

A qualidade do ar influencia as internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças? Uma revisão sistemática

Does air quality influences hospitalizations by respiratory diseases in children?
A systematic review

LEÃO, Hemanuely¹; SANTOS, Regiane¹; ARAÚJO, Natália¹; OLIVEIRA, Trícia¹.

Resumo

Introdução: A poluição atmosférica é causada por processos que conduzem à emissão de gases e de partículas na atmosfera, cujos poluentes podem apresentar efeitos nocivos ao organismo, principalmente no sistema respiratório de crianças. Porém, ainda, não está elucidada a influência da qualidade do ar na frequência de internações hospitalares por problemas respiratórios. **Objetivo:** Fazer uma revisão sistemática acerca da influência da qualidade do ar na frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática por três avaliadores independentes e cegados. **Estratégia de busca:** bases de dados Bireme, Base de Teses e de Dissertações da Capes, Pubmed e Scielo. Os critérios de inclusão foram: artigos disponíveis na íntegra; do tipo caso controle, coorte, ensaios clínicos controlados e ensaios clínicos controlados e randomizados; nos idiomas português, espanhol e inglês; publicados de 2011 a setembro de 2017; **palavras-chave:** Crianças, Qualidade do Ar, Poluição do Ar, Internações e Doenças Respiratórias. O boleano “and” e “not” indoor, também, foi utilizado. Foram adotados, como critério de exclusão, após leitura do título e do resumo, artigos que não abordassem o tema. A avaliação da qualidade metodológica dos estudos utilizou o *Checklist* de Downs e Black adaptado. O coeficiente Kappa analisou a confiabilidade entre pesquisadores, e o teste Mann Whitney comparou as médias das pontuações. **Resultados:** Trinta artigos foram incluídos e apenas 1 apresentou baixa expressividade metodológica. Os principais poluentes associados às internações por problemas respiratórios foram materiais particulados de 10 μ g e 2,5 μ g, além do ozônio. A faixa etária mais estudada foi a de maiores de 10 anos. **Conclusão:** A revisão sistemática apontou para a relação entre a poluição atmosférica e o número de internações hospitalares por problemas respiratórios em crianças, além do aumento nos custos dessas internações.

Palavras-chave: Poluição do Ar; Qualidade do Ar; Doenças Respiratórias; Crianças; Internações.

¹ Universidade de Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. Email: regianeoliveira105@gmail.com

Abstract

Introduction: Atmospheric pollution is caused by physical, chemical and dynamic processes from human action causing particle and gas emission by certain combustion sources to accumulate in atmosphere. These pollutants have negative physiological effects in organism, mainly in children's respiratory system. However, there it remains unclear whether air quality influences number of hospitalizations by respiratory problems. **Aim:** To perform a systematic review to investigate the influence of air quality on number of hospitalizations by respiratory problems in children. **Methods:** A systematic review was done by three independent and blinded evaluators. **Search strategy:** the databases Bireme, CAPES database of thesis and dissertations, Pubmed and Scielo; only studies with full text available were included; **types of study:** case-control, cohort, controlled clinical trials and randomized controlled clinical trials; **study language:** Portuguese, Spanish and English; from 2011 to September 2017; **key words:** children, air quality, air pollution, hospitalization and respiratory diseases. Boolean operators "and" and "not" indoor were also used. After title and abstract screening, articles that did not investigate the subject were excluded. **Methodological quality** was evaluated used Checklist of Downs and Black adapted. **Kappa coefficient** evaluated inter examiners reliability and **Mann Whitney test** compared mena scores. **Results:** Thirty articles were included and only one showed lower methodological quality. Main pollutants associated to hospitalizations by respiratory problems were particles of 10 μ g and 2,5 μ g and ozone. Subjects older than 10 years old composed the most investigated group. **Conclusion:** The present systematic review pointed to the relation between atmospheric pollution and number of hospitalizations by respiratory problems in children and increased hospitalization costs.

Keywords: Air pollution; Air quality; Respiratory disease; Children; Internment.

Introdução

A qualidade do ar de uma região é o resultado de complexas interações, envolvendo a emissão de poluentes atmosféricos por fontes fixas e móveis que, juntamente com as condições meteorológicas e as características do terreno, determinam a sua concentração¹. A poluição é causada por processos físicos, químicos e dinâmicos que conduzem à emissão de gases, de partículas e à sua acumulação na atmosfera².

Consideram-se poluentes, agentes potencialmente tóxicos que, quando inalados, podem afetar a saúde². As fontes fixas de emissão são indústrias, chaminés e pedreiras, enquanto as fontes móveis são caminhões, ônibus, carros e motos. Os principais são: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO), os materiais particulados (PM) com destaque para o PM espesso (2,5 a 10 μ m = PM₁₀), o PM fino (0,1 a 2,5 μ m = PM_{2,5}) e o PM ultrafino (< 0,1 μ m = PM não regulado)⁴.

O estudo de Moura et al.⁵ mostrou que a exposição ao PM₁₀ se relaciona à maior incidência de manifestações das vias aéreas superiores. A impactação inercial deste particulado resulta em hiperresponsividade local manifestada por sinusite, faringite e rinite alérgica. A propriedade de sedimentação do PM_{2,5} permite a deposição de partículas em bronquíolos e alvéolos comprometendo a atividade mucociliar e dos macrófagos alveolares. Produz irritação nas vias respiratórias, causando tosse, dispneia e sibilância, especialmente em crianças⁶. Este fato contribui para o aumento de doenças respiratórias prevalentes em crianças, tais como asma, bronquiolite e pneumonia^{5,6}.

Estas doenças respiratórias apresentam, em sua fisiopatologia, a contribuição de fatores moleculares como o estresse oxidativo, também, desencadeado pelos efeitos dos poluentes. Os

oxidantes têm grande importância fisiológica; porém, em desequilíbrio, promovem processos lesivos às células. Gases como ozônio ou óxidos de nitrogênio são os principais precursores da formação de radicais livres, que promovem o estresse oxidativo e induzem a resposta inflamatória sistêmica. Associada a estes eventos, a ativação dos reflexos pulmonares neurais promove respostas autonômicas, explicando, parcialmente, os efeitos cardiovasculares^{4,7}.

Os efeitos apresentam maior magnitude em crianças, devido ao metabolismo basal acelerado refletir em maior ventilação/minuto, tornando-as susceptíveis às condições de qualidade do ar. Adicionalmente, o sistema imunológico, ainda, não totalmente desenvolvido, aumenta a possibilidade de infecções respiratórias⁸.

Alguns estudos epidemiológicos mostraram que há relevante relação entre níveis de poluentes, sazonalidade e internações hospitalares por doenças respiratórias^{5,6}, e o objetivo desta revisão sistemática foi realizar um levantamento bibliográfico acerca da influência da qualidade do ar sobre a frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças.

Métodos

Este estudo constitui-se uma revisão sistemática sobre a influência da qualidade do ar nas internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças. A estratégia de busca foi desenvolvida, por meio das bases de dados eletrônicas LILACS, SciELO e MEDLINE, por meio do método integrado da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Base de Teses e de Dissertações da Capes. Os critérios de inclusão foram: artigos disponíveis na íntegra, estudos de caso controle, estudos de coorte, ensaios clínicos controlados, ensaios clínicos controlados e randomizados, nos idiomas português, espanhol e inglês, publicados no período entre 2011 a setembro de 2017, utilizando as terminologias cadastradas nos Descritores em Ciências da Saúde, criados pela BVS. As palavras-chave para critérios de busca foram: crianças, qualidade do ar, poluição do ar, internações e doenças respiratórias. Os booleanos “NOT” *indoor* e “AND”, também, foram utilizados para articular os descritores. Após leitura do título e resumo dos estudos, foram excluídos aqueles que não abordassem qualidade do ar, além de internações hospitalares por outras doenças. A seleção dos estudos, a avaliação dos títulos e dos resumos identificados na busca inicial foi realizada por três pesquisadores, de forma independente e cegada, obedecendo rigorosamente aos critérios de inclusão e de exclusão, definidos na estratégia de busca, que se baseou no protocolo descrito por Sampaio et al.¹⁰.

A avaliação da qualidade metodológica dos artigos incluídos nesta revisão sistemática utilizou o *Checklist* de *Downs* e *Black* destacado pela colaboração Cochrane. É um instrumento utilizado para avaliação do risco de viés em estudos individuais que permite adaptação para diferentes contextos¹¹. A ferramenta é composta por 27 questões que avaliam a qualidade metodológica nos domínios: relato, validade externa, viés, variáveis de confusão, viés de seleção e de poder.

As respostas são pontuadas com o valor “1” (quando o critério que caracteriza qualidade estiver presente), ou “0” (quando este critério estiver ausente). Assim, estudos de melhor qualidade metodológica atingem maior pontuação. As onze questões utilizadas estavam distribuídas entre os domínios Relato (sete questões), Viés (duas questões), Variável de confusão/Viés de seleção (uma questão) e Poder (uma questão).

A Análise Kappa foi utilizada para verificar a confiabilidade entre pesquisadores. Um dos principais critérios para a avaliação da qualidade de um instrumento é a sua confiabilidade, e esta

pode ser considerada maior, quando, em repetidas mensurações de um atributo, obtiver-se uma menor variação. O Coeficiente Kappa pode ser definido como uma medida de associação, usada para descrever e testar o grau de concordância (confiabilidade e precisão)¹².

Apesar de largamente utilizado para o estudo de confiabilidade, este método estatístico apresenta limitações, na medida em que não fornece informações a respeito da estrutura de concordância e de discordância, muitas vezes, não considerando aspectos importantes presentes nos dados. Dessa forma, não deve ser utilizado indiscriminadamente, como uma única medida de concordância. Além disso, outras abordagens devem ser incorporadas, com o intuito de complementar a análise. Valores maiores que 0,75 representam excelente concordância. Valores abaixo de 0,40 representam baixa concordância, e valores situados entre 0,40 e 0,75 representam concordância mediana¹³. Foram considerados artigos com baixa expressividade metodológica, aqueles que obtiveram escore menor do que sete (Categoria 1), e aqueles com escore maior ou igual a sete, alta expressividade metodológica (Categoria 2).

O Teste Mann Whitney foi utilizado para a comparação da média dos escores dos avaliadores. Foi considerado como nível de significância $p < 0,05$. O pacote estatístico *Social Package for Social Science* (SPSS), versão 8.0 foi utilizado.

Resultados

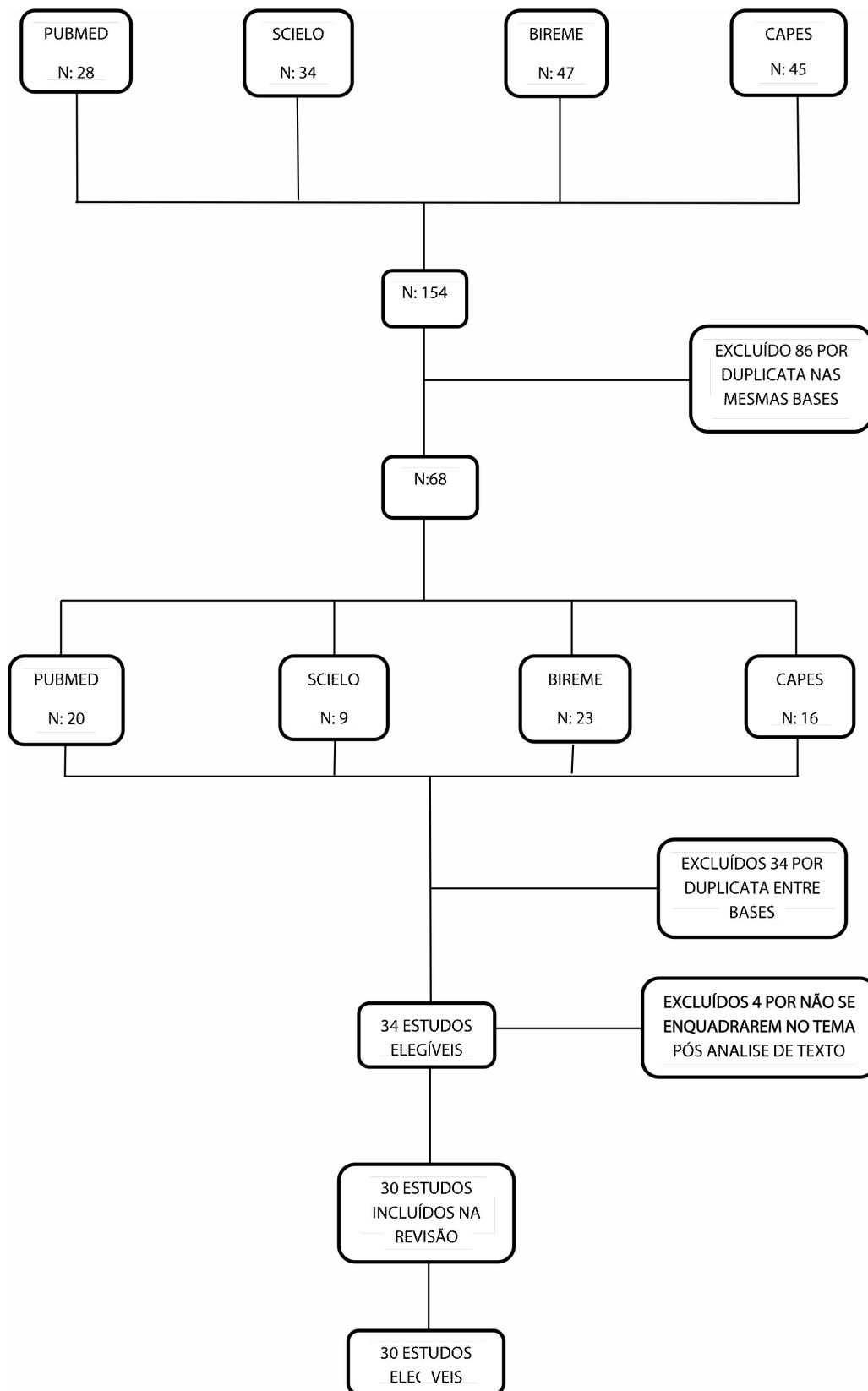
Foram encontrados 154 artigos nas bases de dados selecionadas. Destes, 86 foram excluídos por duplicata nas mesmas bases de dados e 34 por duplicata entre as bases, quatro por não se enquadrarem no tema proposto, após análise completa do texto, totalizando 30 artigos elegíveis. O fluxograma contendo a estratégia de busca encontra-se na Figura 1.

Vinte e nove artigos encontrados^{14-37,39-43} eram estudos observacionais do tipo ecológico de séries temporais, apenas o estudo de Tétreaul³⁸ foi do tipo coorte. A faixa etária estudada em 24 artigos^{14-16,18,20,22-27,29-36,38-39,41-43} foi de crianças menores de dezoito anos, seis^{17,19,21,28,37,40} não especificaram a idade.

As variáveis estudadas foram: internações por doenças respiratórias e cardiorrespiratórias, poluentes, custos decorrentes de hospitalizações e de visitas médicas, temperatura e umidade relativa do ar. Dos 30 artigos que observaram o número de internações hospitalares, 20^{15-17,19,20,22,24-26,29,31,32,35-40,42,43} (66,6%) analisaram o motivo de internações por doenças respiratórias e seis^{18,21,23,27,28,34} (20%) analisaram a causa de internações por doenças cardiorrespiratórias. Quatro estudos^{15,21,33,39} (13,4%) analisaram custos médicos decorrentes de internações hospitalares associadas ao aumento da concentração de poluentes.

Os estudos avaliaram diversos tipos de poluentes. Vinte e cinco artigos (83,3%) analisaram o material particulado, dentre estes, oito^{16,20,23,25,27,29,34,37} (26,6%) limitaram-se apenas ao PM_{10} , dez^{17,19,22,24,26,32,33,38,39,43} (33,3%) incluíram apenas o $PM_{2,5}$, e sete^{15,18,28,35,40-42} (23,3%) estudaram ambos. A emissão de Ozônio (O_3) foi verificada em 17 trabalhos^{15-19,22,25-27,31,32,35-38,40} (56,6%); o Dióxido de Nitrogênio (NO_2) em 15^{15-18,22,25-27,31,32,35-38,40} (50%); em dez artigos^{15,16,17,19,20,27,29,34,36,40} (33,3%); o Dióxido de Enxofre (SO_2) em sete^{15,17,20,26,29,36,40} (23,3%) o Monóxido de Carbono (CO) e em três artigos^{25,26,40} (10%) os Óxidos de Nitrogênio (NO_x), mostrados no Quadro 1. Quinze estudos^{18-20,24-25,29,33-35,37,40-42} (50%) incluíram variáveis meteorológicas, como temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 1 | Fluxograma da estratégia de busca utilizada.



Quadro 1 | Quadro-resumo com as principais características dos estudos incluídos nessa revisão, média da pontuação da qualidade metodológica dos três avaliadores.

Autor Ano	Pontuação da escala Downs and Black	Tipo de estudo	População Faixa Etária	Variáveis estudadas	Principais Resultados
Mehta 2011	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 5 anos.	- PM ₁₀ . - NO ₂ . - SO ₂ . - O ₃ . - Temperatura e umidade relativa do ar. - Frequência de internações por doenças respiratórias.	- ↑ das concentrações de NO ₂ e SO ₂ associadas ao ↑ das admissões na estação seca com os riscos de excesso de 8,50% (IC95% 0,80-16,79) e 5,85% (IC95% 0,44-11,55), respectivamente. - Associação negativa entre os poluentes e admissões na estação chuvosa.
Roy 2011	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças entre 2 e 17 anos.	- PM _{2,5} - PM ₁₀ - O ₃ . - NO ₂ - SO ₂ - CO. - Custos totais para hospitalizações pediátricas por Asma.	- O ↑ de 1 µg/m ³ de PM _{2,5} leva a um ↑ de U\$123 em taxas (IC95% \$40-249) e U\$47 em custos de internações pediátricas por asma (IC95% U\$15-93).
Jasinski 2011	10	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 5 anos; - 6 a 18 anos;	- PM ₁₀ . - NO ₂ . - SO ₂ . - O ₃ . - Frequência de Internações hospitalares por doenças respiratórias.	- 95% das internações foram em crianças de 0-10 anos. - ↑ de um interquartil nas médias móveis do PM ₁₀ em sete dias (56,5µg/m ³) e do O ₃ em cinco dias (46,7µg/m ³) associado ao ↑ nas internações hospitalares de 9,6% (IC95% 3,0%- 16,1%) e 2,4% (IC95% 0,1%-4,7%), respectivamente.
Yeh 2011	9.6	Estudo ecológico de séries temporais.	- Criança sem especificação de idade.	- CO. - NO ₂ . - PM₁₀. - O ₃ . - SO ₂ - Frequência de internações por doenças respiratórias.	- ↑ Internações por asma associadas às mudanças sazonais na concentração de cada poluente. - ↑ concentração de PM ₁₀ e O ₃ relacionado ao ↑ internações. - > relação entre ↑ na concentração de poluentes e internações em crianças na idade escolar. Nenhuma associação na de admissão para adolescentes.
Hansen 2012	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 14 anos.	- PM ₁₀ - PM _{2,5} - O ₃ - NO ₂ . - Temperatura e umidade relativa do ar. - Frequência de Internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares.	- Todos os poluentes associados ao ↑ internações hospitalares em estações frias. - ↑ 10 µg/m ³ no PM _{2,5} , as internações hospitalares aumentaram 0,84% (IC95% 0,22-1,47%) e ↑ de 10 µg/m ³ em PM ₁₀ o aumento foi de 0,39% (IC 95% 0,18-0,61%). - PM _{2,5} associado às internações em estações quentes.

Continua

Quadro 1 | Quadro-resumo com as principais características dos estudos incluídos nessa revisão, média da pontuação da qualidade metodológica dos três avaliadores.

Autor Ano	Pontuação da escala Downs and Black	Tipo de estudo	População Faixa Etária	Variáveis estudadas	Principais Resultados
Amâncio 2012	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças sem especificação da idade.	- PM _{<10} . - O ₃ . - SO ₂ . - Temperatura e umidade relativa do ar. - Frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias.	- ↑ 17 ug/m ³ PM ₁₀ resulta em um ↑ do RR em 19% para internações por asma. - ↑ 3 ug/m ³ na concentração de SO ₂ leva ao ↑ RR em 14% para internações por asma.
Sousa 2012	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Criança < 5 anos	- PM ₁₀ - SO ₂ . - CO. - Temperatura e umidade relativa. - Internações hospitalares por doenças respiratórias.	- ↑ 10 ug/m ³ de PM ₁₀ associado ao número diário de internações respiratórias em crianças < 1 ano (2,265%, p <0,0001) e entre 1 e 5 anos (2,051%, p <0,005). - ↑ 10 ug/m ³ de CO associado ao número de internações respiratórias em crianças < 1 ano (0,115%, p <0,05).
Tayra 2012	6.3	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças não especificadas	- Frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares. - Cálculo do custo da saúde associado à poluição atmosférica.	- Doenças respiratórias demandaram ↑ nos custos por internações em 6,9 milhões de 2000 a 2009.
To 2013	10.3	Estudo ecológico de séries temporais	- Crianças < 17 anos.	- NO ₂ - O ₃ - PM _{2,5} . - Frequência de Internações hospitalares por asma.	- ↑ dos poluentes ↑ o uso do serviço de saúde decorrente a asma, e levou a um ↑ de 2,1% nas internações hospitalares.
Durán 2013	9.3	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 5 anos.	- PM ₁₀ . - Custos decorrentes de hospitalizações.	- A ↓ do PM ₁₀ economiza de ±21,4 bilhões em mortalidade e internações.
Yap 2013	10.6	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças entre 1 e 9 anos.	- PM _{2,5} - Frequência de internações respiratórias por doenças respiratórias. - Temperatura.	- ↑ 10 ug/m ³ de PM _{2,5} associado a ↑ no RR pra doenças respiratórias agudas, pneumonia e asma.
Negrisoli 2013	10.6	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 10 anos.	- PM ₁₀ - NO ₂ - NO - O ₃ . - Frequência de internações por pneumonia. - Temperatura e umidade relativa do ar.	- ↑ internações devido ao ↑ de PM ₁₀ e NO ₂ . - ↑ 10ug/m ³ de NO ₂ apresentou significância estatística relacionada às hospitalizações após exposição no mesmo dia (RR=1,016), assim como o PM ₁₀ na defasagem de quatro dias (RR=1,009) após a exposição aos poluentes. - ↑ das internações ocorreu no período seco e de inverno.

Continua

Quadro 1 | Quadro-resumo com as principais características dos estudos incluídos nessa revisão, média da pontuação da qualidade metodológica dos três avaliadores.

Autor Ano	Pontuação da escala <i>Downs and Black</i>	Tipo de estudo	População Faixa Etária	Variáveis estudadas	Principais Resultados
Cesar 2013	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 10 anos.	- CO. - O ₃ . - NO _x . - PM _{2,5} . - Frequência de Internações hospitalares por problemas respiratórios. - Temperatura e umidade relativa do ar.	- Correlação positiva com o PM _{2,5} (r = 0,12; p < 0,05) - As internações foram positivamente correlacionadas com a temperatura aparente e PM _{2,5} (r = 0,12; p < 0,05), mostrando correlação negativa com PM _{2,5} (r = - 0,08; p > 0,05) e com hospitalizações (r = - 20; p < 0,01)
Nardocci 2013	11	Estudo ecológico de séries temporais.	-- Criança < 5 anos.	- PM ₁₀ . - O ₃ . - NO ₂ . - SO ₂ . - Frequência de Internações hospitalares por doenças respiratórias. - Temperatura e umidade relativa do ar.	↑ de 10 µg/m ³ de PM ₁₀ e O ₃ associado a um ↑ de 5,7% (IC95% 3,80;7,51) e 3,9% (IC95% 1,57;6,51) nas internações por doenças respiratórias em < 5 anos, respectivamente.
Stafoggia 2013	10.3	Estudo ecológico de séries temporais.	-- Crianças sem especificação de idade.	- PM< _{2,5} . - PM< ₁₀ . - Frequência de internações por doenças respiratórias e cardiovasculares.	- Associações foram estimadas para internações respiratórias, variando de 1,15% (IC95% 0,21, 2.11%) para PM ₁₀ a 1,36% (IC95% 0,23, 2,49) para as PM _{2,5} (lag 0-5 dias). - ↑ de 10 µg/m ³ no PM _{2,5} , 6,3 µg/m ³ no PM _{2,5-10} , e 14,4 g/m ³ no PM ₁₀ (lag 0-1) foram associados com 0,51% (IC95% 0,12, 0,90%), 0,46% (IC 95%: 0,10, 0,82%) e 0,53% (IC95% 0,06, 1,00%) ↑ nas admissões por doenças cardiovasculares.
Souza 2014	10.3	Estudo ecológico de séries temporais.	-- Crianças < 6 anos.	- PM ₁₀ - SO ₂ - NO ₂ - O ₃ - CO. - Frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias. - Temperatura e umidade relativa do ar.	- ↑ de 10.49 µg/m ³ dos níveis de PM ₁₀ resultou num ↑ de 3,0% de RR para internações por doenças respiratórias.
Almeida 2014	10.3	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 18 anos.	- PM ₁₀ . - PM _{2,5} . - O ₃ . - Frequência de Internações por doenças respiratórias.	- Associação positiva (p<0.05) entre o ↑ PM ₁₀ e PM _{2,5} para doenças respiratórias em < de 14 anos.
Janke 2014	11	Estudo ecológico.	- Crianças entre 5 e 18 anos.	- O ₃ - NO ₂ . - Frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias. - Temperatura, velocidade do vento, precipitação, smogs de verão e inverno.	- ↑ 10 µg/m ³ de NO ₂ e O ₃ ↑ em 1% a taxa de internações hospitalares de emergência para todas as doenças e sintomas respiratórios em todas as idades (p=0,034 e p=0,035, respectivamente).

Continua

Quadro 1 | Quadro-resumo com as principais características dos estudos incluídos nessa revisão, média da pontuação da qualidade metodológica dos três avaliadores.

Autor Ano	Pontuação da escala <i>Downs and Black</i>	Tipo de estudo	População Faixa Etária	Variáveis estudadas	Principais Resultados
Shmool 2016	10.3	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças entre 5 e 17 anos.	- O ₃ - SO ₂ - PM ₁₀ - PM _{2,5} . - Frequência de internações hospitalares por exacerbação de asma. - Temperatura.	- Exposição o ↑ de 10 ppb de O ₃ foram significativas em <i>lag</i> 1 a 5, variando de 6,5 (IC95% 0,2 -13,1) para 13,0 (6,0-20,6) para internações e visitas hospitalares 2,9 (IC95% 0,1 -5,7) com as associações > no dia <i>lag</i> 2.
Romero 2016	9.6	Estudo ecológico de séries temporais.	- Criança < 14 anos.	- PM<2,5 - Frequência de internações por doenças respiratórias. - Temperatura e umidade relativa do ar. - Custo por internações de doenças respiratórias.	- ↓ concentração média anual de PM _{2,5} dos níveis diários existentes a 10µg/m ³ demonstra ↓ média anual de internações infantis por doenças respiratórias. - ↑ número de casos corresponde a hospitalizações por bronquiolite (p=0,0099), seguido por pneumonias (p=0,0073), bronquite (p=0,0057) e asma (p=0.019).
Freitas 2016	10.6	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 5 anos.	- PM ₁₀ - SO ₂ - O ₃ . - Frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares. - Temperatura e umidade relativa do ar.	- ↑ 10 µg/m ³ de PM ₁₀ , SO ₂ e O ₃ , associado ao ↑ no RR% para as hospitalizações por doenças respiratórias totais de 9,67; 6,98 e 1,93, respectivamente. - RR% = 6,60; RR% = 5,19 e RR% = 3,68 para doenças respiratórias em < 5 anos para o PM ₁₀ , SO ₂ e O ₃ , respectivamente. - Relação significativa entre doenças cardiovasculares e O ₃ com RR% = 2,11.
Chen 2016	11	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças < 17 anos.	- PM ₁₀ - PM _{2,5} . - O ₃ - NO ₂ - Frequência de internações por asma - Temperatura e umidade relativa do ar.	- ↑ nas admissões por asma em crianças < de 17 anos, relacionadas ao ↑ de 10 µg/m ³ de PM _{2,5} , NO ₂ , PM ₁₀ , com os efeitos cumulativos de 5 dias de 30,2% (IC95% 13,4-49,6%), 12,5% (IC95%: 6,6-18,7%), 8,3% (IC95% 2,5-14,4%) e 4,2% (IC 95%: 2,2-6,1%).
Alizadeh 2016	9.5	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças de 2 a 14 anos.	- SO ₂ - NO ₂ - O ₃ - CO - Frequência de internações hospitalares por asma.	- Relação positiva entre níveis de NO ₂ (p = 0,01), O ₃ (p = 0,01), SO ₂ (p = 0,04) e admissão devido a asma em crianças. - Não houve relação entre níveis de CO (p= 0,4).

Continua

Quadro 1 | Quadro-resumo com as principais características dos estudos incluídos nessa revisão, média da pontuação da qualidade metodológica dos três avaliadores.

Autor Ano	Pontuação da escala <i>Downs and Black</i>	Tipo de estudo	População Faixa Etária	Variáveis estudadas	Principais Resultados
Perez 2016	10.5	Estudo ecológico de séries temporais.	- Crianças sem idade especificada.	- PM ₁₀ - O ₃ - NO ₂ - Frequência de internações por doenças respiratórias agudas. - Temperatura e umidade relativa do ar.	- ↑ do RR para pneumonias e infecções respiratórias agudas associadas ao ↑ 10 µg/m ³ de PM ₁₀ foi observado na cidade de El Alto para pneumonia (RR = 28,4%) e (RR=30,9%) para IRAS, seguido por Cochabamba (RR = 6,1%) para pneumonia e (RR= 5,7%) IRAS, e depois La Paz (RR = 4,6%) para pneumonia e (RR= 1,2%) IRAS. - ↑ do RR para infecções respiratórias agudas associadas ao PM ₁₀ .
Tétreau 2016	10.5	Estudo coorte.	- Criança < 13 anos.	- PM _{2,5} - O ₃ - NO ₂ - Frequência de internações hospitalares por asma.	- ↑ Relação entre exposição a PM _{2,5} , O ₃ e NO ₂ com exacerbação de asma em crianças asmáticas. - O NO ₂ (1,024, IC95% (1,015-1,034) e PM _{2,5} (HR por IQR ↑ 1,056, IC95% 1,055-1,058).
Patto 2016	10	Estudo ecológico de séries temporais.	- Criança < 10 anos.	- PM _{2,5} - Frequências de internações hospitalares por pneumonias. - Custo decorrentes a internações.	- Um ↑ de 10µg/m ³ na concentração de PM _{2,5} ↓ entre 25 ppt e 28 ppt o RR de hospitalização, entre quatro a cinco dias após a exposição. (p<0,05). - A ↓ de 10 µg/m ³ na concentração de PM _{2,5} levaria a ↓ de 256 admissões e economizaria R\$ 220.000 em dois anos.

Alguns estudos relacionaram a emissão de poluentes ao aumento de internações. Dez estudos^{18,31,25,29,32,35,42} encontraram aumento de internações respiratórias decorrente do incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀, e no estudo de Amâncio et al.¹⁹ foi estabelecido aumento de 17 µg/m³. Em oito dos trabalhos analisados^{16,17,28,37,40,41}, não foi especificado o incremento; todavia, apresentaram ligação com o número de internações cardiorrespiratórias. Durán et al.²³ apresentaram associação entre a redução de PM₁₀ e a diminuição de hospitalizações por doenças cardiorrespiratórias. O PM_{2,5}, também, foi associado ao aumento de internações cardiorrespiratórias^{22,28,38}. Um aumento de 10 µg/m³ de PM_{2,5} elevou o número de hospitalizações por doenças respiratórias^{24,26,35,39,42}. Com a adição de 1µg/m³ de PM_{2,5}, foi observado aumento dos custos relacionados às internações pediátricas por doenças respiratórias¹⁵, em contrapartida, nos estudos Romero et al.³³ e Patto et al.³⁹, verificou-se a diminuição de internações, devido à redução de 10 µg/m³ de PM_{2,5}.

O Ozônio, também, apresentou relação com internações respiratórias^{16,17,22,38,40}. Quatro trabalhos^{31,32,34,35} associaram aumento de internações respiratórias a incrementos de 10 µg/m³ desse poluente. Para a emissão de NO₂, houve relação^{22,38,40} com internações por doenças respiratórias. O aumento de 10 µg/m³^{25,31,35} e de 11,3%²¹ desse poluente mostrou relação com hospitalizações por doenças respiratórias. O aumento do incremento de SO₂, também, apresentou essa associação^{19,28,34,20}.

Doze dos trabalhos estudados^{15,17,19,22,24,26,31,32,33,35,36,38} correlacionaram os poluentes atmosféricos

ao aumento de internações por asma, enquanto outros sete estudos^{24,25,26,28,33,37,39} relacionaram à pneumonia. Os estudos de Mehta et al.¹⁴ e Romero et al.,³³ encontraram associação com bronquite e bronquiolite.

Os artigos incluídos nesta revisão sistemática apresentaram-se com alta expressividade metodológica, com o escore maior que sete. Apenas o estudo de Tayra et al.²¹ apresentou baixa expressividade metodológica, por não atender aos critérios avaliados na escala.

A análise de concordância interexaminadores mostrou concordância perfeita (Coeficiente Kappa=1,0; p=0,001). A distribuição das médias dos escores dos examinadores não diferiu significativamente (p=0,972).

Discussão

No presente estudo, a maioria dos trabalhos encontrados foi observacional do tipo ecológico de séries temporais^{14-37,39-43}, com exceção do trabalho de Tétreaul³⁸. Apesar de incluídos na metodologia estudos do tipo caso controle, coorte, ensaio clínico controlado e ensaios clínicos controlados e randomizados, desses, apenas um estudo coorte³⁸ foi encontrado nesta revisão. Isso demonstra que o estudo observacional do tipo ecológico de séries temporais é o mais utilizado para o tema, pois avalia a relação de ocorrências de doenças/ condições e de exposições de interesse em nível populacional, tornando, portanto, possível a inferência da expressão coletiva de determinada doença/ condição⁴⁴.

A população de interesse, neste estudo, foram crianças. Os artigos encontrados apresentavam essa população em grupos heterogêneos, com idades variadas entre 0 e 18 anos, por serem mais susceptíveis aos problemas respiratórios, principalmente, devido à maturação incompleta do sistema imunológico e respiratório. Diversos autores, como Evans et al.⁴⁵ e Bono et al.⁴⁶, utilizaram a mesma população em pesquisas sobre poluição e problemas respiratórios. Romão et al.⁴⁷ compararam o baixo peso de recém-nascidos ao aumento da emissão de material particulado inalável, demonstrando associação positiva entre o aumento do material particulado e o baixo peso ao nascer. Esposito et al.⁴⁸, também, estudaram essa população. Houve estudos que compararam efeitos deletérios em crianças e em adultos, associados à emissão de poluentes, tais como Bertoldi et al.⁴⁹, demonstrando que a população adulta, também, se inclui dentro das populações de risco para o desenvolvimento de doenças respiratórias, associadas à qualidade do ar. Silva et al.⁵⁰ estudaram o aumento da emissão de poluentes, relacionado a problemas respiratórios em crianças e em idosos, evidenciando aumento para o risco relativo de internações. Esses achados são justificados por idosos e crianças apresentarem risco mais elevado para doenças respiratórias.

Os principais poluentes encontrados nesta revisão estão de acordo com os achados de Evans et al.⁴⁵, que manifestaram associação entre o aumento na emissão de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e ozônio na exacerbação de asma. Porém, há outras fontes de emissão de poluentes que não constaram nos resultados, por receberem influências externas. O artigo de Esposito et al.⁴⁸ avaliou os efeitos dos poluentes emitidos, no tráfego, na exacerbação de asma e de sibilância em crianças a partir de 2 anos. Silva et al.⁵⁰ analisaram a emissão de material particulado (PM_{2,5}) em queimas de biomassa, relacionadas às doenças respiratórias. Bertoldi et al.⁴⁹ compararam o aumento de internações por problemas respiratórios e cardiovasculares em adultos e crianças, devido à proximidade com uma fábrica de cimento, que emite principalmente óxidos de nitrogênio, encontrando um aumento no risco relativo.

Alguns artigos analisaram fatores meteorológicos, principalmente temperatura e umidade relativa do ar, corroborados por Freitas et al.⁵¹. Andrade et al.⁵² e Filho et al.⁵³ encontraram aumento de risco relativo para as internações hospitalares por doenças respiratórias, associadas à baixa umidade, em relação à exposição a poluentes. Este é um ponto de discordância dos artigos incluídos nesta revisão, os quais encontraram um aumento de internações por doenças respiratórias, devido às concentrações de poluentes. Bakonyi et al.⁵⁴ observaram, em seus estudos, uma correlação positiva entre o aumento da incidência de doenças respiratórias em crianças, as condições meteorológicas e os poluentes atmosféricos. Os achados se justificam pelas baixas temperaturas e por aumentos nas concentrações dos poluentes primários, em períodos de menor temperatura. Estes contribuem para um possível fator de confusão, em apontar para qual variável teve relação determinante para as doenças respiratórias, nos períodos mais frios.

Abordaram-se internações por doenças respiratórias, que corroboram com estudos anteriores^{45, 48}. O estudo de Bertoldi et al.⁴⁹ analisou o aumento nas internações por doenças cardiovasculares, que apresentaram relação com o aumento da concentração de poluentes. O trabalho de Pinheiro et al.⁵⁵ encontrou associação positiva entre a poluição atmosférica e a mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, demonstrando que os riscos se estendem à mortalidade e não apenas à elevação no número de internações.

Quatro dos trabalhos verificados^{20,25,26,29} mostraram aumento de internações por doenças respiratórias, mesmo com concentração de poluentes dentro dos limites estabelecidos pela legislação nacional vigente, cujos padrões diferem para concentrações superiores das recomendadas pelas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS 2005). Tal fato foi corroborado no estudo Moura et al.⁵, apontando, assim, a necessidade de se reformular políticas para a adequação dos limites legais de emissões de poluentes em vigor no Brasil. Dapper et al.⁵⁶ realizaram uma revisão sistemática sobre a poluição do ar, como fator de risco à saúde, restrita ao Estado de São Paulo, onde todos os estudos encontrados abordavam a associação entre o aumento na emissão de poluentes e o aumento de problemas de saúde nas populações estudadas. Os trabalhos estudaram crianças, principais comprometimentos dos sistemas respiratório e cardiovascular, e o aumento de morbidade e mortalidade. Além disso, os poluentes avaliados foram semelhantes aos estudos encontrados na pesquisa, corroborando com os achados desta revisão sistemática.

A ausência de uma escala específica, que avalia a qualidade metodológica do tipo de estudo incluído, tornou-se outro fator limitante, sendo necessária a adaptação do *Check List Downs and Black*, conforme recomendação das Diretrizes Metodológicas¹¹. Os itens que avaliaram fatores de confusão no grupo de tratamento, a presença de efeitos clinicamente importantes e tamanhos da amostra (itens 10 e 11, respectivamente) apresentaram menor pontuação nas análises dos avaliadores. Uma possível explicação seria a característica da amostra dos estudos (populacionais), sem grupo de tratamento. Além disso, apenas alguns estudos especificaram valor de referência para incremento ou para redução das concentrações de poluentes que causariam efeitos clinicamente importantes na população. Dessa forma, fazem-se necessárias a criação e/ou a validação de escalas específicas, capazes de avaliar a qualidade metodológica de estudos observacionais ecológicos de séries temporais.

A implicação clínica do tema exposto ao profissional de saúde repercute em sua atuação na atenção primária, com orientações aos pais sobre os cuidados necessários à prevenção de doenças respiratórias, lavagem nasal diária com soro fisiológico, umidificação de vias áreas e a prática de exercícios.

Conclusão

Esta revisão sistemática apontou para uma relação entre a piora da qualidade do ar e aumento da frequência de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças.

Referências

1. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2011. Inventário de emissões atmosféricas da região da grande Vitória. Vitória: IEMA; 2011.
2. Gomes M. Ambiente e pulmão. *J Bras Pneumol*. 2002;28(5):261- 9.
3. Saraiva A, Correa W. Qualidade do ar no município de Vitória-ES entre 2000 e 2009. *Rev Geonorte*. 2012;3(9):573-85.
4. Barbosa SM. Estudo da influência de fatores ambientais sobre o desencadeamento de crise álgica em crianças e adolescentes portadores de anemia falciforme na Cidade de São Paulo [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina de Universidade de São Paulo; 2006.
5. Moura M, Junger WL, Mendonça GAS, Ponce De Leon A. Air quality and acute respiratory disorders in children. *Rev Saúde Pública*. 2008 Jun;42(3):503-11. Portuguese.
6. Cesar ACG, Nascimento LFC, Mantovani KCC, Vieira LCP. Fine particulate matter estimated by mathematical model and hospitalizations for pneumonia and asthma in children. *Rev Paul Pediatr*. 2016 Jan-Mar;34(1):18-23. Portuguese.
7. Barbosa KBF, Costa NMB, Alfenas RCG, de Paula SO, Mimim VPR, Bressan J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Rev Nutrição*. 2010 Jul-Ago;23(4):629-43.
8. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol*. 2012 Sep-Oct;38(5):643-55. Portuguese.
9. Castro AHS, Araújo RS, Silva GMM. Qualidade do ar – Parâmetros de controle e efeito na saúde humana: Uma breve revisão. *Rev Holos*. 2013;5:107-21.
10. Sampaio RF, Mancini MC. Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa de evidência científica. *Rev Bras Fisioter*. 2007 Jan-Fev;11(1):83-89.
11. Ministério da saúde. Diretrizes Metodológicas: Elaboração de uma revisão sistemática e metanálise de estudos observacionais comparativos sobre fatores de risco e prognóstico, Brasília: Ministério da Saúde; Nov 2014. 130p
12. Oliveira NS, Oliveira JM, Bergamaschi DP. Concordância entre avaliadores na seleção de artigos em revisões sistemáticas. *Rev Bras Epidemiol*. 2006 Sep; 9(3):309-15.
13. Perroca MG, Gaidzinski RR. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa. *Rev Esc Enferm USP*. 2003 Mar;37(1):72-80.
14. Mehta S, Ngo LH, Van Dzung D, Cohen A, Thack TQ, Dan VX, et al. Air pollution and admissions for acute lower respiratory infections in young children of Ho Chi Minh City. *Air Qual Atmos Health*. 2013 Mar;6(1):167-79.
15. Roy A, Sheffield P, Wong K, Trasande L. The Effects of Outdoor Air Pollutants on the Costs of Pediatric Asthma Hospitalizations in the United States, 1999-2007. *Med Care*. 2011 Sep;49(9):810-7.

16. Jasinski R, Pereira LAA, Braga ALF. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. *Cad Saúde Pública*. 2011 Nov;27(11):2242-52.
17. Yeh KW, Chang CJ, Huang JL. The association of seasonal variations of asthma hospitalization with air pollution among children in Taiwan. *Asian Pac J Allergy Immunol*. 2011 Mar;29(1):34-41.
18. Hansen A, Bi P, Nitschke M, Pisanielo D, Ryan P, Sullivan T, et al. Particulate air pollution and cardiorespiratory hospital admissions in a temperate Australian city: A case-crossover analysis. *Sci Total Environ*. 2012 Feb 1;416(2012):48-52.
19. Amâncio CT, Nascimento LFC. Asthma and ambient pollutants: a time series study. *Rev Assoc Med Bras*. 2012 May-Jun;58(3):302-7. Portuguese.
20. Sousa SI, Pires JC, Martins EM, Fortes JD, Alvim-Ferraz MC, Martins FG. Short-term effects of air pollution on respiratory morbidity at Rio de Janeiro- Part II: Health assessment. *Environ Int*. 2012 Aug;43:1-5.
21. Tayra F, Ribeiro H, Nardocci AC. Economic cost of air pollution in Cubatão - SP based on health expenses related to diseases of the respiratory and circulatory systems. *Saúde Soc*. 2012;21(3):760-75. Portuguese.
22. To T, Shen S, Atenafu E, Guan J, McLimont S, Stocks B, et al. The Air Quality Health Index and Asthma Morbidity: A Population-Based Study. *Environ Health Perspect*. 2013 Jan;121(1):46-52.
23. Ortiz Durán EY, Rojas Roa NY. Estimación de los beneficios económicos en salud asociados a la reducción de PM10 en Bogotá. *Rev Salud Pública*. 2013;15(1):90-102.
24. Yap PS, Gilbreath S, Garcia C, Jareen N, Goodrich B. The Influence of Socioeconomic Markers on the Association Between Fine Particulate Matter and Hospital Admissions for Respiratory Conditions Among Children. *Am J Public Health*. 2013 Apr;103(4):695-702.
25. Negrisoli J, Nascimento LF. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Rev Paul Pediatr*. 2013 Dec;31(4):501-6.
26. César ACG, Nascimento LFC, Carvalho Jr JA. Association between exposure to particulate matter and hospital admissions for respiratory disease in children. *Rev Saúde Pública*. 2013 Dec;47(6):1209-12. Portuguese.
27. Nardocci AC, Freitas CU, Ponce de Leon ACM, Junger WL, Gouveia NC. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2013 Sep;29(9):1867-76.
28. Stafoggia M, Samol E, Alessandrini E, Cadum E, Ostro B, Berti G, et al. Short-term Associations between Fine and Coarse Particulate Matter and Hospitalizations in Southern Europe: Results from the MED-PARTICLES Project. *Environ Health Perspect*. 2013 Sep;121(9):1026-33.
29. Souza JB, Reisen VA, Santos JM, Franco GC. Principal components and generalized linear modeling in the correlation between hospital admissions and air pollution. *Rev Saúde Pública*. 2014 Jun;48(3):451-58.
30. Almeida SM, Silva AV, Sarmiento S. Effects of Exposure to Particles and Ozone on Hospital Admissions for Cardiorespiratory Diseases in Setúbal, Portugal. *J Toxicol Environ Health*. 2014;77(14-16):837-48.

31. Janke K. Air pollution, avoidance behaviour and children's respiratory health: Evidence from England. *J Health Econ.* 2014 Dec;38:23-42.
32. Shmool JL, Kinnee E, Sheffield PE, Clougherty JE. Spatio-temporal ozone variation in a case-crossover analysis of childhood asthma hospital visits in New York City. *Environ Res.* 2016 May;147:108-14.
33. de P Pablo-Romero M, Román R, Limón JM, Praena-Crespo M. Effects of fine particles on children's hospital admissions for respiratory health in Seville, Spain. *J Air Waste Manag Assoc.* 2015 Apr;65(4):436-44.
34. Freitas CU, Junger W, Ponce de Leon A, Grimaldi R, Silva MAFR, Gouveia N. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. *Rev Epidemiol Serv Saúde.* 2013 Set;22(3):445-54.
35. Chen K, Glonek G, Hansen A, Williams S, Tuke J, Salter A, Bi P. The effects of air pollution on asthma hospital admissions in Adelaide, South Australia, 2003-2013: time-series and case-crossover analyses. *Clin Exp Allergy.* 2016 Nov;46(11): 1416-30.
36. Alizadeh M, Ghasemi Hashtroudi L, Chavoshzadeh Z, Rezaei N. Effect of Air Pollution in Frequency of Hospitalizations in Asthmatic Children. *Acta Med Iran.* 2016 Aug;54(8):542-46.
37. Luján Pérez M, Gonzáles Zurita D. Determinación del impacto de varios contaminantes criterio sobre la salud de la población en ciudades capitales de Bolivia. *Acta Nova.* 2016 Mar;7(3):303-33.
38. Tétreault LF, Doucet M, Gamache P, Fournier M, Brand A, Kosatsky T, Smargiassi A. Severe and Moderate Asthma Exacerbations in Asthmatic Children and Exposure to Ambient Air Pollutants. *Int J Environ Res Public Health.* 2016 Aug 1;13(8):1-12. pii: E771.
39. 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 Jul;62(4):342-46.
40. Xiao,Q, Liu Y, Mulholland JA, Russell AG, Darrow LA, Tolbert PE, et al. Pediatric emergency department visits and ambient Air pollution in the U.S. State of Georgia: a case-crossover study. *Environmental Health.* 2016 Nov 25;15(1):115.
41. Jo EJ, Lee WS, Jo HY, Kim CH, Eom JS, Mok JH, et al. Effects of particulate matter on respiratory disease and the impact of meteorological factors in Busan, Korea. *Respir Med.* 2017 Mar;124:79-87.
42. Çapraz O, Deniz A, Dogan N. Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in Istanbul, Turkey, 2013 to 2015. *Chemosphere.* 2017 Aug;181: 544-50.
43. Nascimento AP, Santos JM, Mill JG, Souza JB, Reis Jr NC, ReisenVA. Association between the concentration of fine particles in the atmosphere and acute respiratory diseases in children. *Rev Saúde Pública.* 2017;(51):3. Portuguese.
44. Lima-Costa MF, Barreto SM. Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. *Rev Epidemiol Serv Saúde.* 2003 Dez;12(4):189-201.
45. Evans KA, Halterman JS, Hopke PK, Fagnano M, Rich DQ. Increased ultrafine particles and carbon monoxide concentrations are associated with asthma exacerbation among urban children. *Environ Res.* 2014 Feb;129:11-9.

46. Bono R, Romanazzi V, Bellisario V, Tassinari, R, Trucco G, Urbino A, et al. Air pollution, aeroallergens and admissions to pediatric emergency room for respiratory reasons in Turin, northwestern Italy. *BMC Public Health*. 2016 Aug 5;16:722.
47. Romão R, Pereira LA, Saldiva PH, Pinheiro PM, Braga AL, Martins LC. The relationship between low birth weight and exposure to inhalable particulate matter. *Cad Saúde Pública*. 2013 Jun;29(6):1101-8.
48. Esposito S, Galeone C, Lelii M, Longhi B, Ascolese B, Senatore L, et al. Impact of air pollution on respiratory diseases in children with recurrent wheezing or asthma. *BMC Pulmonary Medicine*. 2014 Aug 7;14:130.
49. Bertoldi M, Borgini A, Tittarelli A, Fattore E, Cau A, Fanelli R, et al. Health effects for the population living near a cement plant: An epidemiological assessment. *Environ Int*. 2012 May;41:1-7.
50. Silva AMC, Mattos IE, Ignotti E, Hacon SS. Particulate matter originating from biomass burning and respiratory. *Rev Saúde Pública*. 2013 Apr;47(2):345-52. Portuguese.
51. Freitas CU, Junger W, Ponce de Leon A, Grimaldi R, Silva MAFR, Gouveia N. Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. *Epidemiol Serv Saúde*. 2013 Set;22(3):445-54.
52. Andrade VS, Artaxo P, Hacon S, Carmo CN. Influência do material particulado (PM_{2.5}) de queimadas e variáveis meteorológicas na morbidade respiratórias de crianças em Manaus, AM. *Rev Geonorte*. 2012;1(4):744-58.
53. Andrade Filho VS, Artaxo P, Hacon S, Carmo CN, Cirino G. Aerosols from biomass burning and respiratory diseases in children, Manaus, Northern Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2013 Apr;47(2):239-47. Portuguese.
54. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Air pollution and respiratory diseases among children in the city of Curitiba, Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2004 Oct;38(5):695-700. Portuguese.
55. Pinheiro SLLA, Saldiva PHN, Schwartz J, Zanobetti A. Isolated and synergistic effects of PM₁₀ and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Rev Saúde Pública*. 2014 Dec;48(6):881-8. Portuguese.
56. Dapper SN, Spohr C, Zanini RR. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estud Av*. 2016 Abr;30(86):83-97.

Submissão em: 27/12/2016

Aceito em: 18/08/2018