

O Impacto da Queima de Biomassa por Incêndios Florestais nas Internações Hospitalares e Mortalidade: Revisão de Escopo

The Impact of Biomass Burning from Forest Fires on Hospital Admissions and Mortality: Scoping Review

Alexania Fernanda de Souza^a; Verônica dos Santos Alves^b; Ariana Nunes de Moura Vargas^c; Walkiria Shimoya-Bittencourt^c

^aUniversidade de Cuiabá, Curso de Fisioterapia. MT, Brasil.

^bUniversidade de Cuiabá, Curso de Medicina. MT, Brasil.

^cUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

Resumo

Os incêndios florestais, considerados incêndios descontrolados da queima da vegetação, que se espalha rapidamente por florestas ou arbustos provocam problemas tanto ambientais quanto de saúde. A queima da biomassa provocada por esses, liberam componentes altamente poluentes, resultando em má qualidade do ar e impactos negativos na saúde. O objetivo do estudo foi mapear na literatura o impacto da queima de biomassa causada por incêndios florestais e sua influência nas internações hospitalares e mortalidade em adultos. Trata-se de uma revisão de escopo, com busca nas bases de dados indexadas Lilacs, Pubmed e Embase. A pesquisa identificou 209 estudos, dos quais 12 foram incluídos na revisão. Os estudos predominaram nas bases de dados Embase e PubMed, com a maioria realizada nos EUA e Austrália. Os estudos enfatizaram os efeitos deletérios dos poluentes atmosféricos, especialmente o PM_{2,5} e PM₁₀, na saúde humana, destacando a vulnerabilidade de grupos específicos, como idosos e pessoas com condições socioeconômicas desfavoráveis. Embora os efeitos agudos sejam bem documentados, há uma lacuna no entendimento dos impactos em longo prazo, indicando a necessidade de mais pesquisas nessa área. Os impactos negativos da queima de biomassa por incêndios florestais indicam uma correlação direta entre a exposição aguda a altas concentrações, especialmente dos materiais particulados: ao aumento nas visitas aos departamentos de emergência, com uma incidência exacerbada de condições pré-existentes como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, insuficiência cardíaca congestiva, pneumonia e bronquite aguda, afetando diferentes faixas etárias; ao aumento da mortalidade por causas cardiovasculares e respiratórias, com ênfase em grupos específicos, como idosos e indivíduos com comorbidades.

Palavras-chave: Poluição do Ar. Hospitalização. Mortalidade.

Abstract

Forest fires, considered uncontrolled burning of vegetation that spreads rapidly through forests or bushes, cause both environmental and health problems. The biomass burning they cause releases highly polluting components, resulting in poor air quality and negative health impacts. To map in the literature the impact of biomass burning caused by forest fires and its influence on hospital admissions and mortality in adults. This is a scope review, with searches conducted in the indexed databases Lilacs, Pubmed, and Embase. The search identified 209 studies, of which 12 were included in the review. Studies predominated in databases such as Embase and PubMed, most conducted in the USA and Australia. The studies emphasized the deleterious effects of atmospheric pollutants, especially PM_{2.5} and PM₁₀, on human health, highlighting the vulnerability of specific groups such as the elderly and people with unfavorable socioeconomic conditions. Although acute effects are well documented, there is a gap in understanding long-term impacts, indicating the need for more research in this area. The negative impacts of biomass burning from forest fires indicate a direct correlation between acute exposure to high concentrations, especially of particulate matter, and increased visits to emergency departments, with an exacerbated incidence of pre-existing conditions such as asthma, chronic obstructive pulmonary disease, congestive heart failure, pneumonia, and acute bronchitis, affecting different age groups; increased mortality from cardiovascular and respiratory causes, with emphasis on specific groups such as the elderly and individuals with comorbidities.

Keywords: Air Pollution. Hospitalization, Mortality.

1 Introdução

Os incêndios florestais estão ocorrendo, cada vez mais, com frequência, sendo considerado um enorme perigo natural levando a impactos sociais, econômicos, além de danos ambientais. Eles podem ser causados por diversos fatores, entre eles a variabilidade natural, o histórico de incêndios florestais na área, desmatamento e, especialmente, pelas mudanças climáticas sofridas pelo Planeta (Bowman *et al.*, 2018; Magzamen *et al.*, 2021).

Decorrentes desses incêndios há a queima da biomassa que, pela combustão de todo material vivo existente em um

ecossistema, provoca a liberação de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera e a inalação desse. Durante esse processo, outros gases poluentes são liberados como o monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis (VOCs), além do material particulado (MP) (Rossiello, 2019).

A queima da biomassa e a liberação desses gases poluentes e de partículas de tamanhos variados como o material particulado são fatores que geram uma má qualidade do ar, que quando inalados pela população causam diversos problemas pulmonares e cardíacos, como a insuficiência

cardíaca congestiva, que contribuem de forma significativa para as visitas nos departamentos de emergência, aumento das internações hospitalares e índice de mortalidade (Fisk; Chan, 2017; Magzamen *et al.*, 2021).

À medida que os incêndios florestais aumentam, os efeitos das emissões dos gases poluentes e de particulados também aumentam. Os estudos associam que a inalação da fumaça causa diversos problemas para a saúde, principalmente a asma, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), colocando a população em risco. Os efeitos na saúde pela exposição à poluição atmosférica mais evidentes são a morte prematura, internações hospitalares, idas recorrentes ao pronto atendimento, principalmente, em função de problemas respiratórios (Casey *et al.*, 2020; Neumann *et al.*, 2021).

Os estudos publicados sobre essa temática estão sendo cada vez mais discutidos, principalmente, dentro do contexto da exposição aos poluentes atmosféricos em relação à poluição urbana por fontes automotivas e industriais, e escassos em relação à poluição por incêndios florestais, especialmente, a exposição em longo prazo. Assim como os pesquisadores vêm tentando entender sobre os diversos fatores que acarretam os incêndios florestais e a ação deste na saúde da população afetada (Neumann *et al.*, 2021; Rappold, 2012). Em razão disso, torna-se necessário entender a influência dos incêndios florestais na saúde da população da região afetada e como esse se relaciona com diversos casos de internação e mortalidade.

Portanto, o estudo tem como objetivo mapear o impacto da queima de biomassa causada por incêndios florestais e sua influência nas internações hospitalares e a mortalidade.

2 Desenvolvimento

2.1 Metodologia

Trata-se de uma revisão de escopo (*Scoping Review*), seguindo o método proposto pelo Instituto Joanna Briggs (JBI) (Aromataris; Munn, 2020). Este permite o mapeamento dos principais conceitos, esclarece e identifica lacunas existentes na área do conhecimento. Para construção da pesquisa foi utilizada a estratégia PCC (população, conceito e contexto). Nesse sentido, as designações do acrônimo foram: P – pacientes adultos expostos à poluição do ar; C – queima de biomassa por incêndios florestais e C – a hospitalização e mortalidade. Desse modo, a pergunta norteadora foi: “qual é o impacto da queima de biomassa por incêndios florestais nas internações hospitalares e na mortalidade?”

Para este estudo, foi incluído como alvo da pesquisa a população adulta, que precisou de internação em função da queima de biomassa decorrente de incêndios florestais e, pacientes que foram a óbito em consequência dessa exposição, sem restrição ao período de publicação e ao tipo de delineamento dos estudos. Foram utilizados como critérios de exclusão os estudos em animais, poluição através de fumaça de cigarro, poluentes urbanos e industriais.

Foram pesquisados artigos publicados em base de dados

indexadas: Medline/PubMed, Lilacs no período de abril de 2022 e Embase em junho de 2022. A estratégia de busca foi atualizada em dezembro de 2023 na PubMed e Lilacs.

As plataformas usadas para pesquisa dos artigos foram o DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e Mesh (*Medical Subject Headings*) e os descritores para filtragem do conteúdo foram: “adults paciente”; “biomass burning”; “wildfires”; “aerosol”; “biomass”; “nitrogen dioxide”; “forests”; “fires”; “smoke”; “gases”; “greenhouse hases”; “hydrocarbons”; “fires”; “wildfires”; “particulate matter”; “carbono monoxide”; “nitrous oxide”; “ozone”; “environmental pollutants”; “air pollutants”; “air pollution”; “environmental health”; “inhalation exposure”; “carbono monoxide poisoning”; “smoke inhalation injury”; “hospitalizations”; “inpatient care units”; “mortality”; “death”; “mortality registries”. Para combinar os termos entre si foram utilizados os operadores “AND” em palavras-chaves distintas e o “OR” entre os sinônimos para realizar a estratégia de busca (Quadro 1).

Quadro 1 – Estratégia de busca realizada através da combinação dos descritores encontrados no DeCS e MeSH nas bases de dados indexadas

Fontes de Informação	Estratégia de Busca
PubMed-Advanced	((adults patients) AND (biomass burning)) OR (wildfires) AND (aerosols) OR (biomass) OR (nitrogen dioxide) OR (forests) OR (fires) OR (smoke) OR (gases) OR (greenhouse hases) OR (hydrocarbons) OR (fires) OR (wildfires) OR (particulate matter) OR (carbono monoxide) OR (nitrous oxide) OR (ozone) OR (environmental pollutants) OR (air pollutants) OR (air pollution) OR (environmental health) OR (inhalation exposure) OR (carbono monoxide poisoning) OR (smoke inhalation injury) AND ((hospitalizations) OR (inpatient care units)) AND ((mortality) OR (death)) OR (mortality registries))
Lilacs	(aerossóis OR (biomassa) OR (dióxido de nitrogênio) OR (florestas) OR (fogo) OR (fumaça) OR (gases) OR (gases do efeito estufa) OR (hidrocarbonetos) OR (incêndios) OR (incêndios florestais) OR (material particulado) OR (monóxido de carbono) OR (óxido nitroso) OR (ozônio) OR (poluentes ambientais) OR (poluentes atmosféricos) OR (poluição do ar) OR (saúde ambiental) OR (exposição por inalação) OR (intoxicação por monóxido de carbono) OR (lesão por inalação de fumaça) AND (hospitalização) OR (tempo de internação) OR (internação) AND (morbidade) OR (mortalidade) OR (morte) OR (registros de mortalidade)
Embase	(adult) OR (adult) OR (adults) OR (grown-ups) OR (grownup) OR grownups) AND (wildfire) OR (combustion) OR (biomass) OR (smoke) OR (air pollution) OR (particulate matter) OR (forest fire) OR (ultrafine particulate matter) AND (hospitalization) OR (hospital stay) OR (hospitalization) OR (short stay hospitalization) OR (mortality) OR (length of stay) OR (mortalities) AND (observational study) OR (intervention study) OR (review)

Fonte: dados da pesquisa.

Após a estratégia de busca, os estudos encontrados foram

planilhados em Excel. A seleção dos artigos foi realizada por dois pesquisadores de forma independente. A triagem iniciou pela separação de artigos de acordo com a plataforma de origem, seguindo posteriormente, a retirada de artigos duplicados e a inclusão de artigos por título, posteriormente, por resumo dos artigos e, finalmente, pela leitura completa. Os motivos das exclusões foram anotados. Após a finalização, um terceiro pesquisador fez a arbitragem das alterações que precisavam ser realizadas.

Para a extração dos dados foi utilizada uma ficha de coleta baseada nas recomendações da JBI, contendo critérios que incluem detalhes sobre a identificação da publicação (título, autores, país, idioma e ano de publicação), e as características metodológicas dos estudos (delineamento da pesquisa, objetivos do estudo, caracterização da população e amostra, tratamento dos dados, procedimentos realizados, resultados, conclusões) e o contexto/cenário em que a pesquisa foi realizada.

Os dados extraídos dos estudos incluídos nesta revisão foram sumarizados abordando a descrição da estratégia de busca e o processo de inclusão dos estudos. Os resultados encontrados foram apresentados em forma de figuras e tabelas. Não foi realizada avaliação crítica dos estudos, uma vez que não é objeto do estudo de revisão de escopo.

2.2 Resultados e discussão

Foram encontrados 209 estudos através da estratégia de busca realizada nas bases de dados utilizadas. Quanto ao perfil bibliográfico dos estudos incluídos nesta revisão, houve uma predominância das publicações nas bases de dados da Embase (78%), seguido da PubMed (18,7%) e, por fim, da Lilacs com (3,3%) como apresentado no Quadro 2.

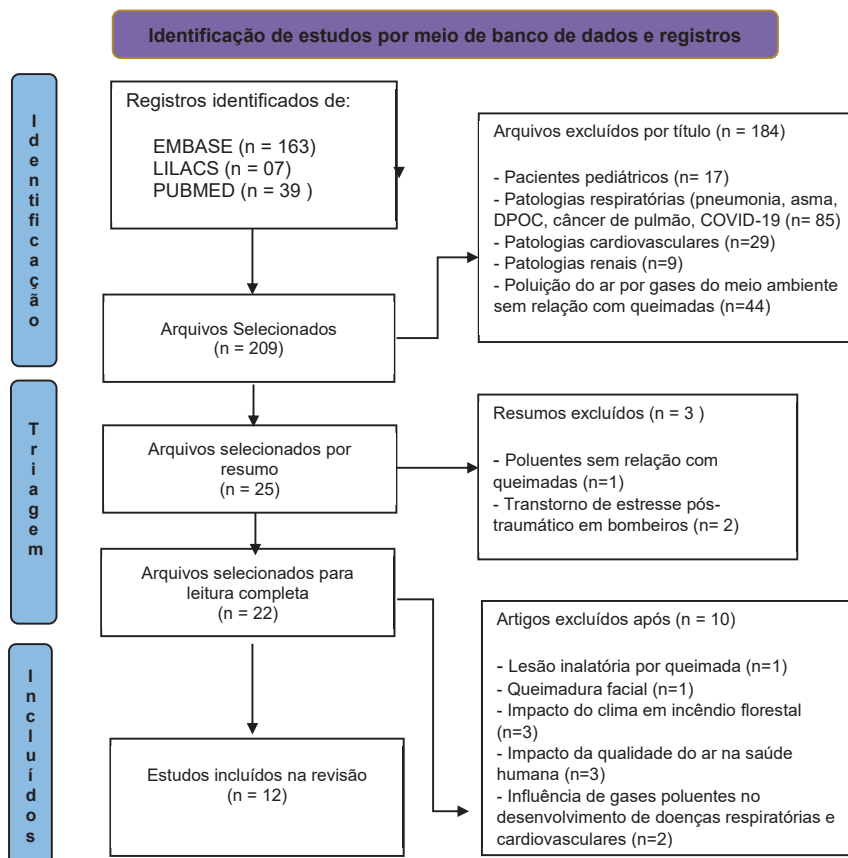
Quadro 2 - Estudos encontrados nas bases de dados pesquisadas

Bases de Dados	Registros	Porcentagem
PUBMED	39	78%
LILACS - BVS	07	18,7%
EMBASE	163	3,3%
Total	209	100%

Fonte: dados pesquisa.

Dos 209 estudos encontrados, não houve estudos duplicados, sendo assim, foram lidos 209 títulos e excluídos 184 restando 25 estudos para análise do resumo. Após análise dos resumos foram excluídos 3, totalizando 22 estudos para serem lidos na íntegra. Destes, foram excluídos 10 artigos, sendo incluídos na revisão de escopo apenas 12 estudos. A Figura 1 representa as fases do processo de identificação e seleção dos estudos incluídos na revisão baseado no fluxograma do PRISMA (Moher *et al.*, 2020).

Figura 1 - Fases do processo de identificação e seleção dos estudos incluídos na revisão.



Fonte: Page *et al.* (2020).

O Quadro 3 representa o idioma, local de publicação dos estudos e o desenho dos estudos incluídos na revisão. Em relação ao idioma, o inglês foi exclusivo (100%). Dos 12 estudos incluídos na revisão, a maioria (46,2%) foi realizada nos EUA e (38,4%) na Austrália. Em relação ao desenho de estudo, esses foram, respectivamente, 38,4 % Estudo Transversal, 15,4% Série Temporal, 15,4% Estudo de Caso, 15,4% Revisão de Literatura e 15,4% Revisão Sistemática

Quadro 3 - Estudos incluídos na revisão, segundo o idioma e país de origem

Variáveis	N	%
Idioma		
Inglês	12	100%
Total	12	100%

Variáveis	N	%
Local de Publicação/País de origem		
Austrália	05	41,7 %
EUA	05	41,7 %
Malásia	01	8,3%
Suíça	01	8,3%
Total	12	100%
Desenho de estudo		
Estudo Transversal	10	83,4%
Estudo de revisão	02	16,6 %
Total	12	100%

Fonte: dados da pesquisa.

O Quadro 4 representa um resumo dos 12 artigos selecionados para esta revisão de escopo.

Quadro 4 - Caracterização geral e os principais achados dos estudos incluídos na revisão

Primeiro Autor/ Ano	Desenho do estudo / População	Poluente e valor encontrado	Variáveis de saúde avaliadas	Conclusão
Narayan Sastry, 2002	Estudo Transversal 52.742 óbitos	$PM_{10} > 210 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Mortalidade, - temperatura - qualidade do ar - PM_{10}	A névoa da fumaça dos incêndios florestais teve efeito deletério na saúde da população da Malásia, o risco relativo de mortalidade aumenta progressivamente com o aumento da concentração do PM_{10} .
Geoffrey Morgan, 2010	Estudo transversal: Série temporal 3.482.395 pessoas	PM_{10} em concentrações maiores que o Percentil 99 ($PM_{10} > 42\mu\text{g}/\text{m}^3$)	- Mortalidade - internações hospitalares - fatores meteorológicos - poluentes atmosféricos na área metropolitana de Sydney	O PM_{10} proveniente de incêndios florestais associado à morbidade respiratória, PM_{10} proveniente de fontes urbanas associado à mortalidade e morbidade cardiopulmonar.
Adam Resnick, 2015	Estudo transversal 8.689 pessoas	$PM_{2,5}$ variou entre 6,8 e $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Exposição ao $PM_{2,5}$ - Visita aos departamentos de emergência.	Altos níveis de exposição a $PM_{2,5}$ devido ao incêndio associados ao aumento de problemas respiratórios e cardiovasculares em Albuquerque. Necessárias medidas preventivas mais eficazes e direcionadas para reduzir as taxas de morbidade associadas à exposição ao fumo dos incêndios florestais entre as populações vulneráveis.
Ana G. Rappold 2011	Estudo Transversal 24.853 pessoas de 42 municípios da Carolina do Norte	$PM_{2,5} > 200\mu\text{g}/\text{m}^3$	- Visitas diárias ao pronto-socorro relacionadas aos problemas cardiovasculares e respiratórios - região do estado - município de residência - sexo - idade - data de admissão e alta	O aumento do RR nos condados expostos a poluição durante e até 5 dias após a exposição a fumaça tem implicações potencialmente significativas para a saúde pública. Demonstra efeitos respiratórios e cardíacos após breve exposição à fumaça por incêndios florestais.
Ana G Rappold 2012	Estudo transversal de base populacional 40 municípios, maioria em áreas rurais	$PM_{2,5}$ entre os valores de 4-129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	- Qualidade dos cuidados clínicos - fatores socioeconômicos - ambiente físico - morbidade - mortalidade - contagem dos poluentes	Fatores Socioeconômicos devem ser considerados como risco modificadores nos estudos de poluição atmosférica e avaliados na avaliação dos impactos da poluição atmosférica.
Ana G. Rappold 2014	Estudo transversal 31 municípios da Carolina do Norte, cerca de 1,2 milhão de adultos	$PM_{2,5} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Admissão no pronto-socorro para os casos de asma, ICC. - exposição à fumaça e valores de $PM_{2,5}$	As intervenções simuladas baseadas em dados de previsão reduziram o risco relativo de resultados adversos para a saúde e têm o potencial para um grande benefício econômico.

Primeiro Autor/ Ano	Desenho do estudo / População	Poluente e valor encontrado	Variáveis de saúde avaliadas	Conclusão
Hassani Youssouf 2014	Revisão Sistemática Análise de 94 artigos	$PM_{10} > 210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $PM_{2,5}$ em torno de $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Efeitos na saúde pela exposição aos incêndios florestais - morbidade - mortalidade - internações	Associações entre a exposição às emissões dos incêndios florestais e aumento de internações hospitalares e atendimentos de emergência Estudos encontraram efeitos não acidentais, como redução do peso ao nascer. Efeitos subclínicos associados à exposição a incêndios florestais, alguns destes testados em voluntários saudáveis utilizando exposição humana controlada, exposição animal ou estudos <i>in vitro</i> .
Justine A. Hutchinson, 2018	Estudo transversal 345.257 pessoas	$PM_{2,5}$ média de $89,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e máxima de $803,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Concentrações de $PM_{2,5}$ - internações - consultas ambulatoriais - idade e sexo - análise de causas cardiorrespiratórias - local de residência dos pacientes	Cuidados de saúde relacionados com incêndios florestais persiste além do período inicial de elevada exposição. Aumentos em eventos de saúde, problemas respiratórios em crianças, com base em cenários climáticos projetados de frequência de incêndios florestais na Califórnia e no mundo.
Hiep Duc Nguyen, 2021	Estudo Transversal Estados da Costa leste da Austrália	$PM_{2,5}$ com máxima de $1269,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Impacto da exposição aos incêndios florestais - qualidade do ar por meio de satélites.	Os efeitos dos incêndios florestais na qualidade do ar e na exposição da população trazem efeitos deletérios, em especial quando excedem a meta da qualidade do ar.
Gongbo Chen, 2021	Estudo transversal: Série temporal 749 cidades em 43 países e regiões	$PM_{2,5} > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- Contagens diárias de mortes por todas as causas - Contagem de mortalidade por causa respiratória e cardiovascular - Parâmetros meteorológicos e PIB per capita.	A exposição de curto prazo a $PM_{2,5}$ relacionadas com incêndios florestais foi associada a risco aumentado de mortalidade. Necessárias medidas para reduzir riscos para saúde decorrentes do aumento dos incêndios florestais.
Sheryl Magzamen, 2021	Estudo transversal 114.941 internações hospitalares por eventos respiratórios ou cardio	$PM_{2,5}$ teve valor médio de $6,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante os 6 anos de estudo	-Internações no período do estudo - Idade e sexo - Tempo de exposição à fumaça	Morbidade e mortalidade cardiopulmonar durante 6 anos na Front Range do Colorado, em pessoas expostas ao $PM_{2,5}$ associada a hospitalizações para os desfechos respiratórios combinados, asma, DPOC e bronquite aguda; e morbidade cardiovascular, incluindo hospitalizações por desfechos de DCV, desfechos Cerebrovasculares insuficiência cardíaca e DIC. Mortes por asma e infarto do miocárdio associadas ao $PM_{2,5}$.
Yuan Gao 2023	Revisão Sistemática 36 estudos incluídos na revisão	Material particulado, ozônio	- Qualidade de vida - Exposição a fumaça dos incêndios florestais - Mortalidade - Morbidade - Complicações de saúde	A evidência de alta qualidade baseada na população com dados quantitativos sobre este tema limitada. São necessários para preencher as atuais lacunas de conhecimento estudos bem elaborados considerando a extensa fumaça atmosférica de incêndios florestais poluentes (material particulado, ozônio, óxidos de nitrogênio) e estimativa de valores de coeficiente de risco para resultados abrangentes de saúde (mortalidade, morbidade).

Legenda: PM: Material particulado; OR: Odds Ratio; IC: intervalo de confiança; PIB: Produto interno bruto; RR: risco relativo; SFS: Sistema de previsão de fumaça; CO: monóxido de carbono; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; ICC: insuficiência cardíaca congestiva.

Fonte: dados da pesquisa.

Historicamente, os focos de incêndios florestais são vistos como causas naturais. Porém, atualmente se considera que as causas dos incêndios florestais não são mais exclusivamente por causas naturais, como pela seca ou por descargas elétricas de tempestades. A literatura aponta que os incêndios, nas áreas de florestas, ocorrem 57 vezes mais por ação humana do que por causas naturais, sendo os maiores causadores de tais incêndios, o próprio ser humano, sendo consequentemente afetado por tal ação (Bowman *et al.*, 2019).

Todos os estudos incluídos nesta revisão abordaram sobre o efeito deletério à saúde humana pela exposição à queima de biomassa dos incêndios florestais acidentais. Os poluentes que prevaleceram foram os materiais particulados, o $PM_{2,5}$ e o PM_{10} .

Em relação à concentração do $PM_{2,5}$, há uma exacerbação de comorbidades como a asma, principalmente, em idosos. No entanto, a busca por atendimento aumentou para todas as faixas no período de exposição aguda, ou seja, nos primeiros

dias após o evento. Esse dado foi compilado a partir do número de visitas da população exposta aos departamentos de emergência após um evento de incêndio (Resnieck *et al.*, 2011).

Considera-se alta exposição da concentração do $PM_{2,5}$ quando os valores excederam de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aumentando o risco relativo para o surgimento de patologias como doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), insuficiência cardíaca congestiva (ICC), pneumonia e bronquite aguda (Rappold *et al.*, 2011). Entre essas comorbidades, as que mais tiveram associação com a queima de biomassa por incêndio florestal foi a asma e a ICC. A primeira acometeu a população acima de 18 anos, enquanto a ICC teve maior predominância a partir de 45 anos (Rappold *et al.*, 2014).

Da população acometida, os estudos mostraram que quanto pior a situação socioeconômica da região, maior a vulnerabilidade aos incêndios florestais e, conseqüentemente, maior propensão à exposição do $PM_{2,5}$ (Rappold *et al.*, 2012). Com essa susceptibilidade, há uma qualidade do ar extremamente prejudicial para essa população. Essa piora de qualidade do ar pode ser exemplificada no estudo de Hutchinson *et al.* (2018), que observaram nos primeiros cinco dias após um episódio de incêndio florestal um aumento dos níveis de particulado, obtendo concentração máxima de $PM_{2,5}$ de $803,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Outros softwares utilizados nesses estudos também mostraram concentrações elevadas do $PM_{2,5}$, por exemplo, o MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2*), que em épocas de maior ocorrência de incêndios florestais, geralmente no mês de novembro, registrou valores de até $1.269 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nguyen *et al.*, 2021). Esses níveis de poluição, ao serem associados com a morbidade, por causa cardiopulmonar e internações hospitalares, evidenciam uma predominância de acordo com a faixa etária, ou seja, entre os jovens com idade inferior a 15 anos houve maior ocorrência de internação por bronquite aguda. Já na população entre 15-65 anos, a maior prevalência de hospitalizações foi por asma e nos indivíduos com idade superior a 65 anos ocorreram em função da DPOC e pneumonia (Magzamen *et al.*, 2021).

A respeito da mortalidade, uma série temporal avaliou 749 locais e sua associação com o $PM_{2,5}$. O estudo se baseou na contagem diária de mortes por todas as causas. Entretanto, para análise, houve uma segmentação da pesquisa em duas fases, sendo que a primeira avaliou os primeiros oito dias após o evento e a segunda fase correlaciona esses dados com o risco de mortalidade, a partir de um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do $PM_{2,5}$. Ao final, houve uma totalização de 65,6 milhões de mortes por todas as causas, sendo que 15,1 milhões dessas mortes por etiologia cardiovascular e 6,8 milhões por causa respiratória (Chen *et al.*, 2021).

Ainda, em relação à mortalidade, Nguyen *et al.* (2021) mostraram um total de 247 mortes prematuras por exposição aos poluentes do incêndio florestal, além de internações

hospitalares de causas cardiovasculares (437) e respiratórias (1.535). Magzamen *et al.* (2021) expôs dados comparativos por gênero, e verificaram que o sexo feminino apresentou maior probabilidade de mortalidade por doença cerebrovascular ou ICC em relação ao sexo masculino.

Quanto aos estudos que falam sobre o PM_{10} , foi realizada uma associação entre o poluente, as internações hospitalares e a mortalidade. Nesse sentido, os variados episódios de incêndio florestal excedem a concentração de PM_{10} em 24 horas a níveis maiores que $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo esse valor considerado na unidade de medida de percentil, acima de 99 (Morgan *et al.*, 2010). Essas medidas favorecem o desencadeamento de condições de saúde agudas, por exemplo, infecções respiratórias exacerbadas com necessidade de hospitalizações. Em relação à mortalidade, essa geralmente ocorre em indivíduos com comorbidades crônicas, isto é, há uma exacerbação da doença em função da exposição a uma elevada concentração do PM_{10} (Sastry *et al.*, 2002).

Ainda em relação às internações, tem-se que a partir de um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do PM_{10} , as internações por motivos respiratórios aumentam em 1,24% (Morgan *et al.*, 2010). A população mais acometida está na faixa etária de 65-74 anos e os motivos dessa hospitalização ocorrem por exacerbação de doença pré-existentes, que dependendo do grau de complicação podem levar o indivíduo a óbito (Sastry *et al.*, 2002).

Quanto ao estudo, que aborda o $PM_{2,5}$ e PM_{10} em conjunto, Youssouf *et al.* (2014) analisaram de 94 artigos e verificaram que o aumento de ambos os materiais particulados favorece efeitos prejudiciais à saúde, mas sem impacto na mortalidade, isto é, apenas as consultas de emergência e internações por causas respiratórias e cardíacas como asma, pneumonia, bronquite aguda e ICC ocorreram. Também foram encontrados valores para esses materiais particulados, sendo de $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{2,5}$, enquanto a de PM_{10} foi de valores acima de $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Quanto ao estudo que aborda outros poluentes, Gao *et al.* (2023) realizaram uma revisão com 36 estudos para exemplificar os efeitos de morbimortalidade quando há uma exposição em longo prazo a materiais particulados e outros gases estudados. Por fim, mostraram nas evidências uma redução da função pulmonar, piora do estado geral de saúde e o surgimento de transtornos de saúde mental na população exposta aos incêndios florestais.

Ademais, a composição química da fumaça dos incêndios florestais possuiu altas concentrações de partículas finas e compostos orgânicos voláteis, que são prejudiciais à saúde humana. Dessa forma, a exposição à fumaça de incêndios florestais representa um risco significativo para a saúde pública e que as autoridades devem tomar medidas para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos durante os incêndios florestais e para proteger a saúde da população afetada (Rappold *et al.*, 2011).

Além disso, observa-se que as emissões de poluentes

durante os incêndios florestais tiveram um impacto significativo na qualidade do ar em áreas urbanas e suburbanas, muitas vezes, dispersando os poluentes a centenas de quilômetros de distância dos incêndios (Nguyen *et al.*, 2021).

Após análise de todos esses estudos, foi observada a escassez de informações sobre as consequências à saúde tanto do PM_{2,5}, quanto do PM₁₀ em relação a uma exposição de longo prazo, ou seja, os efeitos deletérios supracitados falam a favor apenas de cursos agudos que trazem prejuízos para a saúde humana. Ademais, não foram encontrados estudos dessa magnitude no Brasil, país em que na época da estiagem a ocorrência de queimadas e incêndios florestais é frequente. É interessante que sejam desenvolvidos mais estudos com outra perspectiva, na intenção de entender quais os malefícios de longo prazo e, também, em como deve ser a conduta dos profissionais de saúde ao atenderem esses pacientes nos departamentos de emergência, tentando evitar complicações crônicas após longo prazo de exposição à queima da biomassa por incêndios florestais. Além disso, os estudos abordam que os efeitos prejudiciais afetam mais as pessoas com comorbidades, ocasionando aumento da procura por serviços de saúde, internações e até mesmo levando a óbito.

Outro ponto mencionado na metodologia de alguns trabalhos supracitados se trata da dificuldade de mensurar, com exatidão, valores dos materiais particulados tanto do PM₁₀, quanto do PM_{2,5}. Nesse contexto, para mudar esse cenário, no sentido de aperfeiçoar as técnicas para dimensionar a concentração desses poluentes, seria importante considerar o tipo de software que possibilitaria uma estimativa mais confiável desses valores.

3 Conclusão

A exposição à queima de biomassa decorrente dos incêndios florestais provoca efeito prejudicial à saúde humana destacando, principalmente, a presença dos poluentes PM_{2,5} e o PM₁₀. Os impactos negativos indicam correlação direta entre a exposição aguda a altas concentrações desses materiais particulados e o aumento nas visitas aos departamentos de emergência, com uma incidência exacerbada de condições pré-existentes como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), insuficiência cardíaca congestiva (ICC), pneumonia e bronquite aguda, afetando diferentes faixas etárias.

Além disso, os estudos revelam que a população em condições socioeconômicas desfavoráveis é particularmente vulnerável aos efeitos adversos da exposição, destacando a importância da equidade na proteção da saúde pública. Houve também uma associação significativa entre a exposição aos poluentes dos incêndios florestais e um aumento na mortalidade por causas cardiovasculares e respiratórias, com ênfase em grupos específicos, como idosos e indivíduos com comorbidades.

No entanto, apesar dos efeitos agudos serem amplamente documentados, ainda há uma lacuna no entendimento dos impactos em longo prazo da exposição ao PM_{2,5} e ao PM₁₀

decorrentes de incêndios florestais acidentais ou não, e como isso afeta as pessoas e a qualidade de vida dessas. Ressalta-se a necessidade de pesquisas adicionais para investigar os efeitos crônicos na saúde. Ainda, foi observada a dificuldade em mensurar com precisão os níveis desses poluentes, indicando a importância do desenvolvimento de métodos sensíveis de avaliação para informar políticas de proteção ambiental e de saúde pública.

Referências

- AROMATARIS, E.; MUNN, Z. JBI Manual for Evidence Synthesis. [s.l.] JBI, 2020.
- BOWMAN, D.M.J.S, *et al.* Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean Fires. *Ambio.*, v.48, n.4, p.350-362, 2019. doi: 10.1007/s13280-018-1084-1
- CASEY, J.A. *et al.* Wildfire particulate matter in Shasta County, California and respiratory and circulatory disease-related emergency department visits and mortality, 2013-2018. *Environ. Epidemiol.*, v.5, n.1, p.124-128, 2020. doi: 10.1097/EE9.000000000000124.
- CHEN, G. *et al.* Mortality risk attributable to wildfire-related PM_{2.5} pollution: a global time series study in 749 locations. *Lancet Planetary Health*, v.5, n.9, p. 579-587, 2021. doi: 10.1016/S2542-5196(21)00200-X.
- FISK, W.J.; CHAN, W.R. Health benefits and costs of filtration interventions that reduce indoor exposure to PM 2.5 during wildfires. *Indoor Air*, v.27, n.1, p. 191-204, 2017. doi: 10.1111/ina.12285.
- GAO, Y. *et al.* Long-term impacts of non-occupational wildfire exposure on human health: A systematic review. *Environ Pollut.*, v.320, p.121041, 2023. doi: 10.1016/j.envpol.2023.121041.
- HUTCHINSON, J.A. *et al.* The San Diego 2007 wildfires and Medi-Cal emergency department presentations, inpatient hospitalizations, and outpatient visits: an observational study of smoke exposure periods and a bidirectional case-crossover analysis. *PLoS Med.*, v.15, n.7, p.e1002601, 2018. doi: 10.1371/journal.pmed.1002601.
- MAGZAMEN, S. *et al.* Differential cardiopulmonary health impacts of local and long-range transport of wildfire smoke. *Geohealth.*, v.5, n.3, p.1-18, 2021. doi: <https://doi.org/10.1029/2020GH000330>
- MORGAN, G. *et al.* Effects of bushfire smoke on daily mortality and hospital admissions in Sydney, Australia. *Epidemiol.*, v.21, n.1, p.47-55, 2010. doi: 10.1097/EDE.0b013e3181c15d5a.
- NEUMANN, J. *et al.* Estimating PM2.5-related premature mortality and morbidity associated with future wildfire emissions in the western US. *Environ. Res. Letters*, v.16, n.3, 2021. doi 10.1088/1748-9326/abe82b
- NGUYEN, H.D. *et al.* The Summer 2019-2020 Wildfires in East Coast Australia and Their Impacts on Air Quality and Health in New South Wales, Australia. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, v.18, n.7, p.3538, 2021. doi: 10.3390/ijerph18073538.
- PAGE, M.J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021. doi: 10.1136/bmj.n71.
- RAPPOLD, A.G. *et al.* Peat bog wildfire smoke exposure in rural North Carolina is associated with cardiopulmonary emergency department visits assessed through syndromic surveillance. *Environ Health Perspect.*, v.119, n.10. 2011. doi: 10.1289/ehp.1003206.

- RAPPOLD, A.G. *et al.* Forecast-based interventions can reduce the health and economic burden of wildfires. *Environ. Sci. Technol.*, v.48, n.18, p.10571-105779, 2014. doi: 10.1021/es5012725.
- RAPPOLD, A.G. *et al.* Cardio-respiratory outcomes associated with exposure to wildfire smoke are modified by measures of community health. *Bio Med. Central*, v.71, n.11, p.1-9, 2012. doi: 10.1186/1476-069X-11-71.
- RESNICK, A. *et al.* Health Outcomes Associated With Smoke Exposure in Albuquerque, New Mexico, During the 2011 Wallow Fire. *J. Public Health Manag. Practice*, v.21, n.2, p.55-61, 2015. doi: 10.1097/PHH.0000000000000160.
- ROSSIELLO, M.R.; SZEMA, A. Health effects of climate change-induced wildfires and heatwaves. *Cureus*, v.11, n.5, p. e4771, 2019. doi: 10.7759/cureus.4771
- SASTRY, N. Forest fires, air pollution, and mortality in Southeast Asia. *Demography*, v.39, n.1, p.1-23, 2002.
- YOUSSOUF, H. *et al.* Non-accidental health impacts of wildfire smoke. *Int. J. Environ. Res Public Health.*, v.11, n.11, p.11772-804, 2014. doi: 10.3390/ijerph11111772.