



Revista Paulista de Pediatria

ISSN: 0103-0582

ISSN: 1984-0462

Sociedade de Pediatria de São Paulo

Armani de Moura Menezes, Renata; Rezende
Pavanitto, Drielle; Costa Nascimento, Luiz Fernando

DIFFERENT RESPONSE TO EXPOSURE TO AIR POLLUTANTS IN GIRLS AND BOYS

Revista Paulista de Pediatria, vol. 37, no. 2, 2019, April-June, pp. 166-172
Sociedade de Pediatria de São Paulo

DOI: 10.1590/1984-0462;/2019;37;2;00009

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406060318006>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Scientific Information System Redalyc
Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and
Portugal
Project academic non-profit, developed under the open access initiative

EXPOSIÇÃO A POLUENTES DO AR E DOENÇA RESPIRATÓRIA EM MENINOS E MENINAS

Different response to exposure to air pollutants in girls and boys

Renata Armani de Moura Menezes^a , Drielle Rezende Pavanitto^a ,
Luiz Fernando Costa Nascimento^{a*} 

RESUMO

Objetivo: Identificar associação entre exposição ao material particulado fino e internações por doenças respiratórias em crianças de até dez anos de idade, no município de Cuiabá, MT, estratificando a análise por sexo e calculando excesso de custos.

Métodos: Estudo ecológico de séries temporais, sendo a variável dependente o número diário de internações por doenças respiratórias, segundo a 10^a Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID): J04.0, J12.0 a J18.9, J20.0 a J21.9 e J45.0 a J45.0. As variáveis independentes foram a concentração do particulado fino, estimada pelo modelo matemático, além de temperatura e umidade relativa do ar, controladas pelas tendências de curta e longa duração. Foram calculados riscos relativos, risco atribuível proporcional (RAP) e excessos de internações e seus respectivos custos pela fração atribuível populacional (FAP).

Resultados: Foram internadas 1.165 crianças (640 meninos e 525 meninas). A concentração média estimada do particulado fino foi $15,1 \pm 2,9 \text{ mcg/m}^3$ para particulado fino ($\text{PM}_{2,5}$). Para meninos, não houve associação significativa. Para meninas, observou-se risco relativo (RR) de até 1,04 para o número diário de internações por doenças respiratórias em associação à exposição ao $\text{PM}_{2,5}$ nos lags 1, 2 e 6. O aumento de 5 mcg/m^3 nessas concentrações associou-se ao aumento do risco em 18% e o RAP atribuído à exposição foi de 20% das internações das meninas, com excesso de 95 internações e de gastos da ordem de R\$ 105 mil.

Conclusões: Houve associação da exposição ao particulado fino e número de internações por doenças respiratórias de meninas, sugerindo a necessidade de estratificação por sexos em estudos posteriores.

Palavras-chave: Doenças respiratórias; Saúde da criança; Material particulado fino; Poluentes do ar.

ABSTRACT

Objective: Identify the association between exposure to fine particulate matter and hospitalizations due to respiratory diseases in children up to ten years of age in the city of Cuiabá, Mato Grosso, stratifying the analysis by sex and calculating excess costs.

Methods: Ecological study of time series. The dependent variable was daily hospitalizations according to the 10th Revision of the International Classification of Diseases (ICD10): J04.0, J12.0 to J18.9, J20.0 to J21.9 and J45.0 to J45.0. The independent variables were the concentration of fine particulate, estimated by a mathematical model, temperature and relative air humidity, controlled by short and long-term trends. Generalized additive model of Poisson regression was used. Relative risks, proportional attributable risk (PAR) and excess hospitalizations and their respective costs by the population attributable fraction (PAF) were calculated.

Results: 1,165 children were hospitalized, 640 males and 525 females. The mean concentration, estimated by the mathematical model, was $15.1 \pm 2.9 \text{ mcg/m}^3$ for $\text{PM}_{2,5}$. For boys, there was no significant association; for girls a relative risk of up to 1.04 of daily hospitalizations due to respiratory diseases was observed for exposure to PM 2.5 in lags 1, 2 and 6. Increase of 5 \mu g/m^3 in these concentrations increased the percentage of the risk in 18%; with an excess 95 hospital admissions and with excess expenses in the order of US\$ 35 thousand.

Conclusions: Significant effect in daily hospitalizations due to respiratory diseases related to exposure to fine particulate matter was noted for girls, suggesting the need for stratification by sex in further studies.

Keywords: Respiratory diseases; Child health; Fine particulate matter; Air pollutants.

*Autor correspondente. E-mail: luiz.nascimento@pq.cnpq.br (L.F.C. Nascimento).

^aUniversidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil.

Recebido em 21 de setembro de 2017; aprovado em 30 de janeiro de 2018; disponível on-line em 19 de março de 2019.

INTRODUÇÃO

Nos anos 2012–2013, foram notificadas cerca de 50 mil internações por doenças respiratórias no Estado de Mato Grosso — cinco mil na capital, Cuiabá; em particular, as internações de crianças constituíram 18 mil naquele e 1.800 nesta. Tais internações geraram custos da ordem de R\$ 13,6 milhões no Estado e R\$ 2,4 milhões na cidade.¹

Além de fatores associados às internações já conhecidos, como baixo peso ao nascer, falta de aleitamento materno, aglomerados de pessoas na residência e presença de fumantes, são descritas associações entre exposição a poluentes do ar e internações por doenças respiratórias, em especial, pneumonias.²⁻⁵ Entre os poluentes associados com internações por doenças respiratórias, está o material particulado. Trata-se de uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, cuja composição e tamanho dependem das fontes de emissão.⁶ Pode ser dividido em dois grupos: um com partículas com diâmetro entre 2,5 e 10 µm, chamado fração grossa (*coarse mode*), e outro com partículas com diâmetro menor que 2,5 µm, chamado particulado fino (PM_{2,5}) (*fine mode*).⁶ A importância do material particulado fino é que este se mantém por mais tempo em suspensão, pode ser levado a maiores distâncias de sua fonte de origem e, pelo seu diâmetro, atingir porções mais profundas do aparelho respiratório.⁷ Alguns estudos têm identificado associação entre exposição ao particulado fino e internações por doenças respiratórias.⁸⁻¹³

Os poluentes do ar costumam ser quantificados por estações medidoras de agências ambientais estaduais. No entanto, não são todos os Estados que têm agências ambientais, entre os quais se incluem o de Mato Grosso. Uma opção seria o uso de modelos matemáticos que estimam as concentrações dos poluentes do ar, como o modelo Chemical Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System (CCATT-BRAMS), que considera a dinâmica atmosférica. Trata-se de sistema de monitoramento operacional em tempo real que utiliza o modelo de transporte. Esse modelo é utilizado operacionalmente pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), em uma base operacional. Suas estimativas das concentrações de PM_{2,5} ocorrem a cada três horas, resultando em oito estimativas feitas pelo modelo a 40 m de altura do solo, e com resolução de 25 × 25 km.¹⁴ Aplicações recentes de dados estimados pelo CCATT-BRAMS em estudos epidemiológicos estão em estudos de Ignotti et al.,¹⁵ César et al.,¹⁶ Silva et al.,⁴ Nascimento et al.¹⁷ e Nascimento et al.¹⁸

Recentemente, há evidências de respostas diferentes à exposição a poluentes do ar segundo sexo dos sujeitos na idade adulta. Os estudos sugerem que as respostas de saúde à poluição do ar podem diferir entre mulheres e homens e entre meninas e meninos, mas ainda não está claro se a resposta observada é um resultado de diferenças biológicas ligadas ao sexo ou a diferenças nos padrões de atividade, coexposições ou até acurácia na medição da exposição.

Possivelmente essas diferenças consistem de alguma combinação desses dois fatores — padrões de exposição e resposta biológica.¹⁹⁻²¹

O objetivo deste estudo foi identificar os efeitos da exposição ao material particulado fino nas internações por doenças respiratórias em crianças de Cuiabá, capital de Mato Grosso, Estado da Região Amazônica com elevado número de focos de queimadas e que não conta com agência ambiental, utilizando dados estimados pelo modelo matemático CCATT-BRAMS, além de estimar o excesso nos custos das internações.

MÉTODO

Foi desenvolvido um estudo referente à internação de crianças menores de 10 anos de idade, exclusive, residentes na cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, região Centro-Oeste do país, que conta com uma população de cerca de 600 mil habitantes, nas coordenadas 15°36'S e 56°5'W (Figura 1).



Figura 1 Localização da cidade de Cuiabá, MT, destacando a Região Amazônica.

Os dados de internação foram obtidos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)²² (CID 10, J04.0, J12.0 a J18.9, J20.0 a J21.9 e J45.0 a J45.0), e as informações sobre a temperatura mínima e a umidade relativa do ar foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia em Cuiabá. Os dados de poluentes PM_{2,5} foram estimados pelo modelo CCATT-BRAMS, desenvolvido pelo CPTEC/INPE. Foi criada uma série temporal de 1º de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2013, sendo recuperados dados de internações para os meses de novembro e dezembro de 2013, pesquisando as informações dos meses de janeiro e fevereiro de 2014.

A abordagem utilizada foi o modelo aditivo generalizado da regressão de Poisson utilizando o programa Statistica® (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA), pois as informações sobre número de internações são valores discretos e têm distribuição de Poisson; os coeficientes fornecidos por essa regressão foram transformados em risco relativo (RR). O nível de significância do estudo foi alfa=5%. Foi feita análise descritiva dessas variáveis e, como existe uma diferença de efeito da exposição ao longo dos dias, foi utilizada uma defasagem de até sete dias (*lag 0* a *lag 7*). Foram estimados os riscos relativos segundo aumento de 5 µg/m³, utilizando-se a expressão RR=exp[b*5], em que b é o coeficiente fornecido pela regressão de Poisson. Com o valor obtido para esse aumento no RR para internação, foi calculada o risco atribuível proporcional (RAP) segundo a expressão RAP=[1–1/RR].

Em seguida, foi balizada a fração atribuível populacional (FAP) dada pela expressão FAP=[RAP*N], em que n é o total do desfecho — neste estudo, o número de internações. Foi obtido também o valor médio, em reais, para internações, segundo os diagnósticos apontados, para o período de estudo.²¹ Para a obtenção do valor do possível excesso de custos, o resultado numérico obtido para a FAP foi multiplicado pelo valor médio, em reais, da internação por doença respiratória disponibilizado pelo portal DATASUS.

RESULTADOS

No período de estudo, foram internadas 1.165 crianças — 640 do sexo masculino e 525 do feminino. Os valores médios, mínimos e máximos com os respectivos desvios padrões das variáveis PM_{2,5}, temperatura média e umidade relativa do ar e das internações totais e separadas entre sexos masculino e feminino estão na Tabela 1. No período de estudo, o PM_{2,5} ultrapassou em 15 oportunidades o limite aceito pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (25 µg/m³). Esses valores ocorreram predominantemente no mês de setembro em ambos os anos e em ocasiões isoladas nos meses de junho de 2012 e outubro e dezembro de 2013.

Os coeficientes da regressão de Poisson, com seus respectivos erros padrão entre parênteses, fornecidos pelo modelo, para o material particulado estão na Tabela 2, de acordo com o sexo dos pacientes. É interessante observar que, para o sexo masculino, em nenhum *lag* houve significância estatística; por outro lado, para o feminino, foi observada, na exposição ao PM_{2,5}, um fator de risco nos *lags* 1, 2 e 6; e, para o ano todo, não houve significância estatística. O aumento de 5 µg nas concentrações do PM_{2,5} implica o aumento percentual do risco para os *lags* 1 e 2 ou para o *lag* 6 em 18%, e o RAP atribuído à exposição é de 20% das internações das meninas.

A matriz de correlação de Pearson está na Tabela 3 e inclui o PM_{2,5}, a temperatura média, a umidade, as internações de meninos e meninas e as internações no total. Os coeficientes obtidos pela regressão de Poisson estão na Tabela 3. Pode ser observada a associação entre exposição e internação por doenças respiratórias somente nas meninas, nos *lags* 1, 2 e 3.

Os riscos relativos segundo aumento de 5 µg/m³ nas internações, segundo sexo e no total são mostrados na Figura 2. Pode ser observado que o RR atinge um valor de até 1,22, aumento responsável por 95 internações em meninas, com custo médio de internação de R\$ 1.100,00, gerando um excesso de custo aproximado de R\$ 100 mil (»US\$ 35.000,00).

DISCUSSÃO

Neste estudo realizado em Cuiabá, MT, no período de dois anos sobre internações em crianças por doenças respiratórias, foi possível identificar que a exposição ao material particulado fino se associou a um aumento do número do risco de internação por doença respiratória para as meninas nos *lags* 1, 2 e 6. Os efeitos foram mais precoces, *lags* 1 e 2, que os encontrados em outros estudos.

Tabela 1 Análise descritiva das variáveis com os valores médios diários e respectivos desvios padrão e mínimos e máximos, Cuiabá, MT, 2012–2013.

	Média±DP	Mínimo-máximo
Particulado fino (µg/m ³)	15,1±2,9	12,0–32,1
Umidade (%)	70,6±12,9	33,5–96,0
Temperatura mínima (°C)	21,1±3,2	8,5–27,8
Internações totais (n=1.167) [#]	1,6±1,6	0–10
Internações de meninos (n=640) [#]	0,9±1,1	0–8
Internações de meninas (n=525) [#]	0,7±0,9	0–5

DP: desvio padrão; [#]total de internações no período.

São poucos os estudos realizados no Brasil que estimam a associação entre a exposição ao particulado fino e seus efeitos na saúde humana. Em uma revisão sistemática sobre efeitos agudos da exposição ao particulado fino na América Latina, foram encontrados sete artigos que associaram a exposição a aumento do risco para adoecimento ou mortalidade por doenças respiratórias segundo aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas concentrações do particulado fino em todas as idades.²³

No Brasil, também são poucos os estudos que utilizam o modelo CCATT-BRAMS para analisar os efeitos da exposição ao PM_{2,5} no aparelho respiratório, como os desenvolvidos por Cesar et al.⁸ e Patto et al.,¹⁰ em cidades onde costuma ocorrer queima da palha da cana-de-açúcar, e por Silva et al.⁴ e Ignotti et al.¹⁵ na Região Amazônica. Além desses estudos, Cesar et al.,¹⁶ em Taubaté, SP, e Nascimento et al.,¹¹ em Vitória, ES, analisaram o efeito do particulado fino em regiões onde não são comuns grandes queimadas. Os valores encontrados no presente estudo para a concentração de PM_{2,5} (15,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) foram superiores aos encontrados em Vitória, ES,¹¹ (11,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e em outro estudo em Cuiabá, MT,⁴ com limites entre 7,5 e 11,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, segundo

temporada chuvosa ou de seca. No entanto, os valores da presente investigação foram inferiores aos encontrados em Piracicaba, SP,¹⁶ (28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e próximos aos de São José do Rio Preto, SP, (18,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).¹⁰

Quanto ao RR para internações por doenças respiratórias associado à exposição ao material particulado fino que foi estimado neste estudo, RR=1,04 para o sexo feminino, este foi superior aos achados em Piracicaba, da ordem de RR=1,02, mesmo com concentrações maiores de material particulado fino em Piracicaba, mas sem que houvesse estratificação por sexo. Em estudo realizado em cidades do norte do Estado de Mato Grosso, onde as concentrações do PM_{2,5} eram da ordem de 30,6 e 44,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação seca, com máximo de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, os riscos para internação aumentavam até 6% com o incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas concentrações do particulado fino.²⁴ Por outro lado, Andrade Filho et al.²⁵ não encontraram associação positiva entre exposição ao particulado fino e internações em crianças na cidade de Manaus, AM, possivelmente pela forma de análise realizada por regressão linear, sendo que a exposição se mostrou significativa somente para os índices de umidade relativa do ar.

Tabela 2 Matriz de correlação de Pearson das variáveis particulado fino, umidade relativa do ar, temperatura, meninos, meninas e total de internações, Cuiabá, MT, 2012-2013.

	PM _{2,5}	UR	TEMP	Meninos	Meninas	Total
PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,00	-0,29 [#]	0,08	-0,04	0,04	-0,01
UR (%)		1,00	-0,23	-0,01	-0,07	-0,03
TEMP (°C)			1,00	-0,05	0,02	-0,02
Meninos				1,00	0,22	0,80
Meninas					1,00	0,76
Total						1,00

PM_{2,5}: particulado fino; UR: umidade relativa do ar; TEMP: temperatura; [#]p<0,05.

Tabela 3 Valores dos coeficientes da regressão de Poisson e respectivos erros padrão entre parênteses, para meninos, meninas e total, segundo lags de 0 a 7 dias, Cuiabá, MT, 2012–2013.

	Meninos	Meninas	Total
Lag 0	-0,009612 (0,016144)	0,021744 (0,015106)	0,005138 (0,011011)
Lag 1	0,005279 (0,015310)	0,029924 (0,014864)	0,014186 (0,010658)
Lag 2	-0,006091 (0,015837)	0,036688 (0,013756)	0,013332 (0,010378)
Lag 3	0,008231 (0,014617)	0,002013 (0,016560)	0,004043 (0,010963)
Lag 4	-0,001658 (0,015991)	0,002294 (0,017832)	-0,001606 (0,011914)
Lag 5	-0,021042 (0,017211)	0,015908 (0,017713)	-0,003566 (0,012341)
Lag 6	-0,019364 (0,017637)	0,039610 (0,016117)	0,009629 (0,011883)
Lag 7	0,003688 (0,015526)	0,018130 (0,017243)	0,010643 (0,011532)

Em negrito: p<0,05.

Em Cuiabá, com dados de particulado fino estimados pelo CCATT-BRAMS, o risco para internação por doenças respiratórias em crianças foi de até 22% na estação seca,⁴ coincidindo com os nossos valores quanto aos dias de defasagens (*lags*). Em outro estudo realizado também na Região Amazônica, foi possível identificar os riscos toxicológicos da exposição ao ozônio, mas não ao particulado fino, cujas concentrações atingiram 50 µg/m³.¹²

Estudo chinês realizado por Duan et al.,¹³ com 2.200 internações ocorridas em 2013, identificou exposição danosa ao particulado fino nos *lags* 0 ao 5, com consequente aumento do risco de internação quando havia um incremento de 10 µg/m³ nas concentrações de particulado fino, cujo valor médio foi de 150 µg/m³. Nesse estudo,¹³ a proporção de crianças do sexo masculino internadas era maior que a do sexo feminino, mas os efeitos eram semelhantes em ambos os sexos, porém mais evidentes no masculino. Vale ressaltar que o modelo do estudo chinês era multipoluente, isto é, foram incluídos na análise os poluentes material particulado, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio e monóxido de carbono.¹³

Há fortes evidências de que a exposição a partículas finas pode ser um problema de saúde. Essas partículas incluem sulfatos, nitratos, ácidos, metais e partículas de carbono com vários produtos químicos adsorvidos em suas superfícies. Relativamente à fração grossa do material particulado (aqueles partículas com diâmetro entre 2,5 e 10 µm), o particulado fino penetra mais facilmente dentro de casa, é transportado por longas distâncias e, devido ao seu tamanho, essas partículas podem atingir mais profundamente as estruturas dos pulmões. Uma possível via de ação incluiria danos pulmonares oxidativos e inflamação, com diminuição da função pulmonar, distúrbios respiratórios e doenças cardiovasculares potencialmente relacionadas à hipoxemia; alternativamente, a exposição às partículas finas poderia provocar inflamação alveolar, resultando na liberação de citocinas potencialmente nocivas e aumento da coagulabilidade sanguínea.⁷

O porquê da diferença entre as respostas à exposição a poluentes do ar entre meninas e meninos ainda não é bem estabelecido. Uma hipótese diz respeito à resposta inflamatória, que seria mais intensa nas meninas com doenças respiratórias agudas. As mulheres mostram uma vantagem protetora

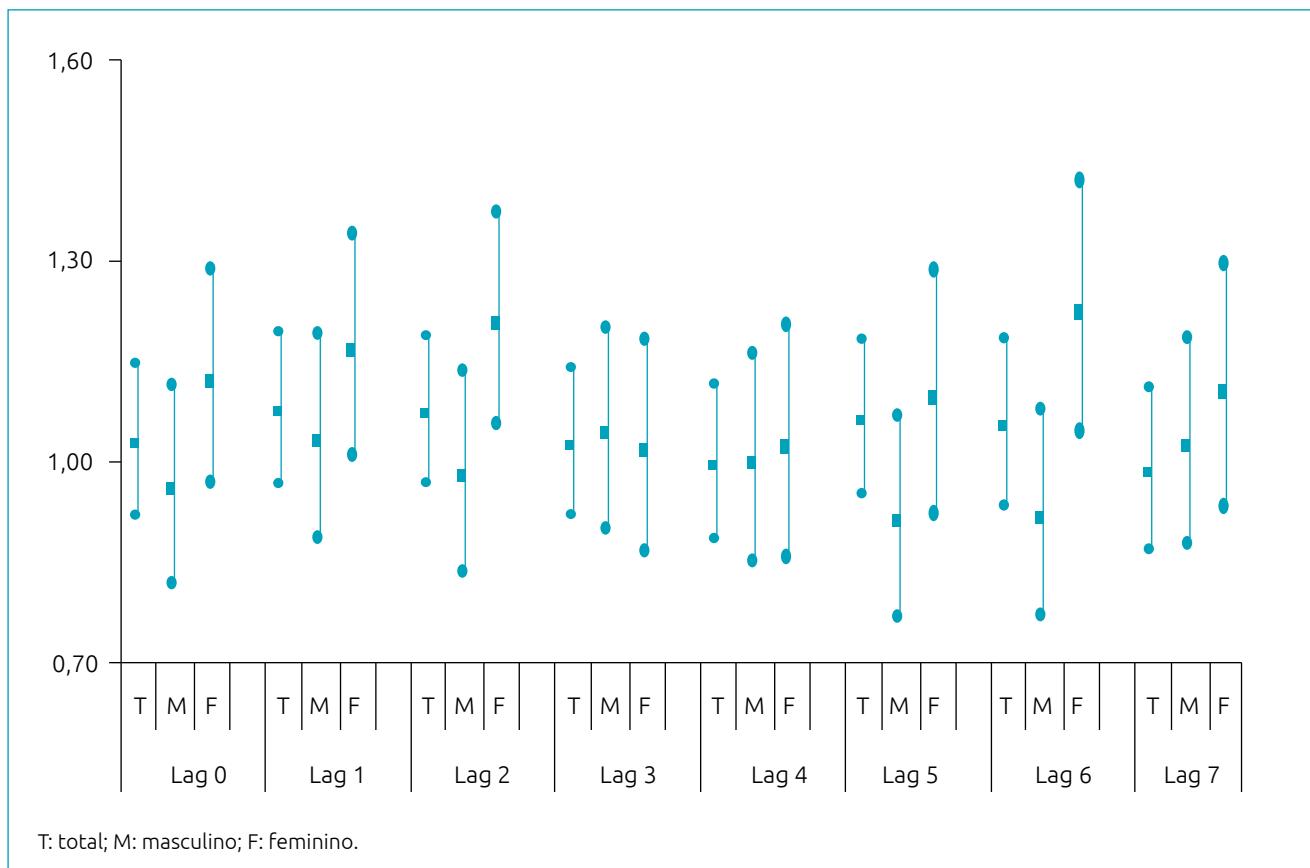


Figura 2 Riscos relativos para internação em crianças, pela exposição ao particulado fino, segundo sexos masculino e feminino, Cuiabá, MT, 2012–2013.

em condições agudas, embora pareçam ser mais propensas a apresentar dano prejudicial ao tecido em relação à inflamação crônica, como na fibrose cística.²⁶ Por outro lado, durante a pandemia de influenza pelo H1N1, estudo realizado em Hong Kong mostrou que meninos com menos de 18 anos de idade tendiam a ter maiores taxas de internação do que meninas para influenza sazonal, o que era consistente com achados anteriores no Canadá e na Dinamarca, bem como com relatório da OMS.²⁷

Essas diferenças de sexo na carga de hospitalização associada à gripe podem ser o resultado de diferenças entre meninos e meninas em termos de suscetibilidade do hospedeiro, risco de exposição, comportamentos de busca de saúde e resposta imune à vacinação contra influenza e terapias antivirais.²⁷ Os meninos tendem a ser mais ativos do que as meninas, com maior risco de exposição a patógenos ambientais (incluindo gripe) por meio de contato próximo com pessoas infectadas ou toque em superfície contaminada. Estudos anteriores também indicaram que os meninos tinham uma resposta imune diferente contra infecções de gripe quando comparada com a resposta das meninas, mas essa diferença gradualmente desaparece à medida que crescem.²⁷

Além disso, estudo sobre pneumonias em crianças com até 1 ano de idade realizado na África do Sul mostrou, na análise multivariada, que meninos tiveram maior incidência de pneumonia do que meninas. Os autores aventaram a possibilidade de haver diferenças nas respostas intrínsecas imunitárias ou inflamatórias ou diferenças na estrutura ou função pulmonar.²⁸

Usando marcadores biológicos, como proteína C-reativa, contagem de neutrófilos e velocidade de sedimentação de eritrócitos, Casimir et al.²⁹ mostraram existir diferenças marcantes entre meninos e meninas menores de dez anos, com valores mais elevados em meninas em internações por pneumonia e bronquiolite. Foram observados períodos mais longos de hospitalização em meninas e maior duração da febre, sugerindo que o sexo pode modular a expressão clínica de certos sintomas e, talvez, a gravidade da doença. Essas diferenças poderiam estar relacionadas aos hormônios sexuais, que podem desempenhar um papel não só no controle da síntese do hormônio do crescimento na primeira infância, mas também no manejo

da inflamação aguda. Esses autores sugerem que a amplificação da resposta inflamatória pode ser benéfica em algumas condições patológicas, em que a resposta inflamatória aguda pode auxiliar a recuperação completa.²⁹

As limitações deste estudo podem estar na análise que utilizou dados estimados por modelagem matemática, não obstante tais dados estimados para o particulado fino estarem validados. Outra possível limitação é a falta de informações sobre as condições de moradia dessas crianças, presença de fumantes na moradia, baixo peso ao nascer e aleitamento materno. Uma terceira admissível ressalva diz respeito aos dados, que não contabilizaram internações por outras fontes que não o Sistema Único de Saúde, como convênios médicos e planos de saúde, além dos casos tratados em regime ambulatorial. Os dados de internação foram obtidos de fonte oficial, o DATASUS,²² que vem sendo utilizado sistematicamente nesse tipo de abordagem. Há que se apontar que os dados aqui apresentados mostram associação, e não causalidade.

Mesmo com essas plausíveis circunscrições, foi possível identificar o papel da exposição ao particulado fino nas internações de crianças de Cuiabá, MT, mas somente nas do sexo feminino, o que sugere que essa forma de estratificação seja realizada em estudos posteriores, pois a análise envolvendo ambos os性os não se mostrou significativa.

AGRADECIMENTOS

Renata Armani de Moura Menezes agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa processo nº 2016/00119-6; e Luiz Fernando Costa Nascimento agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa processo nº 311109/2014-4.

Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

Conflito de interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS [homepage on the Internet]. DATASUS. [cited 2017 Jan 7]. Available from: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nrmt.def>
- Nascimento LF, Marcitelli R, Agostinho FS, Gimenes CS. Hierarchical approach to determining risk factors for pneumonia in children. J Bras Pneumol. 2004;30:445-1.
- Negrisolli J, Nascimento LF. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. Rev Paul Pediatr. 2013;31:501-6.
- Silva AM, Mattos IE, Ignotti E, Hacon SS. Particulate matter originating from biomass burning and respiratory. Rev Saude Publica. 2013;47:345-52.

5. Souza LS, Nascimento LF. Air pollutants and hospital admission due to pneumonia in children: a time series analysis. *Rev Assoc Med Bras.* 2016;62:151-6.
6. Slaughter JC, Kim E, Sheppard L, Sullivan JH, Larson TV, Claiborn C. Association between particulate matter and emergency room visits, hospital admissions and mortality in Spokane, Washington. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2005;15:153-9.
7. Pope CA. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: biologic mechanisms and who's at risk? *Environ Health Perspect.* 2000;108:713-23.
8. César AC, Nascimento LF, Carvalho Junior JA. Association between exposure to particulate matter and hospital admissions for respiratory disease in children. *Rev Saude Publica.* 2013;47:1209-12.
9. Xiong Q, Zhao W, Gong Z, Zhao W, Tang T. Fine particulate matter pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Beijing, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12:11880-92.
10. Patto NV, Nascimento LF, Mantovani KC, Vieira LC, Moreira DS. Exposure to fine particulate matter and hospital admissions due to pneumonia: Effects on the number of hospital admissions and its costs. *Rev Assoc Med Bras.* 2016;62:342-6.
11. Nascimento AP, Santos JM, Mill JG, Souza JB, Reis Junior NC, Reisen VA. Associação entre concentração de partículas finas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças. *Rev Saude Publica.* 2017;51:3.
12. Silva PR, Ignotti E, Oliveira BF, Junger WL, Morais F, Artaxo P, et al. High risk of respiratory diseases in children in the fire period in Western Amazon. *Rev Saude Publica.* 2016;50.
13. Duan Z, Han X, Bai Z, Yuan Y. Fine particulate air pollution and hospitalization for pneumonia: a case-crossover study in Shijiazhuang, China. *Air Qual Atmos Health.* 2016;9:723-33.
14. Longo KM, Freitas SR, Setzer A, Prins E, Artaxo P, Andreae MO. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATTBRAMS). Part 2: model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmos Chem Phys Discuss.* 2007;7:8571-95.
15. Ignotti E, Valente JG, Longo KM, Freitas SR, Hacon SS, Netto PA. Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region. *Rev Saude Publica.* 2010;44:121-30.
16. César AC, Nascimento LF, Mantovani KC, Vieira LC. Fine particulate matter estimated by mathematical model and hospitalizations for pneumonia and asthma in children. *Rev Paul Pediatr.* 2016;34:18-23.
17. Nascimento LF, Vieira LC, Mantovani KC, Moreira DS. Air pollution and respiratory diseases: ecological time series. *Sao Paulo Med J.* 2016;134:315-21.
18. Carmo CN, Hacon SS. Time series studies of air pollution by fires and the effects on human health. *Cienc Saude Coletiva.* 2013;18:3245-58.
19. Clougherty JE. A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. *Environ Health Perspect.* 2010;118:167-76.
20. Miller KA, Siscovich DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med.* 2007;356:447-58.
21. Tuan TS, Venâncio TS, Nascimento LF. Effects of air pollutant exposure on acute myocardial infarction, according to gender. *Arq Bras Cardiol.* 2016;107:216-22.
22. Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS [homepage on the Internet]. DATASUS. [cited 2017 Jan 7]. Available from: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901&item=1&acao=25>
23. Fajersztajn L, Saldiva P, Pereira LA, Leite VF, Buehler AM. Short-term effects of fine particulate matter pollution on daily health events in Latin America: a systematic review and meta-analysis. *Int J Public Health.* 2017;62:729-38.
24. Ignotti E, Hacon SS, Junger WL, Mourão D, Longo K, Freitas S, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. *Cad Saude Publica.* 2010;26:747-61.
25. Andrade Filho VS, Artaxo P, Hacon S, Carmo CN, Cirino G. Aerosols from biomass burning and respiratory diseases in children, Manaus, Northern Brazil. *Rev Saude Publica.* 2013;47:239-47.
26. Casimir GJ, Lefèvre N, Corazza F, Duchateau J. Sex and inflammation in respiratory diseases: a clinical viewpoint. *Biol Sex Differ.* 2013;4:16.
27. Wang X, Yang L, Chan KH, Chan KP, Cao PH, Lau EH, et al. Age and sex differences in rates of influenza-associated hospitalizations in Hong Kong. *Am J Epidemiol.* 2015;18:335-44.
28. le Roux DM, Myer L, Nicol MP, Zar HJ. Incidence and severity of childhood pneumonia in the first year of life in a South African birth cohort: the Drakenstein Child Health Study. *Lancet Glob Health.* 2015;3:e95-103.
29. Casimir GJ, Mulier S, Hanssens L, Zylberberg K, Duchateau J. Gender differences in inflammatory markers in children. *Shock.* 2010;33:258-62.