

Impactos socioambientais e na saúde provocados por enchentes e ondas de calor no Brasil: uma revisão de escopo

Socio-environmental and health impacts caused by flooding and heat waves in Brazil: A scoping review

Romário Correia dos Santos¹, Mariana Olivia Santana dos Santos¹, Idê Gomes Dantas Gurgel¹, Garibaldi Dantas Gurgel Junior¹, Everton Nunes da Silva¹, Ismael Henrique da Silveira², Aline do Monte Gurgel¹

DOI: 10.1590/2358-28982026E210592P

RESUMO Objetivou-se sistematizar as evidências científicas sobre os impactos socioambientais e na saúde provocados por enchentes e ondas de calor no Brasil. Trata-se de uma revisão de escopo realizada nas bases Medline, SciELO, Lilacs, Embase e Scopus. A busca foi conduzida por pares de forma independente, com recorte histórico de 1992 a 2023. Foram identificados 2.950 artigos, que resultaram em um corpus final de 53 estudos analisados tematicamente. Os resultados apresentam 37 estudos abordando enchentes e 16 sobre ondas de calor, com relatos para todas as regiões do Brasil. Apontam-se efeitos negativos na organização dos territórios, nas condições de vida e no processo de adoecimento e morte, seja para doenças infectocontagiosas, crônicas ou outros agravos; prejuízos na economia, estrutura e oferta de serviços; além de danos ao ambiente, como queimadas, deslizamentos de terra, assoreamento de rios e perda da vegetação. Os impactos variam segundo classe social, gênero, faixa etária e um padrão de exposição mais caracterizado pelos estudos para as enchentes do que para as ondas de calor. Conclui-se que as enchentes e as ondas de calor têm agravado as iniquidades no Brasil a partir de impactos negativos na economia, na sociedade, na agricultura, no ambiente e na saúde.

PALAVRAS-CHAVE Desigualdades de saúde. Mudança climática. Sistemas de saúde. Inundações. Calor extremo.

ABSTRACT *The aim of this article is to systematise the scientific evidence on the socio-environmental and health impacts caused by floods and heatwaves in Brazil. This is a scoping review conducted using the Medline, SciELO, Lilacs, Embase, and Scopus databases. The search was independently carried out in pairs, covering the period from 1992 to 2023. A total of 2,950 articles were identified, resulting in a final corpus of 53 studies, which were analysed thematically. The findings include 37 studies on floods and 16 on heatwaves, with reports from all regions of Brazil. The results indicate negative effects on territorial organisation, living conditions, and the process of illness and death, whether due to infectious diseases, chronic conditions, or other health issues, as well as economic losses, structural damage, and disruptions in service provision. Environmental damage such as wildfires, landslides, river siltation, and vegetation loss are also highlighted. The impacts vary according to social class, gender, and age group, with a more clearly defined pattern of exposure found in studies on floods than on heatwaves. It is concluded that floods and heatwaves have exacerbated inequalities in Brazil through negative impacts on the economy, society, agriculture, the environment, and health.*

KEYWORDS Health inequities. Climate change. Health systems. Floods. Extreme heat.

¹Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz Pernambuco), Instituto Aggeu Magalhães (IAM), Laboratório de Saúde, Ambiente e Trabalho (Lasat) - Recife (PE), Brasil.
romario.correia@outlook.com

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Instituto de Saúde Coletiva (ISC) - Salvador (BA), Brasil.

Introdução

O mundo tem sofrido profundas transformações sociais, econômicas, políticas e ambientais desde a primeira revolução industrial no século XVIII, sobretudo aquelas associadas à produção e ao uso de energias não renováveis. Ao longo do tempo, instaura-se, de forma crescente, um modelo de desenvolvimento global caracterizado pela exploração do ambiente, dependente de matrizes energéticas centradas no uso de combustíveis fósseis, com alta emissão de gases atmosféricos, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, que são grandes contribuidores do aquecimento global¹.

Os resultados desse modelo de desenvolvimento têm convergido para desequilíbrios em escala planetária, com efeitos que culminam em mudanças climáticas, uma relação amplamente reconhecida pelos principais organismos multilaterais do mundo². Países de baixa e média renda são mais suscetíveis aos impactos negativos decorrentes das mudanças climáticas, podendo reduzir em até 8% o seu Produto Interno Bruto (PIB), gerando prejuízos globais estimados em até US\$ 50 trilhões^{3,4}.

Eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, chuvas intensas e ondas de calor, têm gerado crescente preocupação mundial devido às suas consequências ambientais e para as coletividades humanas⁵. A extensão dos seus efeitos incide sobre todos os ecossistemas, produzindo diminuição da biodiversidade, escassez de alimentos e de água potável, perdas econômicas e de vidas, bem como aumento da incidência de inúmeros problemas de saúde, como desnutrição, doenças infecciosas, doenças crônicas, transtornos mentais e conflitos ambientais⁵⁻⁷. Nesse contexto, injustiças ambientais tendem a ser intensificadas, reproduzindo desigualdades baseadas em raça e etnicidade, gênero e classe, que afetam desproporcionalmente comunidades tradicionais, como indígenas, quilombolas, sertanejas e pescadoras^{8,9}.

O Brasil tem enfrentado, nos últimos anos, eventos climáticos com consequências

catastróficas para as populações, tendo como exemplo as enchentes enfrentadas pelos estados do Rio Grande do Sul¹⁰, de Pernambuco¹¹ e do Rio de Janeiro¹², ou as ondas de calor em Minas Gerais, Brasília e Mato Grosso¹³. Esses eventos têm pressionado o Sistema Único de Saúde (SUS) e a produção científica no País, diante da necessidade de gerar evidências que subsidiem a formulação de políticas, programas e ações para o controle e a mitigação dos impactos desses eventos extremos.

Na literatura, não há pesquisas que sintetizem os múltiplos impactos das enchentes e ondas de calor nas dimensões sociais, sanitárias e ambientais ocorridas no Brasil, constituindo-se, ainda, um hiato importante para a política, o planejamento e a gestão da saúde. Isso dificulta a organização dos serviços e processos de trabalho pela não compreensão global desses fenômenos, de seus reflexos e suas particularidades no País, reduzindo a capacidade de resposta à emergência e a posterior recuperação¹⁴. Assim, o objetivo desta revisão é sistematizar as evidências científicas sobre os impactos socioambientais e na saúde provocados por enchentes e ondas de calor no Brasil.

Material e métodos

Tipo de estudo

Trata-se de uma revisão de escopo realizada segundo os princípios e as diretrizes do Joanna Briggs Institute (JBI)¹⁵, além das orientações adaptadas do *checklist* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – Extension for Scoping Reviews (Prisma-ScR)¹⁶. Esse tipo de revisão é estratégico na produção científica ao possibilitar o mapeamento de conceitos, teorias e sintetizar evidências de uma determinada área do conhecimento¹⁵. O protocolo desta revisão está cadastrado no repositório científico Open Science Framework (OSF)¹⁷.

Questão de pesquisa

A formulação da pergunta de pesquisa baseou-se na estratégia PCC (População, Conceito e Contexto), sendo P a população brasileira e ecossistemas, C os impactos socioambientais e na saúde, e C as enchentes e ondas de calor. A pergunta de pesquisa foi sintetizada da seguinte forma: quais são os impactos socioambientais e na saúde provocados por enchentes e ondas de calor no Brasil, considerando a população e os ecossistemas?

Critério de elegibilidade

Foram incluídos estudos que: i) abordem enchentes ou ondas de calor no Brasil; ii) escritos em português, inglês ou espanhol; e iii) publicados entre 1992 e 2023.

O recorte histórico a partir de 1992 justifica-se pela realização, no Brasil, da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), reconhecida como um marco importante na governança global relacionada às questões ambientais. Foi a partir dessa conferência que formuladores de políticas, gestores, movimentos sociais e pesquisadores se engajaram mais intensamente em torno dessas questões na perspectiva do desenvolvimento sustentável e com justiça climática¹⁸.

As exclusões dos estudos se deram a partir dos seguintes critérios: i) duplicidade; ii) literatura cinzenta; iii) documentos expedidos por órgãos da administração pública; iv) teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso; v) revisões de literatura, cartas aos editores e anais de congressos; vi) artigos que tratem de inundações ou ondas de calor no Brasil como fenômenos de ocorrência comum nos territórios em que ocorrem, e não associados a desastres; e vii) artigos que, embora mencionem enchentes ou ondas de calor no Brasil, não respondem à pergunta norteadora.

Fontes de informação e estratégia de busca

Os estudos foram selecionados nas seguintes bases de dados e bibliotecas virtuais: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline); Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs); Scientific Electronic Library Online (SciELO); Excerpta Medica Database (Embase) e Scopus. A estratégia de busca foi criada a partir da combinação de descritores controlados sobre o tema (ondas de calor, enchentes, Brasil), utilizando operadores booleanos OR e AND, conforme detalhado no *quadro 1*.

Quadro 1. Estratégias de busca por base de dados e biblioteca virtual

Base ou biblioteca	
virtual	Chave de busca
Medline	((Flood*[Title/Abstract]) OR ("Catastrophic Flooding"[Title/Abstract])) OR ((Heatwave*[Title/Abstract]) OR ("Heat wave"[Title/Abstract])) AND ((Brazil[Title/Abstract]) OR (Brazilian[Title/Abstract]))
SciELO	(ti:(alagamento* OR inundação* OR enchente* OR inundación OR "onda de calor*" OR flood* OR "catastrophic flooding*" OR "ola de calor*" OR heatwave* OR "heat wave*")) AND (Brasil OR Brazil OR Brazilian))
Lilacs	(alagamento OR alagamentos OR inundação OR inundações OR enchente OR enchentes OR inundación OR inundaciones OR "onda de calor" OR "ondas de calor" OR flood OR floods OR "catastrophic flooding" OR "catastrophic floods" OR "ola de calor" OR sofocos OR heatwave OR heatwaves OR "heat wave" OR "heat waves") AND (brasil OR brazil OR brazilian) AND db:("LILACS") AND (year_cluster:[1992 TO 2023]) AND instance:"lilacsplus"
Embase	('flood*:ti,ab,kw OR 'catastrophic flooding*:ti,ab,kw OR 'heatwave*:ti,ab,kw OR 'heat wave*:ti,ab,kw) AND ('brazil':ti,ab,kw OR 'brazilian':ti,ab,kw) AND [1992-2023]/py

Quadro 1. Estratégias de busca por base de dados e biblioteca virtual

Base ou biblioteca virtual	
virtual	Chave de busca
Scopus	TITLE (flood* OR "Catastrophic Flooding*" OR heatwave* OR "Heat wave*") AND TITLE (brazil OR brazilian) AND PUBYEAR > 1991 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Portuguese") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))

Fonte: elaboração própria.

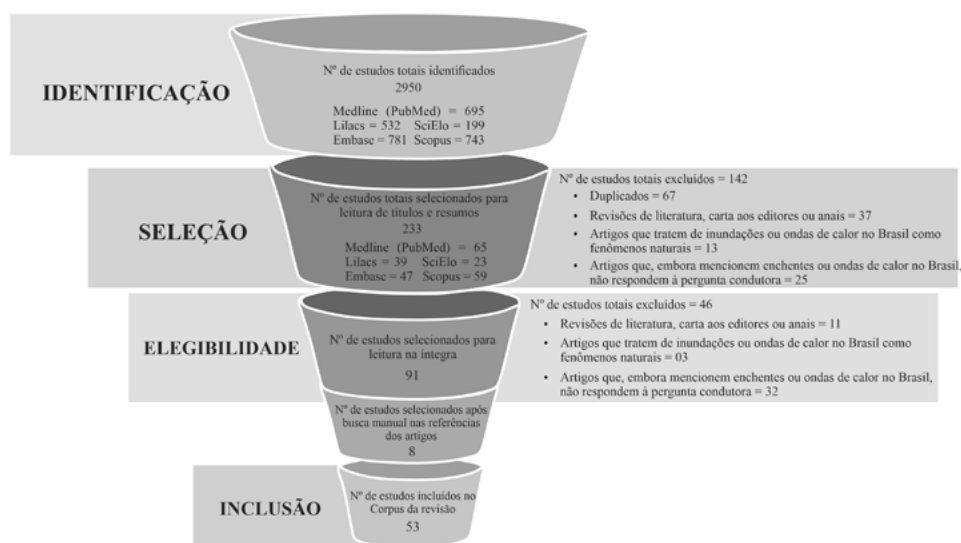
Optou-se por uma estratégia de busca ampla, para capturar o máximo de estudos relacionados ao tema da pesquisa, considerando a necessidade de mapear os estudos de forma abrangente, mas refinando os resultados com base nos critérios de elegibilidade.

Processo de seleção dos estudos

As buscas foram realizadas de 20 a 30 de setembro de 2024 por dois pesquisadores independentes, em duplo-cego (R.C. e A.M.), conforme os critérios de elegibilidade estabelecidos. Os eventuais dissensos foram resolvidos por uma terceira pesquisadora (M.O.), especialista na temática.

Na primeira fase, os estudos foram identificados nas bases de dados por meio da chave de busca. Na segunda fase, a elegibilidade foi avaliada mediante a leitura dos títulos e resumos. Os estudos que permaneceram elegíveis foram encaminhados para a terceira etapa, na qual os textos completos foram lidos, e suas referências também foram verificadas para a inclusão de novos estudos não capturados pela estratégia inicial. Nessa fase, os estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram considerados para composição do *corpus* final da revisão (*figura 1*).

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: elaboração própria, adaptada do PRISMA-ScR¹⁶.

Processo de extração de dados dos estudos selecionados

Os dados dos estudos selecionados foram coletados por meio de um formulário padrão no Excel®, pelos mesmos revisores da fase anterior, de forma independente (R.C. e A.M.), com posterior validação das informações pela terceira pesquisadora (M.O.). As variáveis coletadas foram: autor e ano do estudo; tipo de evento estudado (enchentes ou ondas de calor); tipo do estudo; local do estudo; impactos sociais, ambientais ou na saúde decorrentes do evento; exposição; vulnerabilidade; descrição de ações ou práticas que favoreçam a construção de resiliência social e em saúde; sugestão para futuras pesquisas e limitações do estudo.

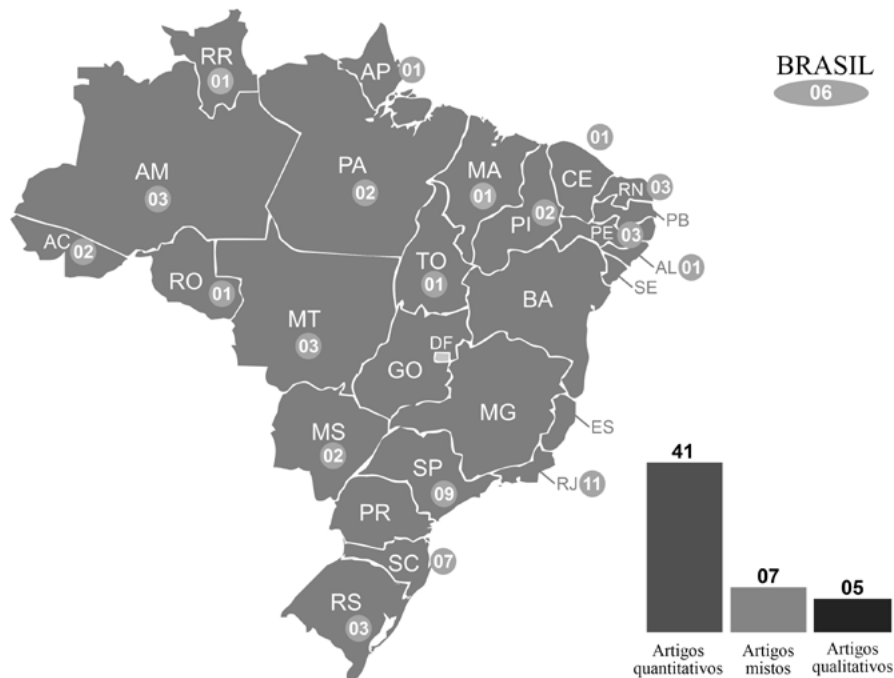
Síntese dos dados

Os dados extraídos do *corpus* foram organizados e analisados segundo categorizações temáticas, utilizando a quantificação descritiva das informações coletadas e a síntese qualitativa dos estudos¹⁹. Para os valores econômicos apontados como prejuízos dos eventos, ajustamos os valores a preços de fevereiro de 2025 por meio do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

Resultados

Foram analisados 53 estudos que abordam os impactos socioambientais e na saúde provocados por enchentes (37) e ondas de calor (16) em todas as regiões do Brasil, sendo a maioria baseada em métodos quantitativos (41) (figura 2).

Figura 2. Distribuição dos estudos que abordam os impactos socioambientais e na saúde das enchentes e ondas de calor no Brasil, por unidade da federação*



Fonte: elaboração própria.

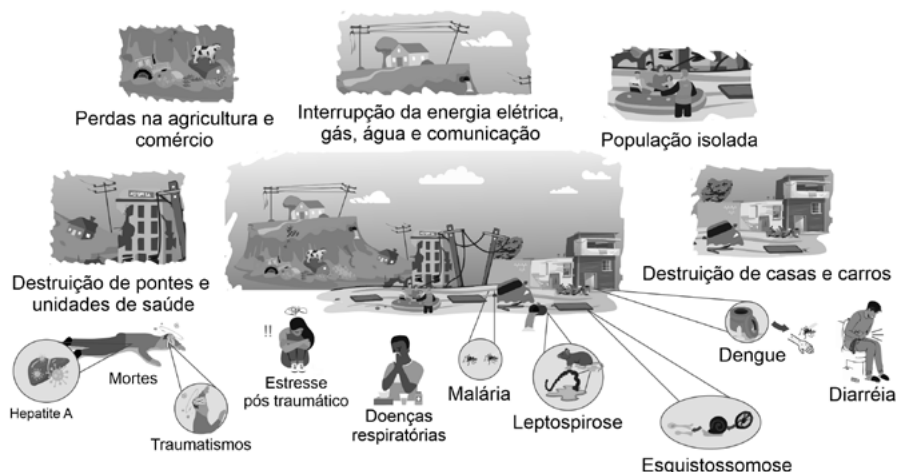
*Um artigo pode abordar mais de um estado em suas análises.

Enchentes no Brasil: impactos, exposições, vulnerabilidade e resiliência do sistema de saúde

A literatura aborda um conjunto de impactos sociais relacionados às enchentes que incidem diretamente na organização da vida nos territórios atingidos (*figura 3*). Os estudos mencionam a capacidade de destruição desse

evento sobre habitações²⁰⁻³³; prédios comerciais^{29,34-37}; unidades de saúde^{21,35}; hospitais²⁰; escolas^{33,35}; carros^{25,32}; pontes^{20,36,38}; estradas e rodovias^{20,22,27,31-33,36,37}; além de ocasionarem a interrupção nos serviços de transporte público³⁹ e no fornecimento de energia elétrica, gás, água e comunicação^{20,27,30,32,38-40}, tudo isso ocasionando também deslocamentos massivos das populações atingidas²¹ (*figura 3*).

Figura 3. Impactos socioambientais e na saúde decorrentes das enchentes no Brasil



Fonte: elaboração própria.

As enchentes relatadas nos estudos atingiram um quantitativo populacional que variou de 32 mil pessoas em Santa Catarina em 2008²⁷; 800 mil no Rio de Janeiro em 2011⁴⁰; a 119 mil em Pernambuco em 2022⁴¹. As perdas econômicas no País foram estimadas em R\$ 97 milhões (R\$ 248 milhões, corrigidos pela inflação) em São Paulo em 2008³⁴; R\$ 253 milhões (R\$ 550 milhões, corrigidos pela inflação) em 2011 no Rio de Janeiro³⁸; e R\$ 780 milhões (R\$ 1,3 bilhão, corrigido pela inflação) no Acre em 2015³⁷. Quando estimados nacionalmente, os prejuízos ultrapassaram R\$ 331 bilhões (R\$ 605 bilhões, corrigidos pela inflação) entre 2010 e 2014³⁵. Danos financeiros ao sistema de saúde relacionados ao tratamento de doenças influenciadas pelas

enchentes foram estimados em R\$ 700 mil (R\$ 1,5 milhão, corrigido pela inflação) para o tratamento dos casos de dengue³⁰; e em R\$ 160 mil (R\$ 350 mil, corrigidos pela inflação) para os de leptospirose³⁹, ambos os eventos ocorridos em 2011. Impactos na microeconomia também foram estimados, como a diminuição de 16% nos valores dos imóveis expostos às enchentes⁴², assim como no nível macro, com a diminuição do PIB dos estados, como Santa Catarina em 2008³³, que perdeu 7,8% dos seus rendimentos²⁷ (*figura 3*).

Os impactos ambientais se concentraram nos efeitos de deslizamentos de terra^{20,22,38-40,43}; com destruição da vegetação nativa²¹, áreas agrícolas^{29,37,42}; morte de árvores nativas não adaptadas a períodos de alagamento²⁹;

capacidade de gerar um enorme contingente de resíduos sólidos^{22,37}; alteração dos cursos dos rios ocasionada por assoreamento e erosão^{21,22}; e rompimento de barragens⁴¹ (figura 3).

Na saúde, os impactos identificados incluíram elevação da incidência de casos de diarreia^{24,32,44}; leptospirose^{21,24,39,45-52}; doenças de pele²⁴; esquistossomose⁵³; dengue^{30,32}; hepatite A⁵⁴; malária⁵⁵; lesões traumáticas, como fraturas múltiplas, esmagamento, amputação, perfuração de tecidos moles, inalação de poeira³⁸; distúrbios ou sofrimento mental^{21,37,56}; e doenças respiratórias^{32,37} (figura 3).

Mortes em decorrência das enchentes também foram mencionadas^{20,24,27,28,38,40,41,43}, tendo sido reportados 135 óbitos em Santa Catarina em 2008²⁷; 1.300 no Rio de Janeiro em 2011⁴⁰; 100 em Recife em 2022²⁰; e 4.389 em todo o Brasil ocorridas entre 2013 e 2016²⁴ (figura 3).

Os estudos sinalizam aspectos temporais importantes a serem considerados na identificação dos impactos das enchentes. Por exemplo, pode não haver uma relação instantânea de enchentes e desfechos em saúde, sendo necessário um tempo para o aumento da incidência de determinados agravos. Evidências indicam um período de até 3 meses para casos de hepatite A⁵⁴; de 1 ano para o aumento da procura de atendimento em saúde mental após o evento⁵⁶; de 1 a 4 meses para malária⁵⁵; de 3 meses para a busca inicial de reabilitação fisioterápica em decorrência de lesões traumáticas³⁸; e de até 12 meses para óbitos decorrentes de complicações de agravos sofridos ou doenças desenvolvidas durante o evento²⁴ (figura 3).

Os impactos aqui identificados concentram-se em áreas rurais, periféricas, morros e margens de rios^{21-23,31,32,41,51,52}; regiões de menores altitudes⁴⁷; com pouca infraestrutura de saneamento e drenagem como bueiro, esgoto, vala, canal, com deposição e acúmulo de lixo^{26,32,46,48,51}; locais com habitações de madeira^{32,48}; e onde a mobilidade se dá por dentro das áreas alagadas⁵³.

As populações mais impactadas foram as pessoas de baixa condição econômica^{20,25,26,28,32,46,51,53}, com menores níveis educacionais²⁶; pessoas idosas^{32,48}, crianças³² e mulheres³⁰. Essas características foram relevantes para a suscetibilidade aos impactos sociais e em saúde que precisam ser mais bem compreendidas para formulação de políticas e organização dos serviços e ações de saúde, tanto nas etapas de preparação quanto de resposta a esses eventos.

As ações ou práticas sociais e em saúde para a mitigação dos impactos nos territórios afetados pelas enchentes descritas incluíram: instituição de um planejamento de uso do solo, regulação da construção civil, financiamento para a construção de diques, represas, alargamento e aprofundamento de canais²³; adoção de equipe de saúde multiprofissional, com terapeuta ocupacional e fisioterapeuta na Atenção Primária à Saúde (APS)³⁸; repasses financeiros para moradores desabrigados alugarem novas habitações^{25,37}; doação de colchões, lençóis, vestimenta e alimentos de forma imediata^{26,28,31}; reutilização dos detritos dos escombros para a reconstrução ecológica de casas²²; construção de abrigos temporários^{31,37}; aumento da vigilância policial³⁷; uso de bombas hidráulicas para drenagem das águas acumuladas³¹; políticas de construção de habitações seguras em áreas distantes de zonas de risco²¹.

Outras lições para a construção de uma resposta efetiva, oportuna e qualificada ao contexto das enchentes foram destacadas. Dentre elas, a necessidade de treinamento das equipes de resgate e de saúde; a implementação instantânea de respostas aos impactos dos eventos climáticos; a centralização dos corpos das vítimas em um espaço único para uma ágil identificação e liberação⁴⁰; a manutenção e expansão dos sistemas de monitoramento dos impactos, com enfoque nas áreas de risco densamente povoadas; o incentivo a pesquisas sobre enchentes e seus impactos; as estratégias de comunicação entre a população e os governos locais⁴¹; a promoção de educação

comunitária sobre desastres; o financiamento robusto e sustentável para o desenvolvimento de serviços climáticos; e a produção de planos de contingência de forma intersetorial²⁰.

No geral, os estudos apontam uma definição polissêmica do termo enchentes, como qualquer evento hidrológico que ocasiona transbordamento ou escoamento de cursos d'água, ambos com poder destrutivo, convergindo, assim, os fenômenos de inundações, enxurradas e alagamentos. Configuram-se de forma destoante dos métodos oficiais de classificação do governo federal, que apresentam especificações para cada tipo de evento e são utilizados pela Defesa Civil do País⁵⁷, assemelhando-se mais aos conceitos de dicionários como Houaiss⁵⁸, no qual os termos são tidos como sinônimos.

Sugestões de futuras pesquisas e limitações apontadas pelos estudos sobre enchentes no Brasil

Os estudos sugerem que novas pesquisas sejam realizadas em três perspectivas. A primeira diz respeito a um maior aprofundamento teórico e analítico que dialogue com as ciências sociais e humanas na saúde⁴¹, permitindo melhor compreensão dos impactos econômicos^{30,33,52}, sociais³⁹ e demográficos⁵² que apresentam alta capacidade de aprofundar as iniquidades sociais, sendo urgente identificar as populações mais vulneráveis⁵⁶. A segunda se refere à inclusão das características ambientais nos estudos, uma vez que as enchentes podem alterar a epidemiologia das doenças, notadamente as infectocontagiosas, devido a alterações ambientais do território^{30,33}, o que pode influenciar a sobrevivência de espécies da fauna e da flora não adaptadas ao contexto de enchente²⁹. A terceira concerne a estudos que investiguem a organização do sistema de saúde para o acesso aos cuidados de atenção em saúde mental para as populações expostas^{33,56}, considerando aqueles que têm acesso exclusivo ao SUS ou ao setor privado⁵⁶. Adicionalmente, há uma preocupação de que

as discussões devem permitir uma desagregação geográfica local para melhor subsidiar o planejamento de risco⁴⁸.

As limitações descritas estão relacionadas aos métodos utilizados. No que se refere aos estudos quantitativos, destacam-se os desafios típicos dos estudos ecológicos^{45,52}; a utilização de dados secundários que apresentam problemas de confiabilidade, qualidade e ausência do preenchimento de alguns campos^{23,30,32,35,38,45,47,52,56}; e a possibilidade de destruição de fichas clínicas físicas durante o desastre³⁸. Nos estudos qualitativos, há a possibilidade do viés de memória³⁸, violência e insegurança territorial que impede a realização de entrevistas³²; desconsideração de aspectos socioeconômicos na investigação⁵²; barreiras de acesso aos serviços de saúde⁵⁶; escassez de outros estudos sobre a temática que pode influenciar em uma reduzida discussão³³. Salienta-se que os estudos apontam as dificuldades de estabelecer uma relação linear entre clima e desfechos em saúde por suas variáveis serem complexas e ainda pouco compreendidas em sua totalidade^{30,55}.

Ondas de calor no Brasil: impactos, exposições, vulnerabilidade e resiliência do sistema de saúde

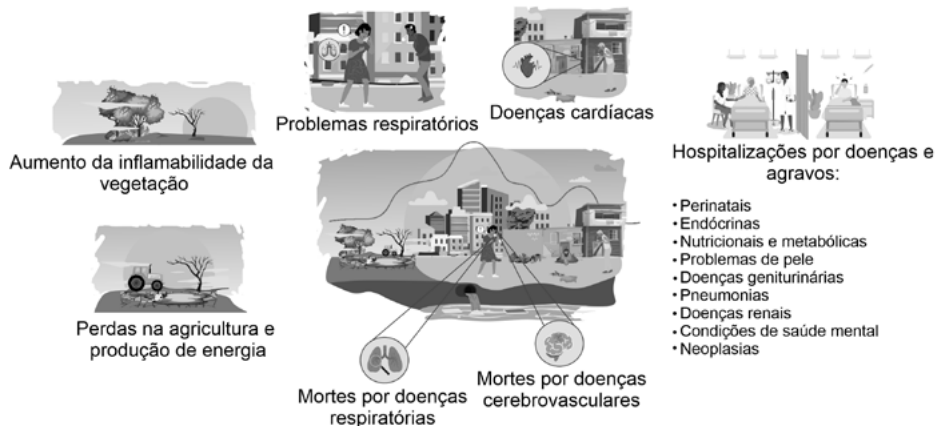
Os impactos sociais das ondas de calor identificados na literatura incluem prejuízos econômicos em setores da agricultura ou da produção de energia⁵⁹; maior risco de morte de animais criados de forma intensiva para o comércio, como galinhas⁶⁰; e baixo rendimento das lavouras de soja⁶¹. Entre os impactos ambientais, estão as altas taxas de evaporação, a dessecação do solo, a secura da vegetação e o aumento da inflamabilidade territorial, propiciando, assim, incêndios florestais^{59,61,62} (*figura 4*).

Na saúde, os estudos relatam que, durante ondas de calor no Brasil, houve maior risco de hospitalizações por diversas condições, que incluem: doenças perinatais, endócrinas, nutricionais e metabólicas, problemas de pele e doenças geniturinárias⁶³; doença cardíaca

isquêmica, asma, pneumonia, doenças renais, condições de saúde mental e neoplasias^{64,65}. Efeitos sobre a mortalidade também foram relatados, especificamente por doenças cardiovasculares, respiratórias⁶⁶⁻⁷⁴ e diabetes⁶². Esses estudos foram realizados nos municípios do

Rio de Janeiro^{67,68,70,71} e de São Paulo^{69,72}; além de cidades da Amazônia Legal, distribuídas nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e Maranhão⁶⁶ (figura 4).

Figura 4. Impactos socioambientais e na saúde decorrentes de ondas de calor no Brasil



Fonte: elaboração própria.

As populações mais vulneráveis às ondas de calor identificadas nos estudos analisados foram as crianças de 0 a 9 anos⁶³, mulheres^{63,66,67,69,70;71,73}, pessoas idosas acima de 60 anos^{63,66,67,69,70-72,74}; pessoas com piores condições econômicas^{64,71}; e menores níveis educacionais^{64,73,74}.

A definição de onda de calor variou entre os estudos incluídos, indicando pouco consenso sobre sua descrição, embora todos tenham considerado critérios baseados na intensidade e duração, normalmente a partir de dois ou mais dias^{59,60,63,64,66,69-72}. Alguns estudos destacam que a intensidade dos eventos pode ser mais relevante que sua duração^{66,70}, enquanto outros sugerem que a combinação de maior duração e intensidade está associada a riscos mais elevados de desfechos negativos em saúde⁶³.

A temporalidade dos desfechos em saúde associados às ondas de calor envolve um

período de latência necessário para a manifestação dos efeitos da exposição^{71,72}, que pode ocorrer entre 2 e 11 dias após o evento de onda de calor⁷¹.

Fisiologicamente, pessoas idosas e crianças podem ser as mais suscetíveis por limitações biológicas dessas faixas etárias, em decorrência dos excessos metabólicos ocasionados por intensa desidratação, vasodilatação, aumento da frequência cardíaca, aumento da viscosidade do sangue, redução da pressão arterial e diminuição da circulação cerebral⁷².

Sugestões de futuras pesquisas e limitações apontadas pelos estudos sobre ondas de calor no Brasil

As sugestões para estudos futuros com ondas de calor apontam para uma ampliação das análises em populações idosas⁷¹, com menores condições econômicas⁷¹; pesquisas que possam

investigar se melhores condições socioeconômicas promovem maior adaptabilidade ao calor⁶⁴, em outras regiões do País que não aquelas concentradas no Sul ou Sudeste^{71,74}; investigação da interação com outras variáveis, como umidade, velocidade do vento, poluição do ar, incêndios florestais^{59,67,70}, ou seja, estudos que possam melhor caracterizar o papel das características individuais e contextuais; além de estudos clínicos e experimentais que possam estabelecer os mecanismos biológicos envolvidos no estresse termofisiológico⁶⁸.

As limitações observadas são similares às apontadas no contexto das enchentes e incluem as características dos estudos ecológicos^{59,72} e do uso dos dados secundários que podem ter incompletude, inconsistências ou subregistro^{65,67,68,72}; a não inserção de um conjunto de variáveis ambientais para além das ondas de calor^{63,64,67,70,72}, como altitude, qualidade do ar, cobertura do solo, proximidade da água, radiação solar, velocidade do vento, espaços verdes, utilização de equipamento de ar condicionado^{64,70}; medições de temperatura em apenas uma ou duas estações meteorológicas^{67,72}; possíveis perdas de notificações de casos internados ou óbitos por deficiência do sistema de informação⁷⁰; ausência de dados em nível individual⁶⁴; literatura escassa sobre ondas de calor nas diversas regiões do País⁶⁵, ou de plausibilidade biológica para seus efeitos⁶³, diminuindo a possibilidade de estabelecer discussões comparativas e explicativas mais robustas.

Os dados aqui relatados podem ser consultados em sua completude na OSF¹⁷.

Discussão

Segundo o nosso levantamento realizado, esta revisão de escopo é o primeiro estudo que identifica os impactos sociais, ambientais e em saúde das ondas de calor e enchentes no Brasil, descrevendo as análises dos efeitos,

populações vulnerabilizadas e estratégias de respostas para esses eventos climáticos no País. A região Sudeste foi a mais estudada, embora estados de todo o território nacional tenham relatado algum dano sofrido.

Os impactos descritos no Brasil são similares aos discutidos na literatura internacional, sejam para as enchentes na Somália⁷⁵, no Reino Unido e na Alemanha⁷⁶; seja para as ondas de calor na China⁷⁷ e na Itália⁷⁸, em que todos convergem para a necessidade dos Estados nacionais se prepararem para a intensificação desses eventos nas próximas décadas em decorrência do agravamento das mudanças climáticas e dos eventos extremos, especialmente nos países tropicais de baixa renda⁷⁹.

Os resultados deste artigo apontam que existem marcadores importantes de vulnerabilidades aos efeitos das ondas de calor e enchentes no Brasil, segundo características de idade, gênero e classe, que precisam ser considerados na formulação de políticas públicas à luz da determinação social da saúde e das interseccionalidades⁸⁰. Há um consenso de que a construção da resiliência climática precisará considerar as características individuais dos sujeitos, além das singularidades territoriais em que estão inseridos, pois a reprodução social, ambiental e na saúde é experienciada de forma desigual⁸¹.

Os extremos de idade podem apresentar as menores capacidades de resistir aos desfechos em saúde, por limitações físicas, sociais ou pouco amadurecimento do sistema fisiológico⁸², tendo 14 vezes mais chances de ir a óbito em um desastre⁸³. Estudos anteriores também destacam que o acesso à saúde em contextos de desastres climáticos ocorre de forma desigual, por exemplo: os custos diretos desembolsados para o pagamento de serviços hospitalares durante os eventos extremos são maiores para pessoas idosas e mulheres, com um gasto médio, respectivamente, de US\$ 1.600 e US\$ 500, valor mais elevado em comparação com outros grupos populacionais^{84,85}. Esses valores refletem

a maior complexidade no atendimento ou o prolongamento do tempo de internação associado a esses grupos⁸⁵.

A síntese da influência das enchentes e ondas de calor no Brasil demonstra que os danos sociais, ambientais e em saúde incidem em um aumento da demanda por assistência social e cuidados em saúde; dias de trabalho perdidos ou redução da produtividade; e aspectos relacionados ao bem-estar e à qualidade de vida⁸⁶. Tais variáveis acarretam perdas humanas, financeiras e estruturais, com potencial para agravar as iniquidades entre as nações.

Salienta-se que a exposição aos eventos climáticos aqui pesquisados está associada a uma ocupação do solo desordenada, infraestrutura precária, além de um processo de concretização urbana e pouca arborização territorial já amplamente discutido^{82,87}, cujos piores indicadores estão em locais periféricos⁸⁷ com ausência histórica de políticas públicas de habitação e saneamento⁸². Nos últimos 12 anos (2010-2022), houve um crescimento de 103% no número de pessoas vivendo em favelas no Brasil. Aproximadamente 16 milhões de pessoas ou 8,1% da população do País vivem nos territórios com as piores condições de vida e moradia⁸⁸, sujeitas às ondas de calor e enchentes, o que se assemelha aos resultados observados em países da África⁸⁹ e da Europa⁹⁰. Cabe ressaltar que vulnerabilidades sociais contribuem tanto para a exposição quanto para a capacidade de adaptação aos eventos climáticos⁹¹, pois definem a autonomia ou não de comprar um ar-condicionado, de morar em um bairro arborizado, de ter água encanada no domicílio, ou de simplesmente não habitar uma área de risco.

Embora o Brasil apresente um sistema de saúde com uma APS consolidada, barreiras de acesso ainda são enfrentadas por populações específicas, como as rurais, de rua e tradicionais⁹². Tal cenário agrava os impactos decorrentes das ondas de calor e enchentes por

potencializar os riscos e danos, considerando-se o reduzido alcance da rede de atenção à saúde e outras abordagens intersetoriais⁸¹.

Ainda que enchentes e estações com temperaturas mais elevadas possam ser vistas em alguns territórios como eventos naturais de ocorrência cíclica, o aumento na intensidade e a redução dos intervalos de ocorrência apontam para uma influência antrópica⁹³. Como exemplo, eventos extremos sucedidos a grandes desastres registrados no Brasil, como as enchentes em Pernambuco em 2023 e as no Rio Grande do Sul em 2024, estão intimamente ligados a padrões anormais de fenômenos climáticos como a La Niña e o El Niño, cuja mudança de comportamento é fortemente atribuída à ação antrópica⁹⁴. Outros exemplos é o aumento de queimadas e o desmatamento na Amazônia Legal ou em áreas da região Centro-Oeste, cujas consequências são amplamente conhecidas pela sua capacidade de influenciar na dinâmica atmosférica, aumentando a retenção térmica, contribuindo para que frentes frias não atravessem o País⁹⁵. Ao mesmo tempo que o desmatamento aumenta o escoamento superficial da água, amplificando a vazão que atinge os cursos d'água, acirra a erosão pela perda da cobertura superficial do solo, diminuindo sua estabilidade, assoreando os rios e aumentando os riscos de enchentes e deslizamentos^{28,96}.

Países do Sul Global, como Egito, Gâmbia, Nigéria e Namíbia, apresentam experiências importantes de adequação dos seus sistemas de saúde ao cenário de crise ambiental, podendo servir de exemplo para outros Estados nacionais, embora o Brasil tenha implementado ações semelhantes e pontuais. Naqueles países, as ações envolvem: sistema de previsão meteorológico com emissão de alertas precoces; estratégias de educação, treinamento e conscientização para a população e trabalhadores da saúde; vigilância e controle epidemiológico; políticas socioambientais saudáveis; ampliação de serviços habitacionais, de saneamento e em saúde; além do estímulo ao

desenvolvimento de pesquisas sobre mudanças climáticas e sua divulgação para o planejamento governamental⁹⁷.

Certamente, as respostas envolvidas no contexto de mudanças climáticas devem ser intersetoriais, garantindo ao SUS absorção, adaptação e sua transformação de forma equitativa, eficiente e oportuna, desenvolvendo assim seus atributos de resiliência⁹⁸, colocados como estratégicos no 13º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A realização da 30ª Conferência das Partes (COP30) no Brasil, em 2025, configura-se como uma janela de oportunidade para a construção de uma agenda geopolítica climática que deve considerar como estruturante para as escolhas políticas a melhoria das condições de vida e do ambiente⁸⁰, conforme as necessidades apontadas por este estudo e em diálogo com outras pesquisas^{79,86,92}.

Os efeitos das enchentes e ondas de calor não podem ser discutidos sem considerar as reformas neoliberais do Estado e a precarização dos sistemas de saúde que culminam na redução do financiamento da saúde, dependência do mercado e aumento das desigualdades sociais⁹⁹. A retórica do ajuste fiscal, produzida por um modelo ultraliberal e conservador, não pode ser usada como artifício para a perda de direitos sociais, piora das condições de vida, desregulamentação ambiental e injustiças climáticas⁸⁰.

Esperamos que este artigo instigue e dê subsídios aos formuladores de política, gestores, controle social, pesquisadores e profissionais da saúde no desenvolvimento de estratégias que fortaleçam, segundo Freitas e colaboradores⁸³,

[...] a capacidade de propor e agir do setor saúde, em parceria com outros setores, tanto na prevenção dos desastres como nas ações de preparação, resposta, reabilitação, recuperação e reconstrução pós-desastres⁸³⁽³⁶²⁸⁾.

Considerações finais

Esta revisão apresenta uma síntese das principais evidências dos impactos negativos das ondas de calor e enchentes no Brasil, demonstrando sua influência nos aspectos sociais, ambientais e em saúde. Os dados apontam para a urgência de construir uma resiliência climática do sistema nacional de saúde e de proteção social, a fim de melhor responder aos desafios que emergem de um evento extremo e são agravados em um contexto de profundas desigualdades sociais.

Embora os estudos abordem um conjunto de sugestões para novas pesquisas acerca do tema, chamamos atenção para a ausência de menção àqueles relacionados aos aspectos da saúde materno e infantil, arboviroses, violência, além daqueles com enfoque em populações específicas, como de rua, indígenas e quilombolas, que apresentarão marcadores e experiências distintas de adoecimento e morte no esteio das mudanças climáticas.

Como limitação de nosso estudo, mencionamos que esta revisão adota uma estratégia de busca ampla, embora justificável pela necessidade de maior escopo de seleção dos artigos. Além disso, a inclusão de estudos exclusivamente empíricos também pode ter sido um fator limitador. No entanto, considera-se que este primeiro levantamento constitui um disparador para outras pesquisas sobre o tema.

Contribuições de autoria

Santos RC (0000-0002-4973-123X)*, Santos MOS (0000-0002-2129-2335)*, Gurgel IGD (0000-0002-2958-683X)*, Gurgel Junior GD (0000-0002-2557-7338)*, Silva EN (0000-0001-8747-4185)*, Silveira IH (0000-0003-4793-3492)* e Gurgel AM (0000-0002-5981-3597)* contribuíram igualmente para a elaboração do manuscrito. ■

*Orcid (Open Researcher and Contributor ID).

Referências

- Rossati A. Global Warming and Its Health Impact. *Int J Occup Environ Med*. 2017;8(1):7-20. DOI: <https://doi.org/10.15171/ijoem.2017.963>
- Campello LGB, Lima RD. O regime internacional de mudanças climáticas: uma análise da cooperação internacional solidária no acordo de Paris. *Rev Argum*. 2018;19(3):659-689.
- Levy BS, Patz JA. Climate Change, Human Rights, and Social Justice. *Ann Glob Health*. 2015;81(3):310-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.008>
- Callahan CW, Mankin JS. Globally unequal effect of extreme heat on economic growth. *Sci Adv*. 2022;8(43):eadd3726. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.add3726>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.
- Rocque RJ, Beaudoin C, Ndjaboue R, et al. Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open*. 2021;11(6):e046333. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>
- Charlson F, Ali S, Benmarhnia T, et al. Climate Change and Mental Health: A Scoping Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4486. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18094486>
- Shultz JM, Sands DE, Kossin JP, et al. Double Environmental Injustice - Climate Change, Hurricane Dorian, and the Bahamas. *N Engl J Med*. 2020;382(1):1-3. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMp1912965>
- Dennis MK, Bell FM. Indigenous Women, Water Protectors, and Reciprocal Responsibilities. *Soc Work*. 2020;65(4):378-86. DOI: <https://doi.org/10.1093/sw/swaa033>
- G1. Enchentes no Rio Grande do Sul. G1 [Internet]. 2024 maio 19 [acesso em 2025 abr 21]; Notícia. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/29/um-mes-de-enchentes-no-rs-veja-cronologia-do-desastre.ghtml>
- Guarda A. Memória das vítimas das chuvas de 2022 será lembrada em ato no Recife. *Jornal do Comércio* [Internet]. 2023 maio 23 [acesso em 2025 abr 21]. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2023/05/15471644-memoria-das-vitimas-das-chuvas-de-2022-sera-lembrada-em-ato-no-recife.html>
- Puente B. Tragédia em Petrópolis completa um mês e mais de 600 seguem desabrigados. *CNN Brasil* [Internet]; Nacional. 2022 mar 15 [acesso em 2025 abr 21]. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/petropolis-tragedia-completa-um-mes-e-mais-de-600-seguem-desabrigados/>
- Azevedo AL. Os extremos que fizeram de 2023 o ano com o pior clima do Brasil. *O Globo* [Internet]; Especial. 2023 dez 31 [acesso em 2025 abr 21]. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/especial/os-extremos-que-fizeram-de-2023-o-ano-com-o-pior-clima-do-brasil.ghtml>
- Freitas AWQ, Witt RR, Veiga ABG. The health burden of natural and technology disasters in Brazil from 2013 to 2021. *Cad Saúde Pública*, 2023;39(4):e00154922. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN154922>
- Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, et al. Scoping Reviews. In: Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, et al., editores. *JBI Manual for Evidence Synthesis*. [local desconhecido]: JBI; 2020. DOI: <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-09>
- Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-73. DOI: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

17. Santos RC, Santos MOS, Silveira IH, et al. Socio-environmental and health impacts caused by floods and heatwaves in Brazil: a scoping review. *OSF*. 2025 mar 7. DOI: <https://doi.org/10.17605/osf.io/h5wfg>
18. Martins CHB, Carvalho PGM, Barcellos FC, et al. Da Rio-92 à Rio+20: avanços e retrocessos da Agenda 21 no Brasil. *Indic Econ FEE*. 2015;42(3):97-108.
19. Minayo MCS. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 8ª ed. São Paulo: Hucitec; 2004.
20. Marengo JA, Alcantara E, Cunha AP, et al. Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: Causes, impacts, and disaster preparedness. *Weather Clim Extrem*. 2023;39:100545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100545>
21. Freire NCF, Bonfim CV, Natenzon CE. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil. *Ciênc saúde coletiva*. 2014;19(9):3755-62. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.07572014>
22. Scatolini F, Bandeira RAM. Desastres como oportunidade de implementação de políticas de gerenciamento de resíduos de construção e demolição no Brasil: chuvas de Nova Friburgo (RJ), 2011. *Eng Sanit Ambient*. 2020;25(5):739-52. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220202018053>
23. Araújo RS, Ohara M, Miyamoto M, et al. Flood impact on income inequality in the Itapocu River basin, Brazil. *J Flood Risk Management*. 2022;15:e12805. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12805>
24. Souza FAO, Oliveira MM. Panorama dos danos humanos provocados por secas e cheias no Brasil e uma proposta de regionalização de investimentos na gestão de riscos. *Desenvolv Meio Ambiente*. 2019;51:282-310. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v51i0.59793>
25. Frutuoso GKC, Grigio AM, Barros TCAN. Mapeamento das áreas de risco de inundação urbana na cidade de Assú - Rio Grande do Norte, Brasil. *Rev Bras Geogr Fis*. 2022;15(06):2994-3012. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgfv15.6.p2994-3012>
26. Cavalcante JSI, Aloufa MAI. Percepção de riscos ambientais: uma análise sobre riscos de inundações em Natal-RN, Brasil. *Invest Geogr*. 2014;84:54-68. DOI: <https://doi.org/10.14350/ig.33709>
27. Lima RCA, Barbosa AVB. Natural disasters, economic growth and spatial spillovers: Evidence from a flash flood in Brazil. *Pap Reg Sci*. 2019;98:905-24. DOI: <https://doi.org/10.1111/pirs.12380>
28. Gomes ERB, Cavalcante ACS. Desastres naturais: perdas e reações psicológicas de vítimas de enchente em Teresina-PI. *Psicol Soc*. 2012;24(3):720-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-71822012000300025>
29. Herraiz AD, Graça PMLA, Fearnside PM. Amazonian flood impacts on managed Brazilnut stands along Brazil's Madeira River: A sustainable forest management system threatened by climate change. *For Ecol Manag*. 2017;406:46-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.053>
30. Pereira CAR, Barata MML, Hoelz MPC, et al. Avaliação econômica dos casos de Dengue atribuídos ao desastre de 2011 em Nova Friburgo (RJ), Brasil. *Ciênc saúde coletiva*. 2014;19(9):3693-704. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.01682014>
31. Gomes EJS, Sales CB, Louzeiro AS. Eventos climáticos extremos associados a inundações urbanas: o caso do município de Touros/RN Brasil. *Rev Equador (UFPI)*. 2020;9(2):235-50.
32. Chaves SVV, Tavares AC, Andrade CSP. Vulnerabilidade às inundações em Teresina, Piauí e ações mitigadoras do poder público. *Soc Territ*. 2017;29(2):175-97. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2017v29n2ID12533>
33. Ribeiro FG, Estein G, Carraaro A, et al. O impacto econômico dos desastres naturais: o caso das chuvas de 2008 em Santa Catarina. *Plan Polít Públicas*. 2014;43:299-322.

34. Haddad EA, Teixeira E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. *Habitat Int.* 2015;15(part2):106-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.023>
35. Minervino AC, Duarte EC. Danos materiais causados à Saúde Pública e à sociedade decorrentes de inundações e enxurradas no Brasil, 2010-2014: dados originados dos sistemas de informação global e nacional. *Ciênc saúde coletiva.* 2016;21(3):685-94. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.19922015>
36. Borba ML, Warner JF, Porto MFA. Urban stormwater flood management in the Cordeiro watershed, São Paulo, Brazil: does the interaction between socio-political and technical aspects create an opportunity to attain community resilience? *J Flood Risk Management.* 2015;9:234-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfr.3.12172>
37. Dolman DI, Brown IF, Anderson LO, et al. Re-thinking socio-economic impact assessments of disasters: The 2015 flood in Rio Branco, Brazilian Amazon. *Int J Disaster Risk Reduct.* 2018;31:212-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.04.024>
38. Carvalho ML, Freitas CM, Miranda ES. Physical rehabilitation in the context of a landslide that occurred in Brazil. *BMC Public Health.* 2019;19(1):1615. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7964-x>
39. Pereira C, Barata M, Trigo A. Social cost of leptospirosis cases attributed to the 2011 disaster striking Nova Friburgo, Brazil. *Int J Environ Res Public Health.* 2014;11(4):4140-57. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph110404140>
40. Pereira BM, Morales W, Cardoso RG, et al. Lessons learned from a landslide catastrophe in Rio de Janeiro, Brazil. *Am J Disaster Med.* 2023;8(4):253-8. DOI: <https://doi.org/10.5055/ajdm.2013.0131>
41. Marengo JA, Seluchi ME, Cunha AP, et al. Heavy rainfall associated with floods in southeastern Brazil in November–December 2021. *Natural Hazards.* 2023;116:3617-44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05827-z>
42. Palagi S, Patzlaff J, Stumpf M, et al. Análisis del impacto de las inundaciones en el valor de las propiedades inmobiliarias en la ciudad de Lajeado, Brasil - Estudio de caso de viviendas unifamiliares. *Rev Ing Constr.* 2014;29:87-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000100006>
43. Ferreira STG, Kuser HH, Garrido RG, et al. Floods and mudslides in the State of Rio de Janeiro and a plane crash in the Brazilian Amazon rainforest: A study of two different experiences in disaster victim identification (DVI). *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2011;3:e516-e517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2011.10.005>
44. Cesa M, Fongaro G, Barardi CRM. Waterborne diseases classification and relationship with social-environmental factors in Florianópolis city – Southern Brazil. *J Water Health.* 2016;14(2):340-8. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2015.266>
45. Guimarães RM, Cruz OG, Parreira VG, et al. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. *Ciênc saúde coletiva.* 2014;19(9):3683-92. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.06432014>
46. Gracie R, Xavier DR, Medronho R. Inundações e leptospirose nos municípios brasileiros no período de 2003 a 2013: utilização de técnicas de mineração de dados. *Cad Saúde Pública.* 2021;37(5):e00100119. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00100119>
47. Silva AEP, Conceição GMS, Chiaravalloti NF. Spatial analysis and factors associated with leptospirosis in Santa Catarina, Brazil, 2001-2015. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2020;53:e20200466. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0466-2020>
48. Gonçalves NV, Araujo EN, Sousa-Júnior AS, et al. Distribuição espaço-temporal da leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil. *Ciênc saúde coletiva.* 2016;21(12):3947-55. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320152112.07022016>

49. Silva AEP, Latorre MRDO, Chiaravalloti NF, et al. Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e ambientais em Santa Catarina, Brasil. *Ciênc saúde coletiva*. 2022;27(3):849-60. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022273.45982020>
50. Miyazato KE, Fonseca A, Caputto LZ, et al. Incidence of Leptospirosis infection in the East Zone of Sao Paulo City, Brazil. *Int Arch Med*. 2013;6(1):23. DOI: <https://doi.org/10.1186/1755-7682-6-23>
51. Magalhães GB, Zanella ME, Sales MCL. A ocorrência de chuvas e a incidência de leptospirose em Fortaleza-CE. *Hygeia*. 2009;5(9):77-87.
52. Péres WE, Russo A, Nunes B. The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in Santa Catarina, Brazil. *Water*. 2019;11(5):1052. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11051052>
53. Barbosa CS, Domingues ALC, Abath F, et al. Epidemia de esquistossomose aguda na praia de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(3):725-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000300028>
54. Silveira PO, Guasselli LA, Oliveira GG, et al. Relação entre casos de hepatite A e áreas de inundação, município de Encantado, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciênc saúde coletiva*. 2021;26(2):721-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020261.30592018>
55. Wolfarth-Couto B, Filizola N, Durieux L. Padrão sazonal dos casos de malária e a relação com a variabilidade hidrológica no Estado do Amazonas, Brasil. *Rev Bras Epidemiol*. 2020;23:e200018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-549720200018>
56. Dell’Ariaga M, Ranzani O, Bierens J, et al. Rio’s Mountainous Region (“Região Serrana”) 2011 Landslides: Impact on Public Mental Health System. *PLoS Curr*. 2018;10:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1371/currents.d1s.156b98022b9421098142a4b31879d866>
57. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (BR) [Internet]. [Brasília, DF]: Gov.br; [data desconhecida]. Entenda a diferença entre os tipos de desastres naturais e tecnológicos registrados no Brasil; 2022 jul 11 [acesso em 2025 abr 21]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/ultimas-noticias/entenda-a-diferenca-entre-os-tipos-de-desastres-naturais-e-tecnologicos-registrados-no-brasil>
58. Houaiss A. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
59. Silva PS, Geirinhas JL, Lapere R, et al. Heatwaves and fire in Pantanal: Historical and future perspectives from CORDEX-CORE. *J Environ Manag*. 2022;323:116193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116193>
60. Riquena RS, Pereira DF, Vale MM, et al. Mortality prediction of laying hens due to heat waves. *Rev Ciênc Agron*. 2019;50(1):18-26. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190003>
61. Gusso A, Ducati JR, Veronez MR, et al. Monitoring Heat Waves and Their Impacts on Summer Crop Development in Southern Brazil. *Agric Sci*. 2014;5(4):353-64. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2014.54037>
62. Libonati R, Geirinhas JL, Silva PS, et al. Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. *Environ Res Lett*. 2022;17:015005. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac462e>
63. Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, et al. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. *PLoS Med*. 2019;16(2):e1002753. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002753>
64. Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS, et al. Socioeconomic level and associations between heat exposure and all-cause and cause-specific hospitalization in 1,814 Brazilian cities: A nationwide case-crossover study. *PLoS Med*. 2020;17(10):e1003369. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003369>

65. Bernal N, Schwarz L, Benmarhnia T, et al. Impact of heat waves on cardiovascular and respiratory morbidity and mortality in municipalities of Northeast Brazil. *Sustentabilidade Debate*. 2022;3(2):96-122. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n2.2022.4222>
66. Silveira IH, Hartwig SV, Moura MN, et al. Heat waves and mortality in the Brazilian Amazon: Effect modification by heat wave characteristics, population subgroup, and cause of death. *Int J Hyg Environ Health*. 2023;248:114109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114109>
67. Geirinhas JL, Russo A, Libonati R, et al. Heat-related mortality at the beginning of the twenty-first century in Rio de Janeiro, Brazil. *Int J Biometeorol*. 2020;64(8):1319-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01908-x>
68. Sharovsky R, César LAM, Ramires JAF. Temperature, air pollution, and mortality from myocardial infarction in São Paulo, Brazil. *Braz J Med Biol Res*. 2004;37(11):1651-7. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2004001100009>
69. Diniz FR, Gonçalves FLT, Sheridan S. Heat Wave and Elderly Mortality: Historical Analysis and Future Projection for Metropolitan Region of São Paulo, Brazil. *Atmosphere*. 2020;11:933. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11090933>
70. Silveira IH, Cortes TR, Bell ML, et al. Effects of heat waves on cardiovascular and respiratory mortality in Rio de Janeiro, Brazil. *PLoS One*. 2023;18(3):e0283899. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283899>
71. Geirinhas JL, Trigo RM, Libonati R, et al. Characterizing the atmospheric conditions during the 2010 heatwave in Rio de Janeiro marked by excessive mortality rates. *Sci Total Environ*. 2019;650(1):796-808. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.060>
72. Moraes SL, Almendra R, Barrozo LV. Space-time clusters of cardiovascular mortality and the role of heatwaves and cold spells in the city of São Paulo, Brazil. *Spat Spatio-temporal Epidemiol*. 2023;47:100620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2023.100620>
73. Son JY, Gouveia N, Bravo MA, et al. The impact of temperature on mortality in a subtropical city: effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. *Int J Biometeorol*. 2016;60(1):113-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1009-7>
74. Bell ML, O'Neill MS, Ranjit N, et al. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *Int J Epidemiol*. 2008;37(4):796-804. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>
75. Abdullahi AM, Nor FI, Abdullahi AM. Climate-induced humanitarian crisis, assessing the impact of recent floods and disease outbreaks in Somalia: short communication. *Ann Med Surg (Lond)*. 2024;86(7):3806-7. DOI: <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000002139>
76. Platt S, Mahdavian F, Carpenter O, et al. Were the floods in the UK 2007 and Germany 2013 game-changers? *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2020;378(2168):20190372. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0372>
77. Xi D, Liu L, Zhang M, et al. Risk factors associated with heatwave mortality in Chinese adults over 65 years. *Nat Med*. 2024;30(5):1489-98. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02880-4>
78. Alfano V, Serini F, Scaletti A. Addressing heatwave impacts on hospital admissions in an Italian region. *Sci Rep*. 2024;14(1):27994. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79652-0>
79. Harrington LJ, Frame DJ, Hawkins E, et al. Seasonal cycles enhance disparities between low- and high-income countries in exposure to monthly temperature emergence with future warming. *Environ Res Lett*. 2017;12:114039. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa95ae>
80. Santos RC, Gurgel AM, Lopes AS, et al. Mudanças climáticas à luz do pensamento afro-indígena: um diálogo para a COP30 no Brasil. *Oikos (Viçosa. Online)*. 2025;31(1):1-25. DOI: <https://doi.org/10.31423/oikos.v37i1.21579>

81. Jerrett M, Connolly R, Garcia-Gonzales DA, et al. Climate change and public health in California: A structured review of exposures, vulnerable populations, and adaptation measures. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2024;121(32):e2310081121. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2310081121>
82. Saito SM, Dias MCA, Alvalá RCS, et al. Urban population exposed to risks of landslides, floods and flash floods in Brazil. *Soc Nat*. 2019;31:e46320. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-46320>
83. Freitas CM, Miranda ES, Osorio-de-Castro CGS. A redução dos riscos de desastres naturais como desafio para a saúde coletiva. *Ciênc saúde coletiva*. 2014;19(9):3628. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232014198.08262014>
84. Schmeltz MT, Petkova EP, Gamble JL. Economic Burden of Hospitalizations for Heat-Related Illnesses in the United States, 2001-2010. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(9):894. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13090894>
85. Wondmagegn BY, Xiang J, Williams S, et al. What do we know about the healthcare costs of extreme heat exposure? A comprehensive literature review. *Sci Total Environ*. 2019;657:608-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.479>
86. Ebi KL, Hess JJ, Watkiss P. Health Risks and Costs of Climate Variability and Change. In: Mock CN, Nugent R, Kobusingye O, editores. *Injury Prevention and Environmental Health*. 3rd ed. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank; 2017 Oct 27. Chapter 8.
87. Redes da Maré [Internet]. Rio de Janeiro: Redes da Maré; ©2025. Eixo direitos urbanos e socioambientais: respira maré; 2025 [acesso em 2025 abr 21]. Disponível em: <https://www.redesdamare.org.br/br/info/86/respira-mare>
88. Bello L. Censo 2022: Brasil tinha 16,4 milhões de pessoas morando em Favelas e Comunidades Urbanas. Agência IBGE notícias [Internet]. 2024 nov 8 [atualizado em 2025 ago 12; acesso em 2025 abr 18]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41797-censo-2022-brasil-tinha-16-4-milhoes-de-pessoas-morando-em-favelas-e-comunidades-urbanas>
89. Abdullahi AM, Nor FI, Abdullahi AM. Climate-induced humanitarian crisis, assessing the impact of recent floods and disease outbreaks in Somalia: short communication. *Ann Med Surg (Lond)*. 2024;86(7):3806-7. DOI: <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000002139>
90. Platt S, Mahdavian F, Carpenter O, et al. Were the floods in the UK 2007 and Germany 2013 game-changers? *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2020;378(2168):20190372. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0372>
91. Rathi SK, Chakraborty S, Mishra SK, et al. A Heat Vulnerability Index: Spatial patterns of exposure, sensitivity and adaptive capacity for urbanites of four cities of India. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;19(1):283. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19010283>
92. Viveros-Uehara T. Health care in a changing climate: A review of climate change laws and national adaptation plans in Latin America. *Health Hum Rights*. 2021;23(2):139-51.
93. Clarke B, Otto F, Stuart-Smith R, et al. Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environ Res Clim*. 2022;1(1):012001. DOI: <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac6e7d>
94. Cai W, Ng B, Geng T, et al. Anthropogenic impacts on twentieth-century ENSO variability changes. *Nat Rev Earth Environ*, 2023;(4):407-18. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00427-8>
95. Portella DAPC, Blanco LS, Mello-Filho MET, et al. A importância da Amazônia na dinâmica climática do centro-sul brasileiro: influência nas dinâmicas ambientais e socioeconômicas. *Ens Geogr*. 2022;9(19):66-86.

96. Lyra BU, Rigo D. Impacto do desmatamento no regime de descarga na Bacia do Rio Doce. *Rev Ambient Água*. 2019;14(4):e2370. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2370>
97. Nhamo G, Muchuru S. Climate adaptation in the public health sector in Africa: Evidence from United Nations Framework Convention on Climate Change National Communications. *Jamba*. 2019;11(1):644. DOI: <https://doi.org/10.4102/jamba.v11i1.644>
98. Paschoalotto MAC, Lazzari EA, Castro MC, et al. A resiliência de sistemas de saúde: apontamentos para uma agenda de pesquisa para o SUS. *Saúde Debate*. 2022;46(Esp 8):156-70. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E812>
99. Barcellos C, Monteiro AMV, Corvalán C, et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*. 2009;8(3):285-304. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742009000300011>

Recebido em 29/04/2025

Aprovado em 17/12/2025

Conflito de interesses: inexistente

Disponibilidade de dados: os dados de pesquisa estão contidos no próprio manuscrito

Suporte financeiro: a pesquisa recebeu financiamento da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por meio de bolsa de doutorado (código de financiamento 001) concedida ao primeiro autor do artigo.

Também do Programa Inova Fiocruz Territórios Sustentáveis e Saudáveis na Atenção à Saúde - Chamada Nº 6/2024

Editor responsável: Guilherme Franco Netto, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro (Rio de Janeiro/RJ), Brasil. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5162760718464160>, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8861-8897>, e-mail: guilherme.netto@fiocruz.br