD, Ito K. Contribution of Respiratory Disease to Nonrespiratory Mortality Associations with Air Pollution. *Am J Resp Crit C Med* 2003; 17: 1117-23.
18. Wellenius GA, Bateson TE, Mittleman MA, Schwartz J. Contribution of Respiratory Disease to Nonrespiratory Mortality Associations with Air Pollution. [FALTA INSERIR O NOME DA PUBLICAÇÃO] 2005; 161:1030-36
19. Organización Panamericana de la Salud. *Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud América Latina y el Caribe*. 2005; 48-54.
20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico (IBGE). Área de download. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo) [Acessado em 14 de outubro de 2007]
21. Freitas SR, Longo KM, Silva Dias MAF, Chatfield R, Silva Dias PL, Artaxo P et al. *The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation*. In press: ACPD/EGU MS# 2007-0166.
22. Longo K, Freitas S, Setzer A, Prins E, Artaxo P, Andreae M. *The Coupled Aerosol Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. In press, June/2007.
23. Department of Environmental Quality: Air Quality Division. Disponível em <http://www.oregon.gov/DEQ/AQ/index.shtml> [Acessado em 25 de novembro de 2007]
24. DATASUS. *Informações em Saúde*. Disponível em <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php> [Acessado em 18 de dezembro de 2007]
25. DATASUS. *Sistemas e Aplicativos*. Disponível em <http://www.datasus.gov.br/cid10/>.
26. Claeys M, Graham B, VAS G et al. Formation of secondary organic aerosols through photo-oxidation of isoprene. *Science* 2004; 303: 1173-6.
27. Kesselmeier J, kuhn U, Wolf, A, Andreae MO et al., Atmospheric volatile organic compounds (VOC) at a remote tropical forest site in central Amazonia. *Atmospheric Environment* 2000; 34: 4063-72.
28. Mato Grosso. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral: SEPLAN-MT. *Anuário Estatístico de Mato Grosso - Central de Texto*. Cuiabá; 2006.
29. Macedo SC, Menezes AMB, Albernaz E, Post P, Knorst M. Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade. *Rev Saúde Pública* 2007; 41(3): 351-8.
30. PNUD. *Atlas de Desenvolvimento Humano*. Disponível em <http://www.pnud.org.br/atlas> [Acessado em 27 de outubro de 2007]
31. Botelho C, Correia AL, da Silva AMC, Macedo AG, Soares Silva COS. Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. *Cad Saúde Pública* 2003; 19(6): 1771-80.
32. Câmara G, Carvalho MS, Cruz OG, Correia V. Análise espacial de áreas. In: Druck S, Carvalho MS, Câmara G, Monteiro AMV, editores. *Análise espacial de dados geográficos* [monografia on-line]. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 2002; Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto> [Acessado em 16 de dezembro de 2007]
33. Assunção RM, Barreto SM, Guerra HL, Sakurai E. Figuras de taxas epidemiológicas: Uma abordagem Bayesiana. *Cad Saúde Pública* 1998; 14: 713-23.
34. Bailey TC & Gatrell AC. *Interactive Spatial Data Analysis*. Editora Essex: Longman; 1995.
35. Marshall RJ. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. *Applied Statistics* 1991; 40: 283-94.

36. Anselin L. Exploring Spatial Data with GeoDa™: A Workbook. Disponível em <http://www.unc.edu/~emch/gisph/geodaworkbook.pdf> [Acessado em 25 de novembro de 2007]
37. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LMC, Braga A LF. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Rev Saúde Pública* 2004; 35(5): 695-700
38. Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara, LBLS, Artaxo P, Martinelli LA et al. The Impact of sugar Cane-Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environ Health Perspect* 2006; 14(5): 725-9.
39. Donaldson K, Stone V, Clouter A, MacNee W. Ultrafine Particles. *Occup Environ Med* 2001; 58: 211-6.
40. Rumchev K, Spickett J T, Brown HL, Mkhweli B. Indoor air pollution from biomass combustion and respiratory symptoms of women and children in a Zimbabwean village. *Indoor Air* 2007; 17: 468-74
41. Medina-Ramo M, Zanobetti A, Schwartz J. The Effect of Ozone and PM10 on Hospital Admissions for Pneumonia and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A National Multicity Study. *Am J Epidemiol* 2006; 163(6): 579-88.
42. Caldeira A P, França E, Perpétuo IHO, Goulart, Andrade EM. Evolução da mortalidade infantil por causas evitáveis, Belo Horizonte, 1984-1998. *Rev Saúde Pública* 2005; 39(1): 67-74.
43. Araújo LMA, Da Silva TM V, do Nascimento ERP. Análise dos focos de calor em áreas florestais ao longo do Arco do Desflorestamento. In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis: Brasil; 2007.
44. Artaxo P, Gatti LV, Leal AMC, Longo KM, Freitas SR, Lara LL et al. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica* 2005; 35(2): 185-96.
45. Freitas SR, Longo KM, Silva Dias MAF, Silva Dias PL. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados* 2005; 19(53): 167-85.
46. Lopes FS, Ribeiro H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Rev Bras Epidemiol* 2006; 9(2): 215-25.
47. Ignotti E, Hacon S, Silva AMC, Junger WL, Castro HA. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção de municípios segundo indicadores de saúde. *Rev Bras Epidemiol* 2007; 10: 453-64.
48. Dawud Y, Smoke episodes and assessment of health impacts related to haze from forest fires: Indonesian experience health guidelines for vegetation fire Events, Lima, Peru: *Background papers*, WHO; 1999.
49. Marques E, Arretche M. Condicionantes locais da descentralização das políticas de saúde. *Caderno CRH* 2003; 39: 55-81.
50. Scatena JHG. *Avaliação da descentralização da Assistência à Saúde no Estado de Mato Grosso* [tese de Doutorado]. Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo; 2000.
51. Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA. Biomass burning and its effects on health. *J Bras Pneumol* 2004; 30(2): 158-75.
52. Bittencourt AS, Camacho LB, Leal MC O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cad Saúde Pública* 2006; 22(1): 19-30
53. Alves L, Rodrigues RN. Determinantes da autopercepção de saúde entre idosos do Município de São Paulo, Brasil. *Rev Panam Salud Publica* 2005; 17(5/6): 333-41
54. Viacava e Travassos. Acesso e uso de serviços de saúde em idosos residentes em áreas rurais, Brasil, 1998 e 2003. *Cad Saúde Pública* 2007; 23(10): 2490-502
55. Fiscella K, Franks P. Poverty or income inequality as predictor of mortality: longitudinal cohort study. *British Medical Journal* 1997; 314 (7096): 1724-31.

Recebido em: 24/05/09

Versão final reapresentada em: 02/03/10

Aprovado em: 05/04/10