

# SAÚDE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA LEGAL: revisão sistemática sobre a exposição a poluentes da queima de biomassa.

## 1 INTRODUÇÃO

“[...] declare-se o Brasil em Estado de emergência ambiental”  
Marina Silva (2019)

Em 2024, foram registrados 140.346 focos de incêndio na Amazônia Legal. O Estado do Pará apresentou o maior número de focos (56.070) e manteve três municípios (São Félix do Xingu, Altamira e Novo Progresso) entre as três primeiras colocações no ranking do INPE (2025), gerado pela Plataforma BDQueimadas, que reporta a quantidade de focos de calor identificados por satélites. Em escala nacional, os territórios amazônicos ocuparam as primeiras posições em queimadas. Em paralelo a esses dados, cabe mencionar que algumas cidades amazônicas, como Porto Velho-RO, Sena Madureira e Rio Branco-AC, apresentaram os maiores índices de concentração de Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) entre as cidades ranqueadas no Relatório IQAir (2024), superando centros urbanos cujas atividades poluentes costumam ser massivas pela maior dinâmica industrial e de transportes.

Os Particulate Matter são partículas finas emitidas pela queima de biomassa, cuja classificação pode ser feita segundo o diâmetro em PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>. A Organização Mundial da Saúde (OMS) determina que, até 24 horas de exposição a poluentes, uma concentração máxima de 15 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> é um limite tolerável, que não causa danos à saúde humana. Todavia, no contexto de queimadas, a população amazônica sofre exposição aos poluentes em intervalos de longa duração (Galvão et al, 2018; Butt et al, 2021), o que amplia os riscos à saúde. Durante a estação seca, o crescimento dos focos de incêndio tende a apresentar associação com positiva com as taxas de desmatamento em locais onde a devastação é maior (Butt et al, 2021). Com a escalada em incêndios, a qualidade do ar diminui, posto que aumenta a concentração de poluentes nocivos, causando efeitos adversos sobre a saúde das populações próximas aos incêndios.

Combater as queimadas é uma necessidade premente, mas também se impõe ao lado da revisão dos atuais modelos de desenvolvimento que projetamos. A epígrafe com a declaração feita pela atual Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, se referia ao ano de 2019, um ano marcado por escaladas em queimadas florestais. A sentença continua atual e conclama à mudança de padrões de desenvolvimento e governança, voltando o olhar para a preservação e para reversão do quadro de devastação que enfrentamos. Minorar a emergência que se coloca depende da mitigação do desmatamento, pois os efeitos colaterais que são observados na saúde estão estreitamente ligados às mudanças climáticas e às atividades de devastação que não foram combatidas.

Neste trabalho, buscou-se analisar o que a literatura investiga acerca dos efeitos da exposição aos poluentes de biomassa na saúde, observando como as diferentes abordagens diferem em recorte temporal, geográfico, em tipos de doença e métodos. Também se identificou quais foram os autores que apresentaram maiores contribuições nessa temática, focando no número de publicações que consubstanciaram a amostra. Para equacionar a busca, foram utilizados os termos-chave *burning*, *fire*, *Amazon*, *health* e *disease* nas bases PubMed e Scielo. A revisão dos artigos coletados se deu a partir da lista de diretrizes PRISMA-ScR. Também foram analisadas as instituições e redes de pesquisa às quais os autores estavam vinculados, bem como as principais fontes de financiamento, para entender como os interesses no tema se ramificam nacional e internacionalmente, se já fazem parte de um corpo de produções consolidadas e se houve continuidade das pesquisas além das publicações identificadas.

## 2 DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

Em 2004, em uma tentativa de reverter as tendências de desmatamento e aprimorar as abordagens de combate, foi lançado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) (Brasil, 2023). Ao lado do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (PRODES), o PPCDAm foi corresponsável pela redução da taxa de desmatamento na Amazônia Legal desde o ano de sua implantação (2004) (Pinsky; Marcovitch, 2020), com os polígonos de área desmatada em blocos de 100 km<sup>2</sup> passando a representar 17% da área total do Arco do Desmatamento em 2012, o ano de maior redução para a série 2004-2022 (Brasil, 2023, p. 42). Um outro resultado positivo da implementação do Programa foi a redução da exposição da população a poluentes de biomassa, em 2004 e 2005 (Ignotti et al, 2010).

No entanto, o agronegócio e a pecuária ainda têm atuado de forma intensa na Amazônia Legal, causando mudanças no uso do solo e o aumento da queima de biomassa em áreas de pasto e floresta nativa (Sisenando et al, 2011). Os incêndios florestais associados a essas atividades concentram-se em áreas de desmatamento e são agravados por fatores climáticos, como a estação seca (Ribeiro et al, 2024; Butt et al, 2022). O ano de 2024 registrou 41.463 focos de queimadas na Amazônia Legal no mês de setembro (INPE, 2025). Butt et al (2021), contabilizaram um maior número de focos de incêndio em áreas de maior taxa de desmatamento. Butt et al (2021) estimam que o crescimento do desmatamento entre 2014 e 2019 tenha cooperado para o crescimento de incêndios e impactado a saúde pública.

O ano do fogo (2019) coincidiu com o final da quarta fase do PPCDAm, em que o desmonte das políticas ambientais, como a suspensão do Fundo Amazônia e do PPCDAm pelo Governo Federal, fez o desmatamento escalar de 7,5 mil km<sup>2</sup> para 11, 5 mil km<sup>2</sup> (Brasil, 2023; Pinsky; Marcovitch, 2020) e reduziu as ferramentas de combate ao desmatamento, vigilância e proteção. Portanto, pode-se inferir que parte das queimadas estão atreladas ao desmatamento, posto que 52% dos focos de incêndios situam-se em áreas de desmatamento recente (2017-2022) (Brasil, 2023).

### 2.1. Manejo e Riscos as Queimadas como Prática Ancestral

Na Amazônia Legal, a poluição do ar está associada às queimadas provenientes das atividades agrícolas, a principal atividade econômica desenvolvida na Região, especialmente no Arco do Desmatamento (Reddington et al, 2015; Rocha; Sant'anna, 2022). Morello et al (2019) constataram que a maior parte da incidência de incêndios ocorre em áreas de agricultura de pequeno porte, mas, no caso amazônico, práticas relacionadas à mineração também são vetores de aumento do desmatamento (Rocha; Sant'anna, 2022) e, portanto, associada a incêndios.

O fogo é utilizado como técnica de manejo do solo, a fim de preparar a terra para o plantio de lavouras e a contenção de plantas daninhas em áreas de pastagem (Motta et al, 2002; Chermont, 2020). Em caso de alastramento em uma área, o que caracteriza um incêndio ou queimada é a intencionalidade inicial. De acordo com Nepstad, Moreira e Alencar (1999), que desenvolveram estudos sobre as queimadas na agricultura da Amazônia brasileira, o fogo pode ser intencional ou acidental:

- i. Fogo intencional: refere-se à combustão gerada com uma finalidade econômica (agricultura) e localizada, o que se denomina queimada;
- ii. Fogo acidental: ocorre quando a queimada (fogo intencional) se propaga de forma descontrolada, ultrapassando os limites da área de realização da atividade-fim. São os incêndios florestais.

Apesar do risco potencial inerente ao uso agrícola, o emprego das queimadas como técnica acaba fazendo parte do cenário de reprodução da vida material entre os amazônidas. Para apresentar alternativas, cabe entender a racionalidade envolvida, um exercício que também

requer olhar para as necessidades de sobrevivência e integração com os recursos à disposição do agente econômico no meio rural que utiliza esse método ancestral (Myers, 2006; Chermont, 2020), pois a queima acidental do ambiente em que o agente reside não faz sentido econômico (Motta et al, 2002).

A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (Lei nº 14.944 de 07/2024), sancionada em um contexto de criticidade do ano de 2024, prevê o reconhecimento do uso da técnica de queimada como prática ancestral e propõe três formas de uso na agricultura: queima controlada, para uso em atividades agrossilvipastoris; queima prescrita, voltada à conservação, e o uso tradicional e adaptativo do fogo. O manejo integrado consiste em um modelo de abordagem técnica que considera a prevenção, o papel ecológico, as necessidades e as percepções culturais de quem pratica queimada na avaliação de risco das atividades que a apliquem (Myers, 2006). Além de apontar os riscos potenciais do uso irregular, a Lei nº 14.944/2024 reforça a conveniência de penalizações de acordo com Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Figura 1 – Triângulo do manejo do fogo



Myers (2006, p. 10)

Os eventos críticos de 2019, 2022 e o mais recente recorde de queimadas no ano de 2024 estimularam um desfecho normativo que já estava em curso. O modelo de manejo integrado e as técnicas agrossilvipastoris alinhadas com a Política Nacional de Manejo Integrado permitem conciliar o uso do fogo ou a sua substituição de forma gradativa respeitando as dimensões socioculturais associadas a essa técnica, mas não deixam de colocar a urgência de revisão do quanto essa prática pode ser danosa, principalmente em um contexto de mudanças climáticas em que a severidade da seca se prolonga por meses e os poluentes das queimadas se alastram por quilômetros.

### 3 MÉTODOS

A seleção dos artigos que compuseram a amostra deste estudo foi orientada pelo protocolo do Fluxograma Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR). O PRISMA-ScR foi desenvolvido com a intenção de padronizar diretrizes de revisão de escopo e possibilitar a replicação de etapas de pesquisa, podendo tangenciar extensão, alcance e natureza dos conhecimentos acerca de um determinado tópico (Tricco et al, 2018). Trata-se de um sistema de scoping review que se desenvolve em quatro etapas de análise (Corazza; Fracalanza, 2025). Para cada etapa, os trabalhos que apresentam maior alinhamento ao objetivo da pesquisa permanecem no quadro até a última etapa, enquanto os que não apresentam compatibilidade, são eliminados. Como operadores lógicos, utilizou-se cinco termos-chave, equacionados da seguinte forma:

**((burning OR fire) AND (Amazon) AND (Health OR disease))**

Foram coletados 83 resultados da base National Library of Medicine (PubMed) e 9 da Scientific Electronic Library Online – Brasil (SciELO), perfazendo uma amostra inicial de 92 títulos. Procedeu-se ao registro na tabela PRISMA e à primeira triagem, a partir da qual foi feita

a inclusão de todos os títulos para serem analisados na segunda etapa. A tabela contém colunas designadas pelas rubricas: ID (identificação ordinal do artigo na lista de resultados), Autor, Ano, título, critério de inclusão, critério de exclusão.

A triagem consiste na escolha pelos títulos, palavras-chave e leitura do resumo dos artigos. Nessa etapa, 32 títulos da base PubMed e todos os 9 títulos da Scielo continuaram no Fluxograma, ao passo que 51 foram preteridos por não atenderem aos seguintes critérios: apresentar enfoque geográfico na Amazônia Legal (1); abordar queimadas (2) e efeitos sobre a saúde (3). Por fim, 23 artigos passaram para a Etapa 4, de inclusão, e compuseram a amostra de artigos, os quais se referem às queimadas e seus efeitos sobre a saúde, abrangendo tanto doenças respiratórias quanto complicações de outra ordem, analisadas sob a perspectiva regional do bioma amazônico ou de forma associada com outros biomas adjacentes (Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As pesquisas que abordam saúde e queimadas buscam traçar relações entre a poluição derivada da queima de material de biomassa e seus efeitos sobre a saúde respiratória. As publicações que tratam desse assunto são consideradas escassas entre os estudos já realizados (Jacobson et al, 2014; Machin et al, 2019) e a produção existente foca em analisar condições respiratórias. Todavia, há estudos que exploram o potencial deletério dos poluentes sobre outras áreas da saúde humana. São estudos que representam uma parte menos expressiva desse conjunto, mas que apontam para outros riscos que merecem ser investigados, pois despertam a atenção para correlações ainda incógnitas e podem auxiliar em estratégias de atenuação.

Embora os artigos difiram entre si pelos métodos, apresentam verossimilhanças em seus enfoques. Entre os que foram selecionados nesta pesquisa, 3 são revisão de literatura, enquanto outros desenvolvem múltiplas abordagens, baseadas em procedimentos que abrangem desde a análise de séries a classificações e formulação de indicadores. Esse quadro pode refletir uma predominância de abordagens quantitativas, que se justificam pela necessidade de acompanhar vestígios amostrais das consequências observadas pelo aumento dos incêndios florestais.

Os estudos de revisão de literatura corroboram a percepção de que há poucos estudos que associam o evento queimadas à poluição e à saúde (Ribeiro et al, 2024; Marlier; Bonilla; Mickley, 2020; Carmo; Hacon, 2013). Enquanto os estudos de revisão propõem a ampliação das pesquisas, os trabalhos de abordagem quantitativa partem dessa premissa para complementar o rol de análises nesse sentido, as quais podem, progressivamente, compor um cenário de estimativas e padrões de sistematização dos conhecimentos na área.

Há uma concentração de interesse em analisar o trinômio queimadas-PM2.5-doença respiratória, especialmente relacionando materiais particulados com as doenças listadas no capítulo X do CID-10. Essa mesma relação já foi abordada sob diferentes métodos, mas poucos consideraram a preexistência de comorbidades paralelas nas amostras analisadas. No entanto, Castro, Gonçalves e Hacon (2009) levantam essa possibilidade em seu estudo e acentuam não só a necessidade de ampliação de políticas públicas, como também propõem medidas e protocolos detalhados de intervenção pública. A pesquisa de Urrutia-Pereira et al (2021), por seu turno, também representa uma exceção, pois destaca a necessidade de se estudar a Pandemia como contexto de agravamento da saúde respiratória em situações de crise ao lado da incidência de queimadas, destacando a necessidade de ajustamento das políticas de atendimento em contextos atípicos.

Dentro da amostra de trabalhos, é possível traçar pontos comuns entre os elementos mais recorrentes e diferenças entre outros estudos.

Os métodos se diversificam conforme o escopo da pesquisa, a proposta de análise e o tipo de relação a ser investigada. Alguns estudos que se dedicaram à compreensão dos efeitos sobre a saúde bucal, oncológica e o peso de recém-nascidos, por exemplo, definiram rotas metodológicas distintas.

#### **4.1 Informação para Políticas Públicas**

A elaboração de políticas públicas pode utilizar a pesquisa acadêmica como insumo de informação, desenvolvimento de metas e indicadores de desempenho em qualidade do ar e saúde (Machin et al, 2019; Gonçalves et al, 2014). Nesse sentido, os resultados que vêm sendo publicados constituem recursos para desenvolver ferramentas de combate ao desmatamento, aprimoramento dos mecanismos legais de prevenção às queimadas e ao tratamento especializado dos efeitos da poluição sobre a saúde pública.

Diante das possíveis interrelações entre a estação seca, a ação antropogênica e a hospitalização por doenças do capítulo 10 do CID-10, Ribeiro et al (2024) conjecturam que possíveis intervenções poderiam ser feitas através de monitoramento, uso sustentável do solo, fortalecimento de políticas públicas de combate ao fogo e atendimento às populações afetadas.

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade do ar figura como ferramenta essencial entre as proposições para a formulação de políticas de prevenção (Urrutia-Pereira et al, 2024; Butt et al, 2021; Cobelo et al, 2023; Andrade et al, 2017; Mascarenhas et al, 2008; Ignotti et al, 2007). A importância do monitoramento enseja a criação de alternativas em locais que não contam com estações de monitoramento, como os bioindicadores, cuja eficiência foi testada por Sisenando et al (2011) e Sisenando et al (2012). Machin et al (2017) apresentou um modelo matemático (CCATT-BRAMS) para estimar a concentração de poluentes atmosféricos em locais que não dispõem de estruturas que possibilitem essa medição. Independentemente do método de monitoramento, é oportuno considerar a atuação conjunta entre os órgãos ou as secretarias de saúde e de gestão ambiental, para o aprimoramento de dados e de atendimentos (Mascarenhas et al, 2008; Andrade et al, 2017).

Desenvolver ações de combate ao desmatamento e diminuição do uso do fogo também complementa a coletânea de propostas de prevenção, o que pode ser resumido em um tripé que associa: uso sustentável do solo, conservação ambiental e redução do uso do fogo. Castro, Gonçalves e Hacon (2009) sugerem a avaliação de impactos das queimadas na Amazônia Legal como contribuição para a formulação de medidas pelos atores governamentais, que podem partir da percepção da emergência dos casos para a promoção de ações integradas desde a governança ambiental direcionada à redução do uso do fogo ou à queima controlada (Smith et al, 2014; Ribeiro et al, 2024; Butt et al, 2022), a medidas que promovem a conservação e o uso sustentável do solo (Nawaz; Henze, 2020; Ribeiro et al, 2024).

Há estudos que explicitam a pretensão de gerar subsídio para a formulação de medidas através das informações geradas, a exemplo do estudo realizado por Urrutia-Pereira et al (2021), que enfatizam a importância de se divulgar um script de procedimentos de prevenção não só contra a exposição prolongada aos poluentes de queimadas, mas também de atendimento emergencial aos casos correntes.

As Políticas Públicas fazem parte de um ramo da Ciência Política e, levadas a termo, são desenvolvidas em etapas que começam com a formulação, análise, implementação e são sucedidas por avaliação e fiscalização (Souza, 2006). Segundo as abordagens da Ciência da Informação enquanto veículo de transferência de conhecimento, os dados e as ferramentas geradas a partir do método científico podem auxiliar no entendimento e solução de problemas no setor público, pois a Informação tem uma função social (Souza, 20026; Santos; Cardoso Filho, 2011).

A avaliação dos impactos da queima de biomassa na Amazônia legal e da exposição aos poluentes também permite estimar os custos dispendidos pelo sistema de saúde público. O aumento na internação pode representar um aumento expressivo nos custos para o SUS (Ignotti et al, 2010; Machin et al, 2019). Estima-se que, em 2012, o aumento em hospitalizações significou um acréscimo em custos da ordem de R\$ 188.000,00 (R\$ 96.000,00) (Machin et al, 2019). As estimativas geradas pelos estudos podem não servir como parâmetro único para

análises futuras, pois se referem a períodos específicos (2004-2005 e 20112), mas podem demarcar possibilidades metodológicas.

Todos os estudos constituem uma contribuição para a compreensão dos riscos e dos efeitos das queimadas e da exposição aos poluentes resultantes e, portanto, fornecem subsídios para medidas públicas. O monitoramento da qualidade do ar em conjunto com a vigilância em saúde podem ser ferramentas básicas essenciais nos locais mais propensos à ocorrência de queimadas, como locais em que se observa o avanço do desmatamento por atividade agropecuária ou que envolvem a queima para uso agrícola de pequeno porte. Por isso, a associação com medidas de controle precisa ser fortalecida por uma prevenção maior e preliminar, através do desenvolvimento de estratégias de uso sustentável do solo e a conservação ambiental. Essas medidas são menos mencionadas, embora sejam indispensáveis dadas as condicionantes que facilitam as queimadas e os problemas derivados da poluição gerada. A conscientização por meio de campanhas de comunicação preventiva também pode ser uma forma de atenuação, como mencionam Urrutia-Pereira et al (2021).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.**

Os estudos focalizam doenças respiratórias e a sua relação com a classe PM2.5. Os resultados corroboram que existe uma maior vulnerabilidade aos poluentes entre crianças e idosos (Ribeiro et al, 2024; Ignotti et al, 2010; Smith et al, 2014; Machin et al, 2019), principalmente em se tratando de doenças respiratórias listadas no capítulo X do CID-10. No entanto, é oportuno avaliar a existência de condições de saúde paralelas que aumentam essa vulnerabilidade, como o fizeram Castro, Gonçalves e Hacon (2009). Outrossim, o enfoque em doenças respiratórias complementa e aprofunda os estudos na área, mas o quadro de pesquisa nesse tema tem um horizonte de efeitos a ser explorado. Apesar de se apontar a escassez de pesquisas no tema queimadas-saúde respiratória (Ribeiro et al, 2024; Jacobson, 2014; Machin et al, 2019), são mais perceptíveis as incógnitas sobre outros efeitos.

Quanto aos desdobramentos metodológicos, observou-se que a utilização do protocolo PRISMA-ScR configurou uma ferramenta eficiente como estratégia de coleta e organização de informações de forma padronizada, permitindo a seleção precisa de artigos relacionados ao tema de estudo e a sintetização de resultados

As relações entre Queimadas, Poluição e Saúde na Amazônia Legal puderam apresentar matizes pouco explorados da questão. A ocorrência de efeitos que não são aparentes de imediato não são matéria de pesquisa com frequência. A ocorrência de micronúcleos em células epiteliais bucais, baixo peso em recém-nascidos e câncer conformam um subconjunto de efeitos mais específicos que apontam para um novo horizonte de pesquisas e intervenções. Portanto, entender a multitudine de relações e as formas de impacto em cada bioma pode proporcionar um maior substrato de informações e potencializar o aprimoramento de estudos e a intermediação de atores governamentais. Também estimulam pesquisas sobre efeitos que vão além das questões já notificadas, das estratégias de prevenção e de assistência à saúde.

## **5 REFERÊNCIAS.**

BUTT, Edward W.; CONIBEAR, Luke; SMITH, Callum; BAKER, Jessica C. A.; RIGBY, Richard; KNOTE, Christoph; SPRACKLEN, Dominick V.. Achieving Brazil's Deforestation Target Will Reduce Fire and Deliver Air Quality and Public Health Benefits. *Earth'S Future*, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 1-15, dez. 2022. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2022ef003048>.

CORAZZA, Rosana Icassatti; FRACALANZA, Paulo Sérgio. Guia Metodológico para Scoping Review (ScR). Universidade Estadual de Campinas – Unicamp: Instituto de Economia da Unicamp, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-25, 29 abr. 2025. Material foi elaborado no âmbito dos Projetos da Chamada Universal CNPq/MCTI 10/2023.