

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE CIÊNCIAS HUMANAS E DA SAÚDE - FACHS

Lucas Carli Titto
Pedro Victor Sampaio Filardi

Poluição do ar e repercussões cardiopulmonares: uma revisão integrativa

São Paulo
2023

Lucas Carli Titto
Pedro Victor Sampaio Filardi

Apresentação do trabalho acadêmico:
Poluição do ar e repercussões cardiopulmonares: uma revisão integrativa

Trabalho final de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do grau de bacharel em Fisioterapia sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Renata Escorcio.

São Paulo
2023

Sistemas de Bibliotecas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
- Ficha Catalográfica com dados fornecidos pelo autor

Filardi, Pedro Victor Sampaio

Poluição do ar e repercussões cardiopulmonares: uma
revisão integrativa / Pedro Victor Sampaio Filardi. --

São Paulo: [s.n.], 2023.

46p. ; 29,7 x 21,0 cm.

Orientadora: Renata Escorcio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo,

Graduação em Fisioterapia, 2023.

1. Poluição ambiental. 2. Material particulado.
3. Doença cardiopulmonar. 4. Hospitalizações. I. Escorcio,
Renata. II. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo,
Trabalho de Conclusão de Curso para Graduação em
Fisioterapia. III. Título.

CDD

Sistemas de Bibliotecas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
- Ficha Catalográfica com dados fornecidos pelo autor

Titto, Lucas Carli

Poluição do ar e repercussões cardiopulmonares: uma
revisão integrativa / LucasCarli Titto. -- São Paulo: [s.n.],
2023.

46p. ; 29,7 x 21,0 cm.

Orientadora: Renata Escorcio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo,
Graduação em Fisioterapia, 2023.

1. Poluição ambiental. 2. Material particulado.
3. Doença cardiopulmonar. 4. Hospitalizações.
I. Escorcio, Renata. II. Pontifícia Universidade Católica de São
Paulo, Trabalho de Conclusão de Curso para Graduação em
Fisioterapia. III. Título.

CDD

Lucas Carli Titto
Pedro Victor Sampaio Filardi

Apresentação do trabalho final de conclusão de curso:
Poluição do ar e repercussões cardiopulmonares: uma revisão integrativa

Trabalho final de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do grau de bacharel em Fisioterapia sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Renata Escorcio.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Wagner Silva

Prof. Dr. Renata Escorcio

RESUMO

Introdução: A poluição do ar, nas suas mais diversas modalidades, é um importante fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiopulmonares. **Objetivo:** realizar uma revisão integrativa da literatura técnica pertinente visando analisar quais as repercussões cardiopulmonares provocadas pela poluição do ar e contribuir para um melhor entendimento da correlação entre a poluição do ar e as repercussões cardiopulmonares. **Metodologia:** foi realizada uma pesquisa com os termos “*pollution AND diseases*”; “*pollution AND respiratory*”; “*pollution AND diseases AND respiratory*”; “*poluição AND saúde AND doenças*”; “*pollution AND health AND illnesses AND lung diseases*”; “*poluição AND doenças AND saúde*”; “*environmental pollution AND cardiovascular diseases*” nos seguintes bancos de dados: MEDLINE, PubMed, PMC e Scielo. Em seguida, foram selecionados os artigos com potencial de inclusão e pontuados na escala PEDro. **Resultados:** Selecionados 47 artigos técnicos que obtiveram pontuação ≥ 7 na escala PEDro. Foi identificada evidente correlação entre os níveis de poluição e as repercussões cardiopulmonares. Verificado também um aumento significativo de consultas e hospitalizações tanto em indivíduos do sexo masculino, do sexo feminino e, notadamente, em crianças, em função dos elevados níveis de poluição.

Palavras-chave: poluição ambiental, material particulado, doença cardiopulmonar, hospitalizações.

ABSTRACT

Introduction: Air pollution, in its most diverse forms, is an important risk factor for the development of cardiopulmonary diseases. **Objective:** to carry out an integrative review of the relevant technical literature in order to analyze the cardiopulmonary repercussions caused by environmental pollution and contribute to a better understanding of the correlation between environmental pollution and cardiopulmonary repercussions. **Methodology:** a search was carried out with the terms “pollution AND diseases”; “pollution AND respiratory”; “pollution AND diseases AND respiratory”; “pollution AND health AND disease”; “pollution AND health AND illnesses AND lung diseases”; “pollution AND disease AND health”; “environmental pollution AND cardiovascular diseases” in the following databases: MEDLINE, PubMed, PMC and Scielo. Then, articles with potential for inclusion were selected and scored on the PEDro scale. **Results:** Selected 47 technical articles that scored > 7 on the PEDro scale. A clear correlation was identified between pollution levels and cardiopulmonary repercussions. There was also a significant increase in consultations and hospitalizations for both males and females and, notably, children, due to the high levels of pollution.

Keywords: environmental pollution, particulate matter, cardiopulmonary disease, hospitalizations.

SUMÁRIO

1. ARTIGO	
1.1. INTRODUÇÃO	09
1.2 . METODOLOGIA	12
1.3. RESULTADOS	14
1.4. DISCUSSÃO	34
1.5. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS	40

1.1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar representa atualmente um dos mais importantes riscos à saúde ambiental do mundo e tem sido relacionada ao aumento de mortes prematuras, principalmente causadas por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e doença isquêmica do coração¹.

Devido ao avanço da industrialização e ao aumento do uso de veículos, as emissões de material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), dióxido de enxofre (SO₂) e poluentes fotoquímicos como o ozônio (O₃) aumentaram nas últimas décadas².

O material particulado (MP) é o poluente mais comum associado a efeitos nocivos à saúde. É composto de partículas carbonáceas associadas a metais reativos e orgânicos, incluindo nitratos, sulfatos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, endotoxinas e metais como ferro, cobre, zinco, níquel e vanádio³.

O MP é classificado a partir do seu diâmetro (varia de alguns nanômetros a 100 µm) e é dividido em três grupos: partículas com diâmetro menor ou igual a 10 µm (MP₁₀), partículas finas com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm (MP_{2,5}), e partículas ultrafinas com diâmetro menor ou igual a 0,1 µm⁴.

Um material particulado com maior diâmetro fica retido nas vias aéreas superiores, enquanto os que possuem menor diâmetro chegam as vias aéreas inferiores. Essas partículas, quando inaladas são fagocitadas pelos macrófagos alveolares e removidas com a ação dos cílios e do sistema linfático. Ademais, os altos níveis de oxidantes e pró-oxidantes que as partículas possuem podem causar a formação de radicais livres, que desencadeiam uma resposta inflamatória no sistema respiratório⁵.

Ocorre uma ação broncoconstritora aguda com aumento da rigidez arterial e da inflamação pulmonar. Segundo achados de estudos, a exposição à exaustão de diesel causou um aumento imediato e transitório da rigidez arterial em voluntários saudáveis. Além disso, foi relatada uma isquemia miocárdica aguda medida pela depressão do segmento ST em indivíduos com cardiopatia isquêmica expostos a partículas de exaustão de diesel em câmaras de exposição¹.

A poluição do ar doméstico (PD), causada pela combustão de combustíveis de biomassa (normalmente madeira, esterco e resíduos de culturas agrícolas), é um

dos principais contribuintes para a carga global de doenças e o maior fator de risco ambiental para doenças evitáveis⁶.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), quase metade das mortes de crianças por Insuficiência Respiratória Aguda (IRA) se deve à poluição doméstica. O uso de combustíveis sólidos foi associado a pelo menos 20% do total de mortes entre crianças na faixa etária de 1 a 4 anos⁷.

Mulheres expostas a inalação de poluentes devido a poluição doméstica em países emergentes desenvolvem doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) com quadro clínico, qualidade de vida e aumento da mortalidade em um patamar similar ao de fumantes de tabaco⁸.

A pressão arterial elevada tem sido associada à poluição do ar (particularmente a exposição ao MP_{2,5}) através de um desequilíbrio da função do nervo autônomo pulmonar, estresse oxidativo sistêmico, inflamação e disfunção endotelial⁹.

Numerosas coortes multicêntricas e estudos clínicos randomizados mostraram que o tabagismo representa um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, particularmente a aterosclerose e suas complicações. O problema do tabagismo não pode ser reduzido a apenas fumo ativo. Exposição ambiental à fumaça do cigarro, conhecido como fumo passivo, parece ser igualmente importante. De acordo com o Terceiro Inquérito de Exame de Saúde e Nutrição (NHANES III), a exposição passiva ao fumo do cigarro, estimado com base na concentração do soro cotinina, pode afetar 87,9% da população Americana¹⁰.

Isto deve-se ao motivo da fumaça do cigarro que é liberada no ambiente pelos fumantes ativos apresentarem teores mais elevados de nicotina em relação à que foi tragada pelo próprio.

A poluição do ar é um importante fator de risco para o desenvolvimento de doenças circulatórias; em longo prazo contribui para a progressão de placas ateroscleróticas e trombose venosa profunda e em curto prazo contribui para eventos cardiovasculares agudos¹¹.

O número de partículas depositadas nos pulmões é mais de 4,5 vezes maior durante exercício do que em repouso devido ao aumento combinado na fração de

deposição e ventilação minuto. Assim, a maior exposição ao MP_{2,5} durante o exercício pode ser um fator de risco para exacerbações de insuficiência cardíaca (IC)¹².

A exposição aos poluentes em curto ou longo prazo está relacionado ao aumento de atendimentos e hospitalizações por doenças cardiopulmonares, estas sendo as principais causas de internação no Brasil, podendo assim associar ao aumento das mortes prematuras. Além disso, a poluição do ar influencia diretamente nos serviços de saúde, já que, aumenta a demanda deles, causando efeitos como a sobrecarga dos profissionais da saúde e a repercussão financeira no sistema de saúde. Dentro deste contexto, a relevância deste estudo está no fato dele abordar dois assuntos de fundamental importância - poluição do ar e repercussões cardiopulmonares – que, embora muito estudados em separado nas universidades, incluídas as brasileiras, carecem de uma maior abordagem sistêmica de causa e efeito. Deve ser ressaltado ainda a importância de se buscar uma maior conscientização da população em relação aos referidos impactos principalmente nos grandes centros urbanos onde os índices de poluição são sabidamente muito elevados.

O presente estudo busca realizar uma revisão integrativa da literatura visando analisar e avaliar as repercussões cardiopulmonares causadas pela poluição do ar e realizar uma investigação a respeito dos principais poluentes presentes na atmosfera, analisar as respostas das funções cardíacas e pulmonares à exposição aos respectivos poluentes e compreender e avaliar as possíveis associações entre as doenças cardiopulmonares e a exposição aos poluentes.

1.2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados: MEDLINE, PubMed, PMC e Scielo. Os seguintes termos foram utilizados: “*pollution AND diseases*”; “*pollution AND respiratory*”; “*pollution AND diseases AND respiratory*”; “*poluição AND saúde AND doenças*”; “*pollution AND health AND illnesses AND lung diseases*”; “*poluição AND doenças AND saúde*”; “*environmental pollution AND cardiovascular diseases*”.

Foram incluídos os estudos de associação entre poluentes e funções pulmonares ou condições cardiopulmonares, no idioma inglês, português ou espanhol, publicados nos últimos 10 anos.

Foram excluídos os estudos com associações entre poluição e anomalias congênitas, doenças renais, neurotoxicidade, biomarcadores, exames radiológicos e radioatividade.

O fluxograma mostrado na Figura 1 ilustra a metodologia utilizada.

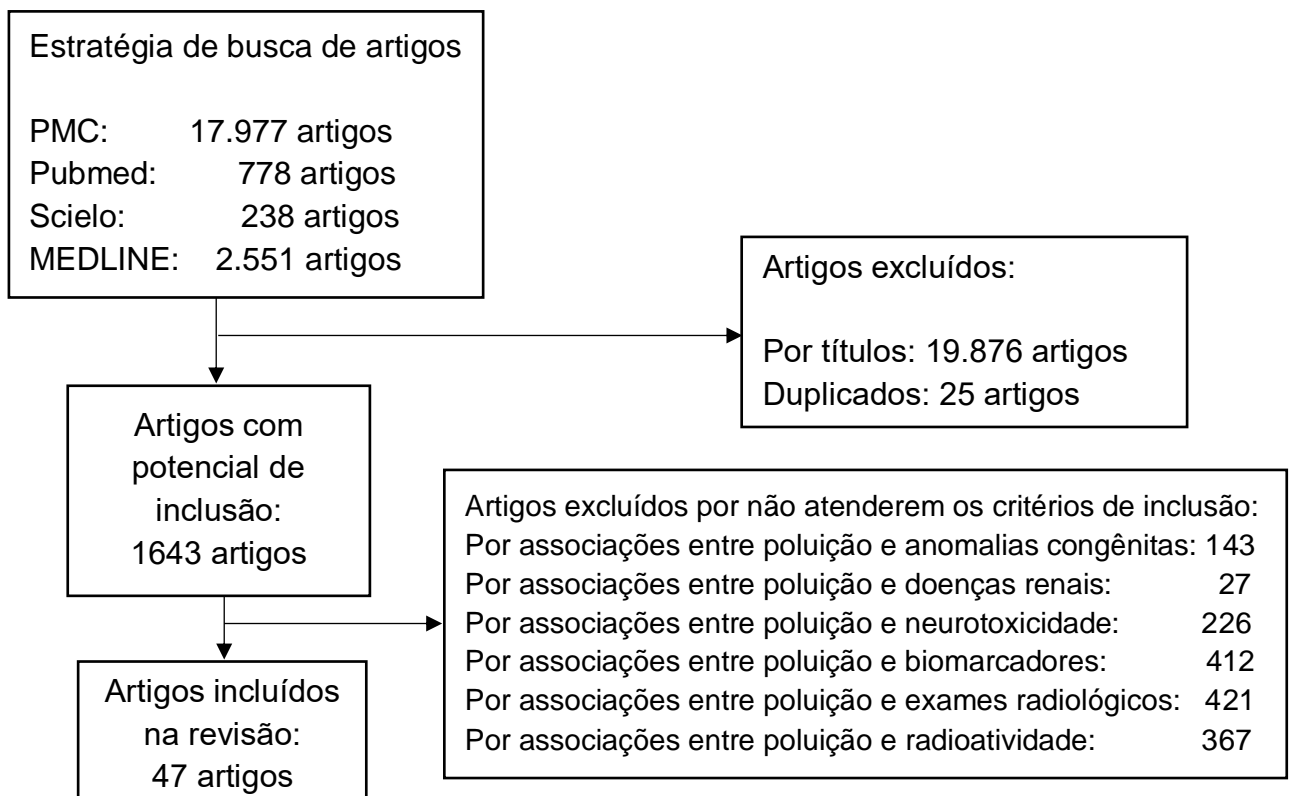


Figura 1 – Fluxograma da metodologia

Logo após a seleção dos artigos, foi utilizada a escala PEDro, traduzida para o português-brasileiro em 2010, a fim de avaliar a elegibilidade dos artigos incluídos.

Na presente pesquisa foi considerado como elegíveis artigos com a pontuação ≥ 7 na escala de PEDro.

O fluxograma da Figura 2 ilustra o processo de avaliação de elegibilidade pela pontuação da escala PEDro.

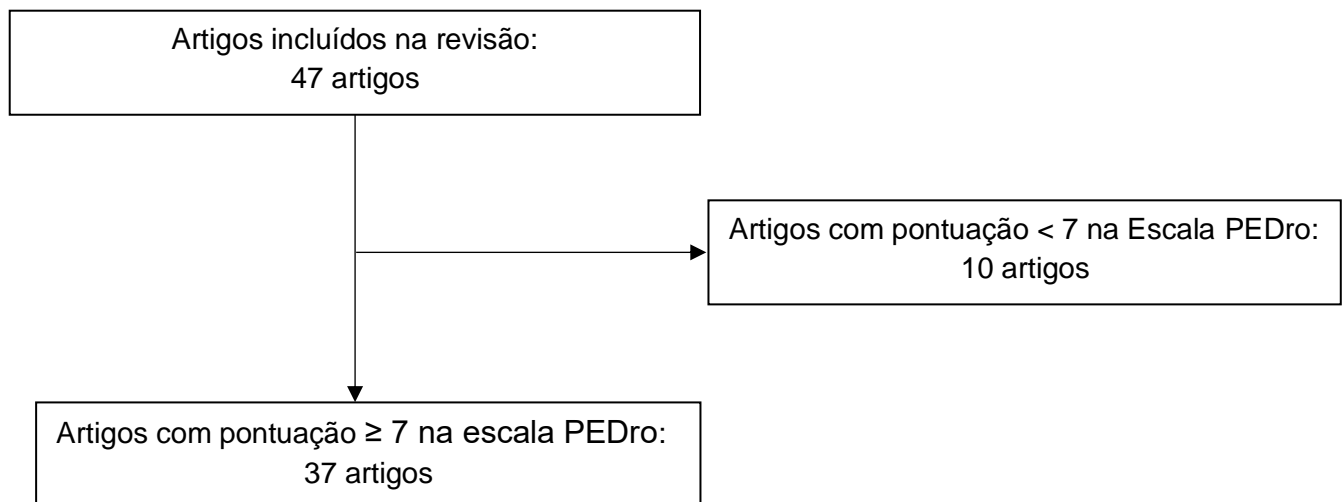


Figura 2 – Fluxograma da avaliação dos artigos pela escala PEDro

1.3. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados por meio de tabelas as quais foram divididas por tipo de poluição e sua repercussão. Os artigos incluídos nas tabelas e com pontuação ≥ 7 foram designados pelos tipos de poluição que abrangeram poluição doméstica, poluição por emissão de particulados de veículos automotivos, por queimadas e poluição por emissão de partículas por combustão do cigarro (fumantes passivos). Em relação às repercussões, foram abordadas as repercussões cardiovasculares, as repercussões cardiopulmonares e as repercussões pulmonares.

A Tabela 1 apresenta os artigos analisados com pontuação ≥ 7 que abordam poluição por emissões de partículas provenientes de veículos automotivos.

Tabela 1 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição por emissões de partículas de veículos automotivos

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Sinharay et al. (2018), <i>The Lancet Journal</i> ¹	Avaliar em idosos os efeitos nas respostas respiratórias e cardiovasculares de caminhar em uma rua movimentada com altos níveis de poluição e em uma área livre de tráfego com níveis mais baixos de poluição	135 participantes, 40 voluntários saudáveis, 40 indivíduos com DPOC e 39 com cardiopatia isquêmica	Participantes com DPOC relataram mais tosse, escarro, falta de ar, sibilos, redução no volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e capacidade vital forçada (CVF) andando pela <i>Oxford Street</i> comparado ao <i>Hyde Park</i> . Ao caminhar no <i>Hyde Park</i> , todos eles constataram um aumento do VEF1 e CVF	7
Kajbafzadeh et al. (2015), <i>Canadian Institutes of Health Research</i> ¹³	Avaliar/comparar os efeitos do MP _{2,5} relacionado ao trânsito e à fumaça de madeira na função endotelial e inflamação sistêmica entre adultos saudáveis em Vancouver, British Columbia, Canadá, usando filtração HEPA para introduzir gradientes de exposição de MP _{2,5} internos	83 adultos saudáveis de 44 casas em áreas afetadas por trânsito ou fumaça de lenha	A filtração HEPA foi associada a uma diminuição de 40% nas concentrações internas de MP _{2,5} . Houve evidência de uma associação entre MP _{2,5} e proteína C reativa entre aqueles em locais impactados pelo tráfego, mas não entre aqueles em locais afetados pela fumaça de lenha	10
Vieira et al. (2016), <i>International Journal of cardiology</i> ¹²	Testar os efeitos de um filtro respiratório em pacientes com IC expostos à poluição do ar durante o exercício	41 participantes: 26 pacientes com IC e 15 voluntários do grupo controle	Comparado ao escape de motor diesel diluído não filtrado (DD), a filtração reduziu a concentração de partículas e foi associada ao aumento do VO ₂ e SpO ₂ em pacientes com IC. A filtração foi associada a maior volume minuto (VE), houve reinalação de Dióxido de Carbono (CO ₂) em ambos os grupos. A inclinação volume minuto (VE) dividido pelo volume de gás	9

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Huang et al. (2013), <i>Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology</i> 14	Explorar se o ruído modifica as associações entre a exposição de curto prazo à poluição do ar relacionada ao tráfego e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em adultos jovens e saudáveis	40 adultos jovens saudáveis (entre 19 e 32 anos) permaneceram por 2 h num centro de tráfego ou num parque designado	carbônico (VCO ₂) foi maior entre os pacientes com IC A poluição do ar e o ruído relacionados ao tráfego foram associados à VFC e os efeitos dos poluentes do ar foram amplificados em alto nível de ruído em comparação com baixo nível de ruído. A alta frequência sonora diminuiu por incremento de 10 µg/m ³ em partículas finas (MP _{2,5}) na média móvel de 5 minutos	10
Morishita et al. (2019), <i>American Journal of Hypertension</i> 15	Determinar a poluição do ar relacionada ao tráfego (PART) e os mecanismos biológicos envolvidos e se a redução da inalação de material particulado < 2,5 µm (MP _{2,5}) é protetora	50 participantes randomizados para usar (ativo) versus não usar (controle) um respirador N-95	O MP _{2,5} , carbono negro e a contagem total de partículas foram maiores e os parâmetros hemodinâmicos aórticos tenderam a piorar perto da estrada comparado a sala de exames. A hemodinâmica aórtica tendeu a melhorias com o uso do respirador N-95 perto da estrada. Maiores exposições de contagem total de partículas e carbono negro perto da estrada foram associadas a aumentos nas pressões da aorta e tendências para menor índice de hiperemia reativa (IHR). A temperatura externa e o ruído próximos à rodovia também foram associados a alterações cardiovasculares	11

Fonte – Os próprios autores.

Na Tabela 1, verificou-se a influência do percentual de poluição no ambiente em indivíduos com DPOC: maior poluição implicou em maiores episódios como tosse, sibilos, escarro incluindo dispneia, além disso, menor valor de VEF1 e CVF bem como maiores concentrações de contagem total de partículas e carbono negro. Ademais, verificou-se também alterações cardiopulmonares associadas ao aumento da pressão e temperatura externa. A utilização de respiradores N-95 melhorou a hemodinâmica aórtica e o percentual de material poluente inalado como $MP_{2,5}$ e carbono negro.

Na Tabela 2, são apresentados os estudos relacionados à poluição doméstica.

Tabela 2 - Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam PD

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Pope et al. (2015) <i>Environmental Health Perspectives Journal</i> ⁸	Estimar as associações entre exposição a PD e sintomas respiratórios e função pulmonar em mulheres jovens não fumantes na Guatemala, área rural, usando concentrações medidas de CO na respiração exalada e no ar pessoal para avaliar a exposição	504 mulheres foram recrutadas em duas fases: fase 1 em outubro-novembro de 2002 (grupo A: 153 intervenção e 147 mulheres controle) e fase 2 em abril-maio de 2003 (grupo B: 106 mulheres intervenção e 98 mulheres controle)	Tosse, catarro, sibilos ou aperto no peito durante os 6 primeiros meses foram positivamente associados ao óxido de carbono (CO) expirado. A espirometria foi associada a uma função pulmonar mais baixa [redução média do VEF1 para um aumento de 10% no CO]. As medidas da função pulmonar não foram significativamente associadas com as concentrações médias de CO pessoal pós-intervenção	7
Lee et al. (2019), <i>American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine</i> ¹⁶	Examinar prospectivamente as associações entre a poluição do ar domiciliar e a função pulmonar infantil pré e pós-natal e pneumonia na zona rural de Gana	1.414 mulheres grávidas não fumantes de comunidades do Município Norte de Kintampo e do Distrito Sul de Kintampo, Gana	Exposição pré-natal média ao CO foi associada ao aumento da frequência respiratória e ventilação minuto aumentada. Análises estratificadas por sexo sugeriram que as meninas eram particularmente mais vulneráveis. O aumento da frequência respiratória dos bebês de 30 dias foi associado ao aumento do risco de pneumonia avaliada pelo médico e pneumonia grave no primeiro ano de vida	9

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Ye et al. (2022), <i>Journal of Environmental Sciences and Engineering</i> ⁹	Examinar a associação entre exposição ao PD e pressão arterial gestacional usando avaliação de exposição pessoal entre mulheres rurais durante o início da gravidez que usavam exclusivamente biomassa na Índia	800 mulheres grávidas inscritas no estudo HAPIN no Centro de Pesquisa de Intervenção da Índia (IRC). Intervenção: um fogão a GLP disponível com fornecimento de GLP gratuito por 18 meses. A outra metade foi o controle e usam fogões tradicionais abastecidos com biomassa	A pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD) foram maiores em gestantes expostas a níveis mais elevados de poluição doméstica. Observada associação da exposição ao CO a uma PAD maior. O efeito foi mais forte em gestantes com maiores exposições ao CO. Mulheres grávidas com exposições de MP _{2,5} tiveram uma associação significativa com PAD em comparação com aqueles que tiveram exposições de MP _{2,5} no nível mais baixo	9

Fonte – Os próprios autores

Da Tabela 2, verifica-se a influência do CO expirado em quadros de tosse, secreção, sibilos ou aperto no peito durante os primeiros 6 meses de análise. As medidas da função pulmonar não foram significativamente associadas com as concentrações médias de CO pessoal pós-intervenção.

Verificou-se também que a exposição pré-natal média ao CO estava associada a aumento da frequência respiratória e ventilação minuto aumentada (particularmente nas meninas). Além disso, a probabilidade de um episódio de pneumonia foi bem maior entre crianças de famílias que usam combustíveis sólidos do que entre crianças de famílias que usam outros combustíveis. Verificada a influência na pressão arterial de gestantes (PAS e PAD) expostas a níveis elevados de PD e de CO.

A Tabela 3 apresenta os estudos relacionados à poluição por queima de biomassa.

Tabela 3 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição por queima de biomassa

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Jacobson et al. (2014) Plos One Journal ¹⁷	Estimar o efeito dos níveis atuais de poluição do ar exterior na estação seca amazônica no PFE	234 estudantes de 6 a 15 anos acompanhados diariamente, exceto finais de semana e feriados, de agosto a novembro, em Tangará da Serra, Brasil	Revelaram reduções no pico de fluxo expiratório (PFE) para MP ₁₀ e MP _{2.5} . Para todas as crianças, o efeito global foi importante para MP ₁₀ , com redução do PFE	7
Moitra et al. (2021), International Journal of Environmental Research and Public Health ¹⁸	Avaliar a relação entre a exposição aguda de curto prazo a fumaça de incêndio florestal e a função pulmonar de oficiais da Polícia Montada Canadense	218 policiais que participaram da evacuação e resgate de pessoas durante o incêndio florestal em 2016 em Fort McMurray (norte da província de Alberta, Canadá) foram selecionados e visitaram o centro de triagem por mais de 2 anos	Observou-se associação entre poluição do ar e maior volume residual (VR). A associação entre índice de poluição do ar e VR foi significativamente maior nos participantes rastreados nos primeiros três meses de implantação do que naqueles rastreados mais tarde, indicando um efeito mais forte da poluição do ar nas vias aéreas periféricas	8
Nunes et al. (2013), Caderno de Saúde Pública ¹¹	Analisar a associação entre a exposição ao material particulado fino e as taxas de mortalidade por doenças circulatórias em idosos residentes na Amazônia brasileira	Informações sobre óbitos, doenças do aparelho circulatório, infarto agudo do miocárdio e doença cerebrovascular foram obtidas junto ao DATASUS e estratificado por faixa etária (65 a 69 anos, 70 a 74 anos, 75 a 79 anos e > 80 anos)	Há associação entre as taxas de mortalidade do sistema circulatório e exposição ao MP _{2.5} entre a população idosa da Amazônia brasileira, por emissões causadas por incêndios florestais. Encontrada associação entre as taxas de mortalidade por infarto agudo do miocárdio e a exposição ao MP _{2.5} entre as faixas etárias mais avançadas	7

Fonte – Os próprios autores.

A Tabela 3 indica a influência da poluição por queimadas na redução do PFE para MP₁₀ e MP_{2,5}. Foi encontrada uma associação entre as taxas de mortalidade por infarto agudo do miocárdio e a exposição ao MP_{2,5} entre os idosos.

Nas crianças, o efeito global foi importante para MP₁₀, com redução do PFE.

Na Tabela 4 são apresentados os artigos relacionados à poluição de emissão de partículas por combustão do cigarro.

Tabela 4 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição de emissão de partículas por combustão do cigarro

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Gac et al. (2014) <i>Polish Archives of Internal Medicine</i> ¹⁰	Avaliar os efeitos da exposição ambiental à fumaça do cigarro sobre a pressão arterial (PA) em pacientes com hipertensão arterial sem causa conhecida	39 pacientes não fumantes com hipertensão tratados com hipotensores e ambientalmente à fumaça do cigarro (grupo 1) e 39 pacientes não fumantes com hipertensão tratados com hipotensores e não expostos ao cigarro (grupo 2)	Grupo 1: os valores médios de PAS, PAD, pressão arterial média (PAM) e pressão de pulso (PP) de 24 horas. Foram demonstradas associações entre o tempo médio de exposição diária à fumaça de cigarro e PAM e PP de 24 h. Idade avançada, concentrações altas de colesterol e glicose de lipoproteína de baixa densidade e exposição ambiental à fumaça de cigarro foram fatores independentes de PP 24 h elevada no grupo de estudo	8

Fonte – Os próprios autores.

Da Tabela 4, tem-se que os valores médios de PAS, PAD, PAM e PP de 24 horas foram associados ao tempo médio de exposição diária à fumaça de cigarro. Idade avançada, colesterol e glicose elevados e exposição ambiental à fumaça de cigarro foram fatores independentes de PP 24 horas elevada no grupo de estudo.

A Tabela 5 apresenta os resultados que abordam a poluição em zona urbana com as repercussões no sistema cardiovascular.

Tabela 5 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição em zona urbana com repercussões no sistema cardiovascular

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Chen et al. (2018), <i>Environmental Health Perspectives Journal</i> ¹⁹	Explorar a potencial influência do MP _{2.5} na expressão de citocinas relevantes para inflamação sistêmica, coagulação e vasoconstrição, e em miRNAs que podem regular sua expressão	800 sujeitos: 500 indivíduos com tuberculose (TB) e 300 que não tinham TB (controle)	Os efeitos de MP _{2.5} em doenças cardiovasculares podem estar relacionados a efeitos agudos na expressão de citocinas, e agentes e/ou mediadores inflamatórios como (miRNA, proteína ou ambos), interleucina-1, IL6, fator de necrose tumoral, receptor toll-like 2	8
Peralta et al. (2020), <i>American Heart Association Journal</i> ²⁰	Investigar a associação entre arritmias cardíacas e exposições de curta duração a partículas finas (MP _{2.5}) e radioatividade de partículas	176 pacientes com cardiodesfibriladores implantados de dupla câmara e que apresentam eventos arrítmicos ventriculares	No modelo de poluente único de MP _{2.5} , foi associado a chances 39% maiores de um evento de arritmia ventricular (AV). No modelo de um único poluente de radioatividade de partículas, foi associado a chances 13% maiores de um evento de AV. No modelo dos dois poluentes, foi associado a uma chance 48% maior de um evento AV.	7
Base et al. (2020), <i>Einstein</i> ²¹	Analisar o efeito da poluição do ar na VFC em indivíduos com excesso de peso	46 indivíduos adultos, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 49 anos e índice de massa corporal > 25kg/m ² . Todos os voluntários eram alunos de escolas públicas de duas cidades do estado de SP	Houve redução na VFC em indivíduos com excesso de peso. Além disso, os índices responsáveis pelo controle parassimpático apresentaram tendência de queda em seus valores, assim como o índice de baixa frequência, que representou ação simpática, embora não significativa	10

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Sommar et al. (2022), <i>Environmental Research</i> ²²	Estimar a associação entre exposição prolongada à poluição atmosférica particulada e aterosclerose subclínica com base na existência de placa e na espessura médio-intimal da carótida (EMIC)	1425 Indivíduos de 40, 50 ou 60 anos com um ou mais fatores de risco de DCV convencionais no município de Umeå, Suécia. Oriundos	Um aumento MP ₁₀ , MP _{2,5} e carbono negro foi associado a uma razão de prevalência de ultrassonografia de existência de placa e na EMIC, mas ligeiramente menor para o último. No entanto, as concentrações de partículas não foram associadas à progressão da placa	10

Fonte – Os próprios autores.

Da Tabela 5, verifica-se que a maior exposição a MP_{2,5} foi positivamente associada a um aumento de agentes inflamatórios como interleucina-1, IL6, fator de necrose tumoral, receptor toll-like 2, ocasionando uma elevação da coagulação e disfunção endotelial, enquanto diminuiu a expressão de miRNAs, esses que regulam a expressão gênica das células, reconhecendo o RNA mensageiro-alvo, por meio da complementariedade entre as sequências, e regulam sua tradução proteica.

Os diversos tipos de modelos de poluentes associaram uma maior ou menor chance de evento AV.

Em relação ao dióxido de enxofre (SO₂), sua exposição foi significativamente associada à mortalidade por doença circulatória. Um aumento MP₁₀, MP_{2,5} e carbono negro foi associado a uma razão de prevalência de ultrassonografia de existência de placa e na EMIC, mas ligeiramente menor para o último. No entanto, as concentrações de partículas não foram associadas à progressão da placa.

Na Tabela 6, são elencados os artigos que abordam a poluição em zona urbana com repercussões no sistema cardiopulmonar.

Tabela 6 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição em zona urbana com repercussões no sistema cardiopulmonar

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Gouveia et al. (2019), <i>Ciência & Saúde Coletiva</i> ²³	Examinar o impacto da poluição do ar na saúde com o objetivo de propor ações de vigilância epidemiológica.	Internações diárias pelas causas investigadas: doenças respiratórias em todas as idades (DRT) e em menores de 5 anos (DRC) e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos (DCV), obtidos do SIH do DATASUS	Em BH, o MP ₁₀ foi relacionado às DRT, DRC e DCV. Em Betim, observou-se (risco relativo) para DRT e para DRC. Em Contagem, observou-se risco relativo para DRT e DRC. SO ₂ e CO também apresentaram associação com as hospitalizações. As doenças respiratórias foram o desfecho mais relacionado aos poluentes investigados	9
Gouveia et al. (2017), <i>Revista de Saúde Pública</i> ²⁴	Avaliar o impacto da poluição do ar nas internações por doenças respiratórias e cardiovasculares na maior metrópole brasileira.	Contagens diárias de internações por doenças respiratórias em todas as idades (DRT), doenças respiratórias em menores de cinco anos (DRC) e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos (DCV). Dados agrupados por dia das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) segundo local de residência, sistematizados pelo DATASUS, no período de 2000 a 2008	Todos os municípios apresentaram estimativas estatisticamente significantes para as hospitalizações por doenças respiratórias com exceção de Santo André e Taboão da Serra. Os riscos relativos de admissão hospitalar para um aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de MP ₁₀ variaram de São Paulo e São Bernardo do Campo, para doenças respiratórias totais e internações por doenças cardiovasculares	7

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Ferreira et al. (2016), <i>International Journal of Environmental and Public Health</i> ²⁵	Analisar as associações entre as concentrações de MP _{2.5} , MP ₁₀ e seus constituintes químicos (íons solúveis) com internações hospitalares por doenças circulatórias e respiratórias em idosos de uma cidade de médio porte do Brasil	Dados das internações foram disponibilizados a partir de arquivos informatizados do DATASUS. As internações diárias por doenças respiratórias e circulatórias em idosos (≥ 60 anos) internados de 5 de março de 2010 a 17 de fevereiro de 2011 foram incluídas para análise	Os riscos de hospitalização aumentaram por 10 µg/m ³ de MP _{2.5} e MP ₁₀ . O MP _{2.5} apresentou associação significativa com doenças do aparelho circulatório. No geral, SO ₄ ²⁻ em MP _{2.5-10} e K ⁺ em MP _{2.5} foram associados ao aumento do risco de internações hospitalares por ambos os tipos de doenças	8
Sacramento et al. (2020), <i>The Scientific World Journal</i> ²⁶	Relacionar os níveis de poluição do ar e internações por doenças cardiovasculares e respiratórias em Manaus, Brasil, de 2008 a 2012	Dados das internações por doenças respiratórias de moradores de Manaus coletados do SIH do período analisado, fornecido pelo DATASUS. Analisadas 501.493 internações sendo, desse total, 50.278 por doenças respiratórias e 34.582 por doenças cardiovasculares	Os efeitos adversos do MP nas internações por doenças cardiovasculares foram correlacionados com o aumento do poluente no mesmo dia e diminuíram o risco nos dias subsequentes	8

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Sunil et al. (2016), <i>Experimental and Molecular Pathology</i> ²⁷	Elucidar potenciais mecanismos epigenéticos subjacentes às respostas de exposição aos poluentes da poeira do <i>World Trade Center (WTC)</i>	Camundongos livres de patógenos específicos do sexo feminino (8–10 semanas, 17–20 g) foram obtidos dos Laboratórios Jackson (Bar Harbor, ME)	3 dias após a exposição, a resistência pulmonar e o amortecimento tecidual diminuíram. Aos 21 dias, resistência pulmonar, resistência das vias aéreas centrais, amortecimento e elastância do tecido aumentaram. A inflamação induzida pela poeira do <i>WTC</i> e o estresse oxidativo estão associados a modificações epigenéticas no pulmão e mecânica pulmonar alterada	7
Pinheiro et al. (2014), <i>Revista de Saúde Pública</i> ²⁸	Analisar o efeito da poluição do ar e da temperatura na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias	Dados diários de mortalidade disponíveis no PRO-AIM SP selecionados para as causas básicas definidas pela Classificação Internacional de Doenças. Dados de mortalidade por causas respiratórias de indivíduos > 60 anos e por causas cardiovasculares de indivíduos > 40 anos entre 1998 e 2008	Devido a um aumento de 10 µg/m ³ na concentração de MP ₁₀ houve risco relativo de mortalidade cardiovascular e respiratória. A mortalidade cardiovascular e respiratória indicou risco relativo aumentado em altas temperaturas. Houve maior risco relativo para mortalidade cardiovascular e respiratória em baixas temperaturas	7
Romão et al. (2013), <i>Caderno de Saúde Pública</i> ²⁹	Avaliar a relação entre MP ₁₀ e baixo peso ao nascer, em Santo André, SP, Brasil	63.818 nascidos vivos de mães em Santo André entre 01/01/2000 e 31/12/2006. Selecionados os recém-nascidos com registros de peso ao nascer após pelo menos 37 semanas completas de gravidez (SINASC Ministério da Saúde BR)	Obteve relação dose-resposta entre as concentrações de MP ₁₀ e baixo peso ao nascer. As concentrações de MP ₁₀ no 3º trimestre gestacional aumentaram o risco de baixo peso ao nascer em 26% em comparação com os demais trimestres	8

Fonte: Os próprios autores.

Na Tabela 6, mostra que em BH, O MP₁₀ esteve relacionado às DRT; DRC e DCV. Em Betim, observou-se (risco relativo) para DRT e para DRC. Em Contagem, observou-se risco relativo para DRT e DRC. SO₂ e CO também apresentaram associação com as hospitalizações. As doenças respiratórias foram o desfecho mais relacionado aos poluentes investigados. Todos os municípios apresentaram estimativas estatisticamente significantes para as hospitalizações por doenças respiratórias com exceção de Santo André e Taboão da Serra. Os riscos relativos de admissão hospitalar para um aumento de 10 µg/m³ nos níveis de MP₁₀ variaram entre São Paulo e São Bernardo do Campo, para doenças respiratórias totais e internações por doenças cardiovasculares.

Os riscos de hospitalização aumentaram por 10 µg/m³ de MP_{2,5} e MP₁₀. O MP_{2,5} apresentou associação significativa com doenças do aparelho circulatório. No geral, SO₄²⁻ em MP_{2,5-10} e K⁺ em MP_{2,5} foram associados ao aumento do risco de internações hospitalares por ambos os tipos de doenças. Os efeitos adversos do MP nas internações por doenças cardiovasculares foram correlacionados com o aumento do poluente no mesmo dia e diminuíram o risco nos dias subsequentes, assim, 3 dias após a exposição, a resistência pulmonar e o amortecimento tecidual foram reduzidos. Em contraste, aos 21 dias, a resistência pulmonar, a resistência das vias aéreas centrais, o amortecimento e a elastância do tecido aumentaram. A inflamação induzida pela poeira do *World Trade Center (WTC)* e o estresse oxidativo estão associados a modificações epigenéticas no pulmão e mecânica pulmonar alterada.

Devido a um aumento de 10 µg/m³ na concentração de MP₁₀ houve risco relativo de mortalidade por doenças cardiovasculares e pulmonares. Além disso, houve maior risco relativo para mortalidade cardiovascular e pulmonar em baixas temperaturas.

Obteve-se relação dose-resposta entre as concentrações de MP₁₀ e baixo peso ao nascer. As concentrações de MP₁₀ no terceiro trimestre gestacional aumentaram o risco de baixo peso ao nascer em 26%. O mesmo efeito foi observado nos demais trimestres.

Por último, na Tabela 7 são apresentados os artigos que abordam poluição em zona urbana com repercussões pulmonares.

Tabela 7 – Artigos com pontuação ≥ 7 que abordam poluição em zona urbana com repercussões pulmonares

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Nascimento et al. (2017), <i>Revista de Saúde Pública</i> ⁴	Analisar a associação entre concentração de material particulado fino na atmosfera e atendimento hospitalar por doenças respiratórias agudas em crianças	Os dados de atendimentos de emergência e de hospitalização de crianças de 0 a 12 anos foram obtidos nos períodos de medição do MP 2,5 no Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória, Hospital Unimed Vitória e Hospital Santa Rita de Cássia	O incremento de 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de material particulado fino aumentou o risco de atendimento ou internação, no mesmo dia e com seis dias de defasagem da exposição	7
Fernandes et al. (2017), <i>Brazilian Journal of Infectious Diseases</i> ³⁰	Analisar a relação entre fatores climáticos e qualidade do ar com tuberculose no Distrito Federal, Brasil	3.927 casos de TB (pulmonar, extrapulmonar e pulmonar + extrapulmonar) de pacientes do DF cadastrados no SINAN/TB, da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (DF)	De 2003 a 2012, houve maior incidência de Tuberculose em pacientes homens < 15 anos e > 64 anos. Para jovens e adultos (15-64 anos), o maior número de casos foi notificado no inverno.	7
Matos et al. (2019), <i>Caderno de Saúde Pública</i> ²	Investigar associação de curto prazo entre poluição do ar e atendimentos em emergências por doenças respiratórias, em crianças de 0 a 6 anos	Dados sobre atendimentos de emergência por doenças respiratórias em crianças < 6 anos obtidos no Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória e o Centro Integrado de Saúde Unimed Vitória.	O incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de concentração dos poluentes atmosféricos aumentou o risco de atendimento em emergência por doença respiratória	7

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Chaves et al. (2017), Revista de Saúde Pública ³¹	Prever o número de internações por asma e pneumonia associadas à exposição a poluentes do ar em SJC, SP	O número de internações no ano de 2007 foi obtido do DATASUS e foram registradas 1.710 internações por pneumonia e asma	Foi mostrado correlação positiva e significativas com os dados reais e as acurácias avaliadas foram maiores para o dióxido de enxofre e para o material particulado	8
Negrisoli et al. (2013), Revista Paulista de Pediatria ³²	Analisar a relação entre exposição a poluentes do ar e internações por pneumonia em crianças de Sorocaba, SP, Brasil	Os dados de internações por pneumonia foram obtidos do DATASUS da cidade, considerando-se o período de 1º de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2008. Ocorreram 1.825 internações por pneumonia	Observou-se correlações fortes entre os poluentes e as internações, com exceção do ozônio. Com o modelo multipolvente, apenas o dióxido de nitrogênio (NO ₂) apresentou significância estatística no mesmo, assim como o material particulado na defasagem de 4 dias após a exposição aos poluentes	8
Ferreira, Cardoso. (2014), Jornal Brasileiro de Pneumologia ³³	Determinar se há uma associação entre a qualidade do ar interno em escolas e a prevalência de patologias alérgicas e respiratórias nas crianças que as frequentam	Foram avaliados 1.019 alunos de 51 escolas de ensino básico na cidade de Coimbra, Portugal	Identificadas concentrações médias de CO ₂ em salas de aula acima da concentração máxima de referência, principalmente no outono/inverno. Sintomas/patologias respiratórias mais prevalentes nas crianças foram crises de espirros, rinite alérgica, estertores/sibilos, asma, falta de concentração, tosse, dores de cabeça e irritação das mucosas.	10

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Kirenga et al. (2018), <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> ³⁴	Comparar a função pulmonar de crianças ugandenses, em locais com níveis de poluição do ar ambiente altos e baixos, com base nas concentrações de material particulado menores que 2,5 µm de diâmetro (MP 2,5)	537 crianças ugandenses, com idade média de 11,1 anos em locais com níveis de poluição do ar ambiente altos (Kampala e Jinja) e baixos (Buwenge), com base nas concentrações de material particulado menores que 2,5 micrômetros de diâmetro (MP 2,5)	Crianças em locais de estudo com alta poluição do ar ambiente apresentaram função pulmonar mais baixa do que aquelas em locais com baixa poluição do ar ambiente	10
Li et al. (2020), <i>Journal of Thoracic Disease</i> ³⁵	Investigar as associações entre a exposição prolongada ao MP _{2,5} , estimada em dose média diária (DMD) e a função pulmonar em crianças em idade escolar	Foram recrutados 684 participantes de 7 a 12 anos da cidade de Lanzhou, noroeste da China. Os participantes foram submetidos a testes espirométricos para função pulmonar e responderam a um questionário	A média de 5 anos de exposição prolongada ao MP _{2,5} entre todos os participantes foi mais elevado para crianças de áreas urbanas do que em áreas suburbanas, e mais prevalente nos meninos do que para meninas. Um aumento do MP _{2,5} foi associado a uma diminuição na CVF e no VEF1	8

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Zhou et al. (2016), <i>Scientific Reports</i> ³⁶	Avaliar os efeitos de curto prazo da poluição do ar na função pulmonar entre mulheres não fumantes	Quantificamos os efeitos da exposição à poluição do ar externo (NO ₂ , MP ₁₀ , O ₃ e MP _{2,5}) na função pulmonar entre 1.694 mulheres não fumantes da Coorte Wuhan-Zhuhai na China usando modelo linear misto	As concentrações de NO ₂ , MP ₁₀ e MP _{2,5} foram significativamente associadas à redução da CVF. Na cidade com alto nível de poluição, a média móvel das exposições de NO ₂ , MP ₁₀ , O ₃ e MP _{2,5} foram significativamente associadas às reduções de CVF e VEF1. Já na cidade de baixo nível de poluição do ar, as concentrações de MP ₁₀ e O ₃ foram significativamente associadas à redução da CVF. Quanto ao MP _{2,5} foi significativamente associada à redução do VEF1	9
Baccarelli et al. (2014), <i>BMC Public Health</i> ³⁷	Avaliar os efeitos do MP _{2,5} relacionado ao trânsito e seus componentes elementares na função pulmonar em dois grupos de adultos saudáveis altamente expostos em Pequim, China	120 indivíduos: 60 caminhoneiros e 60 trabalhadores de escritório, avaliados em 2008	2 grupos mostraram distribuições de exposição alta: < MP em pessoas de escritório e > em caminhoneiros. A função pulmonar e a VEF1 tiveram associações negativas com as concentrações de Si, Al, Ca e Ti. VFC mostrou relações negativas com concentrações de Si, Al e Ca.	7

Autor, ano e revista	Objetivo	Tipo e tamanho da amostra	Resultados	Escala PEDro
Amoabeng Nti et al. (2020), International Journal of Environmental Research and Public Health ³⁸	Determinar a associação entre as concentrações de MP _{2,5} e MP ₁₀ na zona de trabalho e a função pulmonar de trabalhadores informais de lixo eletrônico em Agbogbloshie	a 207 participantes: 142 trabalhadores saudáveis de lixo eletrônico do ferro-velho Agbogbloshie e 65 participantes de controle de Madina-Zongo em Acra, Gana, de 2017-2018	As concentrações médias de MP estavam todas consistentemente acima dos padrões de ar ambiente da OMS. Um aumento de 10 µg no MP foi associado a diminuições no PEF e FEF. A queima de lixo eletrônico e um histórico de asma previram significativamente uma diminuição do PFE e VEF1	9
Ma et al. (2020), BMC Public Health ³⁹	Analisar a associação da poluição do ar com visitas ambulatoriais por doenças respiratórias de crianças	Dados coletados dos números diários de pacientes ambulatoriais por doenças respiratórias entre 2014 e 2016, obtido nos 15 hospitais dos quatro distritos urbanos centrais de Lanzhou	MP _{2,5} , NO ₂ e SO ₂ foram bastante associados ao aumento total de consultas ambulatoriais respiratórias (inclusive pneumonia). Todos os poluentes do ar, exceto MP ₁₀ foram significativamente associados aos pacientes ambulatoriais de bronquite e infecção do trato respiratório superior. MP _{2,5} e SO ₂ foram significativamente relacionados aos atendimentos ambulatoriais de outras doenças respiratórias, como a asma. Tais associações eram mais fortes em meninas do que em meninos e particularmente em crianças mais novas (0-3 anos)	8

Da Tabela 7, fica evidente a influência dos níveis de poluição em zona urbana nas repercussões pulmonares das pessoas.

Verificou-se, a partir dos dados coletados da Secretaria de Saúde do Distrito Federal de 2003 a 2012, uma maior incidência de Tuberculose em pacientes do sexo masculino, menores de 15 anos e maiores de 64 anos. Para jovens e adultos (15-64 anos), o maior número de casos foi notificado durante o inverno.

Observou-se correlações fortes entre os poluentes e as internações, com exceção do ozônio. Na análise com o modelo multipolvente, apenas o NO_2 apresentou significância estatística no mesmo, assim como o material particulado na defasagem de quatro dias após a exposição aos poluentes.

Foram identificadas concentrações médias de CO_2 no interior das salas de aula acima da concentração máxima de referência, principalmente no outono/inverno implicando em crises de espirros, rinite alérgica, estertores/sibilos, asma, falta de concentração, tosse, dores de cabeça e irritação das mucosas. Crianças em locais de estudo com alta poluição do ar ambiente apresentaram função pulmonar mais baixa do que aquelas em locais com baixa poluição do ar ambiente. A média de 5 anos de dose de média diária de exposição prolongada ao $\text{MP}_{2,5}$ entre todos os participantes foi mais elevado para crianças de áreas urbanas do que em áreas suburbanas, e mais prevalente nos meninos do que para meninas.

Em estudo abrangendo trabalhadores de escritório e caminhoneiros, fica clara a influência da exposição alta e sobreposta com MP. Elevadas concentrações de silício (Si), alumínio (Al), cálcio (Ca) e titânio (Ti) mostraram associação com a função pulmonar apenas entre motoristas de caminhão, e nenhuma associação significativa entre trabalhadores de escritório.

Em relação à correlação entre a queima de lixo eletrônico e um histórico de asma, foi previsto uma significativa diminuição do PFE e VEF1. O $\text{MP}_{2,5}$, NO_2 e SO_2 foram significativamente associados ao aumento total de consultas ambulatoriais para queixas respiratórias, incluindo pneumonia. Todos os poluentes do ar, exceto MP_{10} foram significativamente associados aos pacientes ambulatoriais de bronquite e infecção do trato respiratório superior. $\text{MP}_{2,5}$ e SO_2 estiveram significativamente relacionados aos atendimentos ambulatoriais de outras doenças respiratórias, como a asma (notadamente em meninas e, particularmente, em crianças entre 0-3 anos).

1.4. DISCUSSÃO

Nesta revisão integrativa da literatura, pesquisou-se 1643 artigos relacionados ao objetivo do trabalho sendo selecionados um total de 47 artigos com pontuação ≥ 7 na escala PEDro, no período de 2012 até os dias de hoje, os quais abordaram diversos tipos de poluição do ar e suas respectivas repercussões. Foram incluídos somente artigos com associações entre poluentes atmosféricos e efeitos adversos no sistema cardiopulmonar.

Em seu artigo, Pope et al.⁸ identificaram ligações com grande significância entre a exposição a poluentes e o aumento de sintomas como tosse, sibilos e escarro, entre pacientes com DPOC, notadamente entre crianças e as mulheres que utilizavam combustíveis sólidos para alimentação (fogões a lenha), pois eram expostas a um grande percentual de CO.

Conforme Ferreira³³, verificou-se nas crianças em ambiente escolar diversas manifestações como crises de espirro, rinite alérgica, asma, dor de cabeça e a falta de concentração, sendo diretamente relacionada ao aumento do nível do CO₂.

Dois estudos recentes indicaram concentrações de CO₂ e MP, acima das recomendadas pela OMS, em sala de aula³³ e no local de serviço de funcionários de um depósito de lixo eletrônico no ferro velho³⁸, respectivamente.

Além disso, o aumento da inalação de poluentes atmosféricos, principalmente o MP_{2,5}, CO, NO₂ e em menores ocorrências o MP₁₀, foi diretamente correlacionado à diminuição da VEF1, CVF e um aumento do VR, este, sugerindo maior efeito nas vias aéreas periféricas.

Observou-se que a exposição ao MP_{2,5} parece estar ligada a ativação de agentes pró-inflamatórios e, conseqüentemente, agentes do sistema imunológico. Segundo o estudo de Sunil et al.²⁷ realizado com camundongos, investigando a repercussão da poeira do WTC, foi descrito um estresse oxidativo associado a mudanças epigenéticas no pulmão, mecânica pulmonar alterada, como o aumento da resistência das vias aéreas centrais e elastância do tecido pulmonar a médio prazo de exposição. Visto que o MP_{2,5} é o poluente observado com menor diâmetro, é facilitada sua chegada nas vias aéreas inferiores, causando maiores danos pulmonares (hiperresponsividade brônquica, aumento de mediadores inflamatórios) e aparecimento de patologias como a asma, pneumonia e em exposições crônicas DPOC e câncer de pulmão.

A variabilidade da frequência cardíaca foi diminuída em indivíduos, indicando adaptação anormal, relacionada diretamente com a poluição do ar. Em um outro estudo que analisou as respostas da exposição à fumaça do cigarro, foi evidenciado aumento da PAS, PAD, PAM e, conseqüentemente, da diferença entre a pressão arterial sistólica e diastólica¹⁰.

Em uma outra pesquisa, foi comparado os efeitos dos poluentes utilizando uma máscara N-95 com indivíduos que não utilizaram a máscara perto de uma estrada, resultando em maior pressão, contagem de partículas totais e carbono negro no grupo que não utilizou a N-95¹⁵.

O MP_{2,5} foi associado a chances maiores de eventos arrítmicos ventriculares²⁰ e maior propensão de formação de placas ateroscleróticas²², ademais, a exposição ao MP_{2,5}, MP₁₀ e carbono negro, evidenciou os malefícios da poluição do ar no sistema cardiovascular.

As taxas de mortalidade por doenças circulatórias, maiores entre os grupos de maior faixa etária, foram diretamente associadas com a exposição aos denominados poluentes, SO₂ e MP_{2,5}, sendo este último responsável diretamente pelo aumento do número de casos de infarto agudo do miocárdio (IAM), pelo fato de ter característica de menor diâmetro e alcançar as vias aéreas de menor calibre, se acumulando com facilidade no sistema respiratório e aumentando as chances de doenças cardiopulmonares.

Os combustíveis sólidos, usados ainda principalmente em países subdesenvolvidos ou zonas rurais, foram diretamente correlacionados com a maior probabilidade e propensão a doenças respiratórias, mostrando a influência do fator socioambiental na relação poluição do ar e repercussão cardiopulmonar. O CO, principal poluente apresentado na poluição doméstica, foi analisado em um estudo de exposição pré-natal à combustão de combustíveis sólidos, relacionando a exposição do CO ao aumento da frequência respiratória (FR) em bebês recém-nascidos, aumentando o risco de pneumonia no primeiro ano de vida. Outro estudo que analisou as respostas do MP₁₀ em gestantes, indicou associações deste composto ao baixo peso dos bebês ao nascer.

O desenvolvimento pulmonar começa já na 4ª semana de gestação e fetos masculinos e femininos exibem diferenças nas trajetórias de desenvolvimento pulmonar, sugerindo que podem ocorrer respostas diferenciadas por sexo a

substâncias tóxicas pré-natais, se ele for alterado irá prejudicar a função pulmonar e o crescimento pulmonar além de aumentar o risco de doenças respiratórias na infância e na idade adulta. As meninas são mais suscetíveis aos efeitos da PD pré-natal, conforme diferenças específicas de sexo na maturação e trajetória pulmonar foram descritas, incluindo a maturação alveolar e produção de surfactante mais precoces e nascendo com pulmões menores, além da concentração menor de glóbulos vermelhos nas mulheres, o que poderia torná-las mais sensíveis aos efeitos tóxicos dos poluentes do ar. A baixa função pulmonar na infância e no início da infância tem sido associada a sibilos subsequentes, FR aumentada associada ao volume minuto maior conseqüentemente, hiperresponsividade das vias aéreas e asma, aumentando assim o risco de pneumonia.

A constatação de que os fetos do sexo feminino podem ser mais vulneráveis à PD pré-natal é especialmente importante, uma vez que as mulheres são as cozinheiras predominantes na maioria das comunidades de baixa e média renda e, continuam a cozinhar durante a gravidez, portanto, a exposição à PD começa no útero, portanto, são expostas diferencialmente ao longo da vida.

A partir dos artigos citados na Tabela 6, pode-se perceber que, em regiões metropolitanas tais como São Paulo, Manaus e Belo Horizonte, os casos por hospitalizações por acometimento de doenças respiratórias e cardiovasculares eram maiores do que aqueles em cidades menores, causadas por MP₁₀.

Identificou-se em diversos estudos a associação da poluição do ar com atendimentos, hospitalizações e mortalidade, sendo o MP₁₀, MP_{2,5}, CO, CO₂, SO₂, NO₂, os principais poluentes reportados. Poluentes como o SO₂ e CO foram associados com as hospitalizações principalmente por doenças respiratórias.

De acordo com Ma et al.³⁹, o MP e SO₂ foram os componentes principais para o acometimento de doenças respiratórias relatadas nos estudos, como a asma e a pneumonia em crianças menores que 5 anos. O MP_{2,5}, NO₂, SO₂ foram relacionados com significância ao aumento de consultas ambulatoriais respiratórias, entre elas a pneumonia, em crianças. Além disso, esses poluentes tiveram forte correlação com bronquiolite e infecção do trato respiratório nesta mesma população.

Outro componente que parece estar ligado a maior probabilidade de doenças cardiopulmonares é a temperatura externa, sendo evidenciados maiores acometimentos nos períodos em que a temperatura costuma ser mais baixa, como no

outono e inverno, e maior acometimento em meninas do que em meninos, na população de 0 a 3 anos, podendo ser relacionado também ao amadurecimento alveolar mais precoce de crianças do sexo feminino.

A utilização de filtros HEPA de retenção de partículas parece ser uma medida incipiente e de considerável importância, porém, limitada pelo custo e pela dificuldade de implementação mais abrangente, sendo ainda necessárias mais pesquisas para confirmação do seu efeito¹³.

Os artigos referenciados na Tabela 7 indicam que os locais com altas concentrações de poluição foram associados a funções pulmonares mais comprometidas quando comparados a ambientes com menores concentrações de poluentes.

De modo geral, percebeu-se a importância de políticas públicas visando diminuir os efeitos da poluição do ar na população, considerando que é improvável a cessação das partículas nocivas à saúde. Deste modo, cabe ao governo, o papel de adotar medidas mais sustentáveis com o intuito de reduzir os danos cardiopulmonares.

No que se refere à responsabilidade dos indivíduos, cabe ressaltar a importância de se buscar uma maior conscientização quanto aos efeitos dos diversos tipos de poluição prejudiciais à saúde, embora existam evidentes limitações socioeconômicas que dificultam tais práticas.

Em relação às medidas preventivas para a redução da poluição do ar, existem diversas iniciativas seja da Organização Mundial de Saúde (OMS) seja dos governos federais, estaduais e municipais. Em resumo, a OMS recomenda políticas de cooperação multissetorial em níveis regionais e nacionais de forma a disseminar as melhores práticas já devidamente consolidadas, capacitação dos sistemas de saúde, estabelecimento de medidas preventivas que ajudem a reduzir os efeitos da poluição sobre a saúde e ampliação de diálogo político para lidar com os efeitos da poluição do ar sobre a saúde. Em termos governamentais, as medidas preventivas podem ser resumidas no desenvolvimento de políticas ambientais, industriais, de incentivo a formas alternativas de mobilidade urbana, regulação e estabelecimento de normas mais rígidas, alteração da matriz energética, mudança da comunicação com a sociedade civil e investimentos maciços em educação.

Conforme Greenpeace⁴⁰ e Amazônia Real⁴¹, nos últimos quatro anos de governo, verificou-se diversas ações contrárias à política de redução da poluição, sendo as principais: aumento considerável do desmatamento na Amazônia, aprovação de 1.682 novos agrotóxicos (muitos deles proibidos na Europa e América do Norte), corte de verbas governamentais para proteção ambiental, enfraquecimento do sistema de monitoramento e combate aos crimes ambientais além da destruição de florestas pelo garimpo ilegal.

Embora existam relevantes contrastes socioeconômicos no Brasil que dificultam ações práticas, deve-se ressaltar a importância de se buscar uma maior conscientização dos cidadãos quanto aos nocivos efeitos provocados pelos diversos tipos de poluição, a saber: poluição por emissões de partículas de veículos automotivos, poluição doméstica, poluição por queima de biomassa e poluição de emissão de partículas por combustão do cigarro.

1.5. CONCLUSÃO

Após a pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, obteve-se diversas conclusões as quais podem ser resumidas nos diversos itens abaixo elencados.

Em relação aos efeitos da poluição por emissões de partículas provenientes de veículos automotivos foi verificado que, em indivíduos com DPOC, um maior nível de poluição implicou em maiores episódios como tosse, sibilos e escarro, incluindo dispneia. Além disso, verificou-se também que as alterações cardiopulmonares estão associadas ao aumento da pressão arterial e também a temperatura externa, sendo mais recorrente em períodos secos. Em casos específicos, a utilização de respiradores N-95 melhorou a hemodinâmica aórtica e reduziram o percentual de material poluente inalado ($MP_{2,5}$) e de carbono negro.

A poluição doméstica proveniente da utilização de fogões a lenha impactou significativamente no aumento de sintomas como tosse, sibilos e escarro, entre pacientes com DPOC, notadamente entre crianças e as mulheres, em função da exposição a um elevado percentual de CO. Outra decorrência percebida foram os aumentos da frequência respiratória e ventilação minuto (particularmente nas meninas), além de uma maior probabilidade de um episódio de pneumonia entre crianças de famílias que usam fogões a lenha.

No que se refere aos efeitos da poluição por queima de biomassa ficou evidente a redução do pico de fluxo expiratório em função do aumento da inalação de MP_{10} e $MP_{2,5}$. Também foi encontrada uma associação entre as taxas de mortalidade por infarto agudo do miocárdio e a exposição ao $MP_{2,5}$ entre os idosos.

Os efeitos relacionados à poluição de emissão de partículas por combustão do cigarro indicam que o tempo médio de exposição diária à fumaça de cigarro influencia diretamente os valores médios de PAS, PAD, PAM e PP de 24 horas. Também foi verificado que a idade avançada, colesterol e glicose elevados associados à exposição ambiental à fumaça de cigarro foram fatores determinantes para a elevação da pressão de pulso em um período de 24 horas.

Por último, deve-se ressaltar a necessidade do governo desenvolver políticas públicas que contemplem medidas ambientalmente sustentáveis com o objetivo de reduzir os efeitos cardiopulmonares da poluição do ar na população. Tais medidas são importantes porque, a curto prazo, é improvável a cessação ou uma diminuição significativa da emissão de partículas prejudiciais à saúde.

REFERÊNCIAS

1. Sinharay R, Gong J, Barratt B, Ohman-Strickland P, Ernst S, Kelly FJ, et al. Respiratory and cardiovascular responses to walking down a traffic-polluted road compared with walking in a traffic-free area in participants aged 60 years and older with chronic lung or heart disease and age-matched healthy controls: a randomised, crossover study. *The Lancet*. 2018 Jan;391(10118):339–49.
2. Matos EP, Reisen VA, Serpa FS, Prezotti Filho PR, Leite M de FS. Análise espaço-temporal do efeito da poluição do ar na saúde de crianças. *Cadernos de Saúde Pública*. 2019;35(10).
3. Sacramento DS, Martins LC, Arbex MA, Pamplona Y de AP. Atmospheric Pollution and Hospitalization for Cardiovascular and Respiratory Diseases in the City of Manaus from 2008 to 2012. *The Scientific World Journal* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2022 Nov 18]; 2020:8458359. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7152981/>
4. Nascimento AP, Santos JM, Mill JG, Souza JB de, Reis Júnior NC, Reisen VA. Association between the concentration of fine particles in the atmosphere and acute respiratory diseases in children. *Revista de Saúde Pública*. 2017;51(0).
5. César ACG, Nascimento LFC, Mantovani KCC, Vieira LCP. Fine particulate matter estimated by mathematical model and hospitalizations for pneumonia and asthma in children. *Revista Paulista de Pediatria* [Internet]. 2016 [cited 2022 Nov 18];34:18–23. Available from: <https://www.scielo.br/ijrpp/a/JKn7xt8nykSwLc6YsnPTVcc/?lang=en>
6. Fandiño-Del-Rio M, Goodman D, Kephart JL, Miele CH, Williams KN, Moazzami M, Fung EC, Koehler K, Davila-Roman VG, Lee KA, Nangia S, Harvey SA, Steenland K, Gonzales GF, Checkley W; Cardiopulmonary outcomes and Household Air Pollution trial (CHAP) Trial Investigators. Effects of a liquefied petroleum gas stove intervention on pollutant exposure and adult

- cardiopulmonary outcomes (CHAP): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017 Nov 3;18(1):518. doi: 10.1186/s13063-017-2179-x. PMID: 29100550; PMCID: PMC5670728.
7. Upadhyay AK, Singh A, Kumar K, Singh A. Impact of indoor air pollution from the use of solid fuels on the incidence of life threatening respiratory illnesses in children in India. *BMC Public Health* [Internet]. 2015 Mar 28 [cited 2019 Dec 8];15(1). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4397688/>
 8. Pope D, Diaz E, Smith-Sivertsen T, Lie RT, Bakke P, Balmes JR, et al. Exposure to Household Air Pollution from Wood Combustion and Association with Respiratory Symptoms and Lung Function in Nonsmoking Women: Results from the RESPIRE Trial, Guatemala. *Environmental Health Perspectives*. 2015 Apr;123(4):285–92.
 9. Ye W, Thangavel G, Pillarisetti A, Steenland K, Peel JL, Balakrishnan K, et al. Association between personal exposure to household air pollution and gestational blood pressure among women using solid cooking fuels in rural Tamil Nadu, India. *Environmental Research* [Internet]. 2022 May 15 [cited 2022 Nov 18];208:112756. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122000834#:~:text=Highlights&text=Pregnant%20women%20using%20>
 10. Gać P, Poręba R, Poręba M, Mazur G, Sobieszcańska M. Effect of environmental exposure to cigarette smoke on blood pressure in 24-hour ambulatory blood pressure monitoring in patients with essential hypertension. *Polish Archives of Internal Medicine*. 2014 Jul 21;124(9):436–42.
 11. Nunes KVR, Ignotti E, Hacon S de S. Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM_{2.5} generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. *Cadernos de Saúde Pública* [Internet]. 2013 Mar 1 [cited 2021 Dec 16];29:589–98. Available from:

<https://www.scielo.br/j/csp/a/RStYrhTzwgPcrKccHwCFby/abstract/?lang=en&format=html>

12. Vieira JL, Guimaraes GV, de Andre PA, Saldiva PHN, Bocchi EA. Effects of reducing exposure to air pollution on submaximal cardiopulmonary test in patients with heart failure: Analysis of the randomized, double-blind and controlled FILTER-HF trial. *International Journal of Cardiology* [Internet]. 2016 Jul 15 [cited 2022 Nov 18];215:92–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27107547/>
13. Kajbafzadeh M, Brauer M, Karlen B, Carlsten C, van Eeden S, Allen RW. The impacts of traffic-related and woodsmoke particulate matter on measures of cardiovascular health: a HEPA filter intervention study. *Occupational and Environmental Medicine*. 2015 Apr 20;72(6):394–400.
14. Huang J, Deng F, Wu S, Lu H, Hao Y, Guo X. The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2013 Apr 17;23(5):559–64.
15. Morishita M, Wang L, Speth K, Zhou N, Bard RL, Li F, et al. Acute Blood Pressure and Cardiovascular Effects of Near-Roadway Exposures With and Without N95 Respirators. *American Journal of Hypertension*. 2019 Jul 27;32(11):1054–65.
16. Lee AG, Kaali S, Quinn A, Delimini R, Burkart K, Opoku-Mensah J, et al. Prenatal Household Air Pollution Is Associated with Impaired Infant Lung Function with Sex-Specific Effects. Evidence from GRAPHIS, a Cluster Randomized Cookstove Intervention Trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019 Mar 15;199(6):738–46.

17. Jacobson L da SV, Hacon S de S, Castro HA de, Ignotti E, Artaxo P, Saldiva PHN, et al. Acute Effects of Particulate Matter and Black Carbon from Seasonal Fires on Peak Expiratory Flow of Schoolchildren in the Brazilian Amazon. *Sun Q*, editor. *PLoS ONE*. 2014 Aug 13;9(8):e104177.
18. Moitra S, Tabrizi AF, Fathy D, Kamravaei S, Miandashti N, Henderson L, et al. Short-Term Acute Exposure to Wildfire Smoke and Lung Function among Royal Canadian Mounted Police (RCMP) Officers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Nov 10;18(22):11787.
19. Chen R, Li H, Cai J, Wang C, Lin Z, Liu C, et al. Fine Particulate Air Pollution and the Expression of microRNAs and Circulating Cytokines Relevant to Inflammation, Coagulation, and Vasoconstriction. *Environmental Health Perspectives*. 2018 Jan 16;126(1):017007.
20. Peralta AA, Link MS, Schwartz J, Luttmann-Gibson H, Dockery DW, Blomberg A, et al. Exposure to Air Pollution and Particle Radioactivity With the Risk of Ventricular Arrhythmias. *Circulation*. 2020 Sep;142(9):858–67.
21. Base LH, Oliveira JR da C e, Maia LCP, Antão JYF de L, Ferreira C, Ferreira C. Effect of air pollution on the autonomic modulation of heart rate in overweight adults. *Einstein (São Paulo)*. 2020;18.
22. Sommar JN, Norberg M, Grönlund C, Segersson D, Näslund U, Forsberg B. Long-term exposure to particulate air pollution and presence and progression of carotid artery plaques - A northern Sweden VIPVIZA cohort study. *Environmental Research*. 2022 Mar;113061.
23. Gouveia N. Air pollution and health impacts in the Metropolitan Region of Belo Horizonte - Minas Gerais. [Internet]. www.cienciaesaudecoletiva.com.br. [cited 2022 Nov 18]. Available from: <http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/en/articles/air-pollution-and-health-impacts-in-the-metropolitan-region-of-belo-horizonte-minas-gerais/16710?id=16710>

24. Gouveia N, Corrallo FP, Leon ACP de, Junger W, Freitas CU de. Air pollution and hospitalizations in the largest Brazilian metropolis. *Revista de Saúde Pública* [Internet]. 2017 Dec 4 [cited 2022 Nov 18];51. Available from: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/rSgQ5T44VBS3Qjf3HNnsMfM/abstract/?lang=en>
25. Ferreira T, Forti M, de Freitas C, Nascimento F, Junger W, Gouveia N. Effects of Particulate Matter and Its Chemical Constituents on Elderly Hospital Admissions Due to Circulatory and Respiratory Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016 Sep 23;13(10):947.
26. Sacramento DS, Martins LC, Arbex MA, Pamplona Y de AP. Atmospheric Pollution and Hospitalization for Cardiovascular and Respiratory Diseases in the City of Manaus from 2008 to 2012. *The Scientific World Journal* [Internet]. 2020 Apr 1;2020:8458359. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7152981/>
27. Sunil VR, Vayas KN, Fang M, Zarbl H, Massa C, Gow AJ, et al. World Trade Center (WTC) dust exposure in mice is associated with inflammation, oxidative stress and epigenetic changes in the lung. *Experimental and Molecular Pathology*. 2017 Feb;102(1):50–8.
28. Pinheiro S de LL de A, Saldiva PHN, Schwartz J, Zanobetti A. Isolated and synergistic effects of PM10 and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Revista de Saúde Pública* [Internet]. 2014 Dec [cited 2019 Dec 15];48(6):881–8. Available from: <https://www.scielosp.org/article/rsp/2014.v48n6/881-888/>
29. Romão R, Pereira LAA, Saldiva PHN, Pinheiro PM, Braga ALF, Martins LC. The relationship between low birth weight and exposure to inhalable particulate matter. *Cadernos de Saúde Pública* [Internet]. 2013 Jun 1 [cited 2022 Nov 18];29:1101–8. Available from: <https://www.scielo.br/j/csp/a/4Vtc8RZLD8rtxqgYmW9sSNF/abstract/?lang=en>

30. Fernandes FM de C, Martins E de S, Pedrosa DMAS, Evangelista M do SN. Relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Federal District, Brazil, 2003–2012. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*. 2017 Jul;21(4):369–75.
31. Chaves LE, Nascimento LFC, Rizol PMSR. Fuzzy model to estimate the number of hospitalizations for asthma and pneumonia under the effects of air pollution. *Revista de Saúde Pública*. 2017;51(0).
32. Negrisoli J, Nascimento LFC. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Revista Paulista de Pediatria* [Internet]. 2013 Dec 1 [cited 2022 Nov 18];31:501–6. Available from: <https://www.scielo.br/j/rpp/a/wPqBWTxyjbyDqbkLC8BHZRQ/?lang=en>
33. Ferreira AM da C, Cardoso M. Indoor air quality and health in schools. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2014 Jun;40(3):259–68.
34. Kirenga B, Nantanda R, de Jong C, Mugenyi L, Meng Q, Aniku G, et al. Lung Function of Children at Three Sites of Varying Ambient Air Pollution Levels in Uganda: A Cross Sectional Comparative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018 Nov 26;15(12):2653.
35. Li S, Cao S, Duan X, Zhang Y, Gong J, Xu X, et al. Long-term exposure to PM_{2.5} and Children's lung function: a dose-based association analysis. *Journal of Thoracic Disease*. 2020 Oct;12(10):6379–95.
36. Zhou Y, Liu Y, Song Y, Xie J, Cui X, Zhang B, et al. Short-term Effects of Outdoor Air Pollution on Lung Function among Female Non-smokers in China. *Scientific Reports* [Internet]. 2016 Oct 13 [cited 2022 Apr 9];6:34947. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5062123/>

37. Baccarelli AA, Zheng Y, Zhang X, Chang D, Liu L, Wolf KR, et al. Air pollution exposure and lung function in highly exposed subjects in Beijing, China: a repeated-measure study. *Particle and Fibre Toxicology*. 2014 Oct 2;11(1).
38. Amoabeng Nti AA, Arko-Mensah J, Botwe PK, Dwomoh D, Kwarteng L, Takyi SA, et al. Effect of Particulate Matter Exposure on Respiratory Health of e-Waste Workers at Agbogbloshie, Accra, Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 Apr 27;17(9):3042.
39. Ma Y, Yue L, Liu J, He X, Li L, Niu J, et al. Association of air pollution with outpatient visits for respiratory diseases of children in an ex-heavily polluted Northwestern city, China. *BMC Public Health*. 2020 Jun 2;20(1).
40. Greenpeace, A verdade sobre a Amazônia sob o governo Bolsonaro. Acesso em: 18 Abril 2023. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/a-verdade-sobre-a-amazonia-sob-o-governo-bolsonaro/>.
41. Amazônia Real, Brasil: meio ambiente sob ataque no governo Bolsonaro. Acesso em: 18 Abril 2023. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/brasil-meio-ambiente-sob-ataque-no-governo-bolsonaro/>.