CLIMA FUTURO E DESASTRES NO BRASIL: SÍNTESE DE EVIDÊNCIAS SOBRE MUDANÇAS OBSERVADAS E PROJETADAS

Pablo Borges de Amorim[1]; Leticia Sthefanny Nobrega da Costa [2]; Mariana Gutierres Arteiro da Paz[3]; Natália Torres D'Alessandro[3]; Lincoln Muniz Alves[4]

Palavras-Chave – síntese, mudança do clima, desastres.

INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e da intensidade dos eventos climáticos extremos tem ampliado os desafios para a gestão de riscos e desastres, tornando essencial a incorporação da adaptação à mudança do clima nos instrumentos de planejamento (IPCC, 2022). Embora exista um número crescente de estudos e bases de dados sobre mudanças do clima observadas e projetadas no Brasil, seus resultados encontram-se dispersos na literatura e, por vezes, apresentam conclusões divergentes, dificultando sua utilização por gestores públicos. A elaboração de sínteses de evidências que comunique as incertezas representa, portanto, uma etapa fundamental da interface entre ciência e política (Rawshan Ara Begum et al., 2022). Esse esforço consolida o conhecimento disponível de forma transparente e comparável, subsidiando instrumentos como os Relatórios Bienais de Transparência (BTRs MCTI, 2025), as Comunicações Nacionais à UNFCCC (MCTI, 2022) e o Plano Clima Adaptação (Brasil, 2025). Nesse contexto, este trabalho apresenta uma síntese das evidências sobre mudanças do clima observadas e projetadas para sete Fatores de Impacto Climático (FIC, ou *Climate Impact-Driver* – CIDs, IPCC, 2022) diretamente relacionados à ocorrência de desastres, comparando a direção e a robustez das mudanças nas cinco macrorregiões brasileiras.

METODOLOGIA

A metodologia fundamenta-se em uma síntese estruturada da literatura científica acerca das mudanças climáticas observadas e projetadas no território brasileiro, adaptando a abordagem metodológica do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, Rawshan Ara Begum et al., 2022). A análise delimitou-se a sete FICs diretamente relacionados à ocorrência de desastres: seca agrícola e ecológica, inundação costeira, calor extremo, precipitação extrema e inundação pluvial, seca hidrológica, inundação fluvial e ventos severos.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases Scopus e Web of Science com recorte temporal até 2025. Para o levantamento das mudanças observadas, utilizaram-se combinações dos termos *("trend*" OR "observ*" OR "climatology" OR "change") AND ("flood*" OR "drought*" OR "heatwave*" OR "precipitation" OR "rainfall" OR "extrem*" OR "wind" OR "sea level" OR "coastal flood*") AND ("Brazil" OR "South America")* no campo *"article title"*. Já para a análise das mudanças projetadas, o primeiro bloco dessa *string* de busca foi substituído pelos termos *("project*" OR "future" OR "model*" OR "CMIP*" OR "scenario*")*. Ao todo, foram identificados 408 registros para mudanças observadas e 341 para mudanças projetadas. Também foram incluídos produtos técnico-científicos de instituições oficiais, como os produtos de normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026) e o relatório da Agência Nacional de Águas e Saneamento

[1] Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, UFRN, borgesdeamorim.pablo@gmail.com; pablo.borges@ufrn.br
[2] Graduação em Meteorologia, UFRN, leticia.sthefanny.700@ufrn.edu.br
[3] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, UNDP, mariana.paz@undp.org; natalia.dalessandro@undp.org
[4] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, lincoln.muniz@gmail.com; lincoln.alves@inpe.br

Básico (ANA, 2024), bem como da plataforma de dados do IPCC WGI Interactive Atlas (Gutiérrez et al., 2021).

Com o objetivo de reduzir vieses decorrentes da disponibilidade desigual de estudos entre regiões do Brasil, foram considerados apenas trabalhos com abrangência nacional ou que apresentassem resultados para todo o território brasileiro. Estudos restritos a estados, municípios ou outras áreas específicas não foram incluídos. Após a remoção de duplicatas e a triagem por título, resumo e texto completo, foram considerados elegíveis 43 estudos elegíveis, dos quais 25 referentes às mudanças observadas e 18 às mudanças projetadas (Figura 1). A lista de estudos se encontra no material suplementar[5].

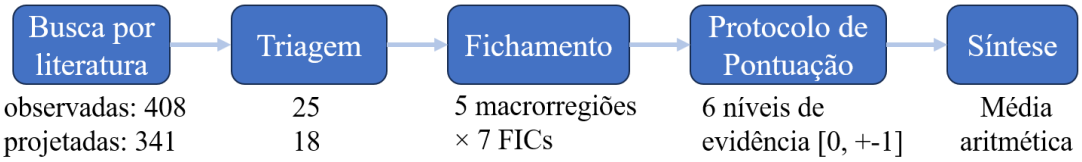


Figura 1. Etapas da metodologia de análise e síntese das fontes de informações. Fonte: autoria própria

Os resultados foram organizados para as cinco macrorregiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Para cada combinação entre macrorregião e FIC, foi atribuído uma pontuação variando de -1,0 a +1,0, indicando, respectivamente, evidências de redução ou aumento do fenômeno climático. A magnitude da pontuação refletiu a força da evidência sintetizada, considerando a significância estatística, a coerência espacial dos resultados dentro da macrorregião e a concordância entre as fontes. Foram adotadas seis classes de evidência: muito alta (±1,0), alta (±0,8), média (±0,6), baixa (±0,4), muito baixa (±0,2) e ausência de evidência (0). A atribuição e a revisão das pontuações foram realizadas pelos autores com base nos critérios apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Protocolo de pontuação do nível de evidência

Nível de Evidência	**Pon-tuação**	**Interpretação**
Muito Alta	±1,0	Evidência muito forte: Todas as estações/pontos de grade (ou modelos de clima) apresentam tendências significativas (ou concordância) com direção consistente.
Alta	±0,8	Evidência forte: 80% ou mais das estações/pontos de grade (ou modelos de clima) apresenta tendências significativas (ou concordância) com direção consistente.
Média	±0,6	Evidência moderada: 60% das estações/pontos de grade (ou modelos de clima) apresenta tendências significativas (ou concordância) com direção consistente; ou padrão espacial coerente mas com significância limitada; ou sinal bipolar significativo nas sub-regiões.
Baixa	±0,4	Evidência fraca: 40% das estações/pontos de grade (ou modelos de clima) apresenta tendências significativas (ou concordância) com direção consistente; ou padrão espacial fraco ou sinais mistos.
Muito Baixa	±0,2	Evidência muito fraca: Pequena parcela das estações (20%) significativa; maioria com sinais inconsistentes ou não significativos.
Ausência de Evidência	0	Sem evidências de mudança: Tendências predominantemente não significativas, espacialmente incoerentes e sem direção dominante.

Por fim, as pontuações atribuídas para cada fonte foram agregadas por meio da média aritmética simples para cada combinação de FIC e macrorregião, gerando indicadores sintéticos para as mudanças observadas e projetadas. A comparação entre esses indicadores permite identificar padrões regionais consistentes e avaliar a continuidade ou intensificação das mudanças climáticas relevantes para a ocorrência de desastres no Brasil. A figura 1 ilustra as etapas da metodologia.

[5] https://docs.google.com/document/d/1a6_1_fydKtYnkrMwbc3kGWSGXH7EEB6-dt5GwU4Iq7E/edit?usp=drive_link

RESULTADOS

A aplicação do protocolo de pontuação permitiu realizar uma síntese da mudança observada e projetada para as 5 macrorregiões brasileiras. A Figura 2 ilustra a pontuação média para cada FIC e macrorregião, bem como o número de estudos considerados no cálculo. Constatou-se uma assimetria na literatura disponível: os fatores calor extremo, secas e precipitação extrema concentram o maior número de estudos, enquanto ventos severos e inundações costeiras apresentam amostragem limitada.

A análise das mudanças observadas e as projeções futuras revela um cenário de intensificação dos extremos climáticos no Brasil, com forte convergência regional em determinados FICs relacionados a desastres, bem como divergências de sinal que merecem destaque:

Calor Extremo: Configura-se como o principal ponto de convergência absoluta. O registro histórico e as projeções futuras convergem unanimemente para um aumento severo do padrão em todas as macrorregiões, registrando os maiores índices de robustez de evidência e densidade amostral de literatura.

Inundações Costeiras: Apresentam sinal consensual de aumento contínuo e agravamento futuro nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, embora sob um escopo de dados restrito.

Secas (Agrícola e Hidrológica): Há concordância quanto ao aumento desse extremo nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. A região Sul diverge desse padrão, indicando tendência de diminuição das secas tanto no período observado quanto no projetado; contudo, a pontuação média obtida foi relativamente baixa, o que sinaliza menor robustez na literatura avaliada para essa região.

Inundações Fluviais e Precipitação extrema e da inundação pluvial: Verificou-se concordância de sinal de aumento entre o passado e o futuro para as regiões Sudeste e, prioritariamente, Sul. Esse comportamento alinha-se à tendência de incremento da precipitação extrema e da inundação pluvial, que ganha magnitude nas projeções futuras da região Sul.

Ventos Severos: As regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste exibiram concordância de sinal positivo entre as observações e projeções, embora a pontuação de evidência reflita um baixo grau de robustez atual devido à escassez de dados.

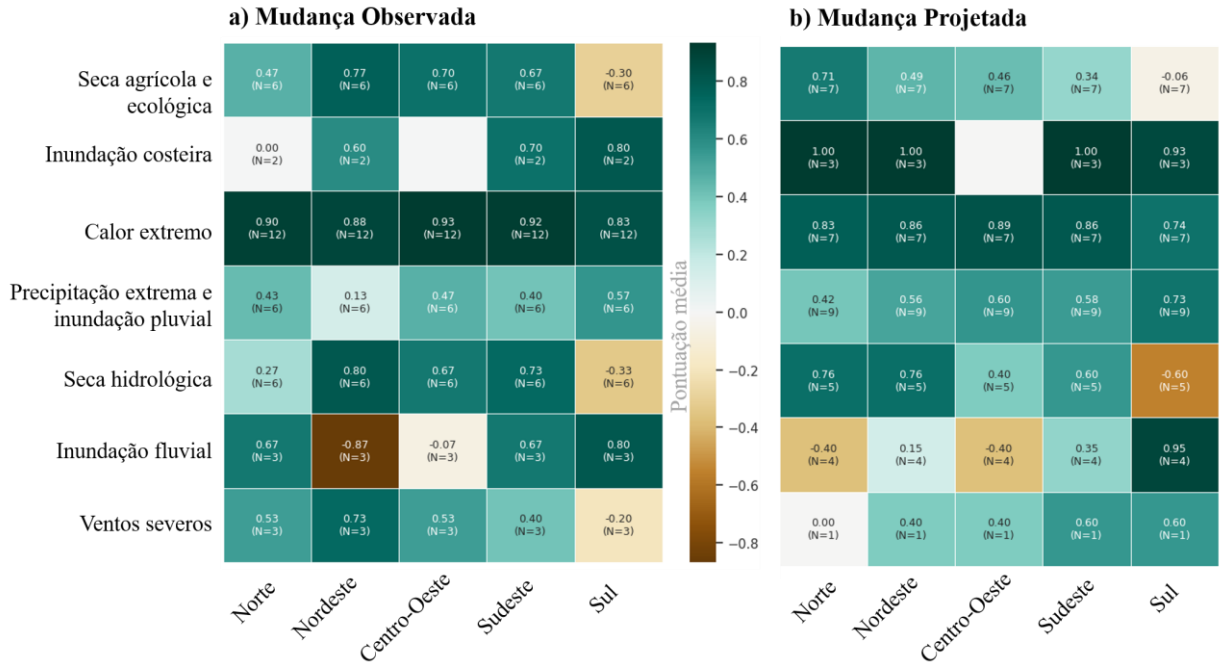


Figura 2. Pontuação média por macroregião e FIC para: a) mudanças observadas e b) mudanças projetadas. N indica o número de estudos. Fonte: autoria própria.

CONCLUSÕES

Os resultados consolidam as evidências científicas sobre as trajetórias climáticas no Brasil, evidenciando que o calor extremo é a ameaça mais consensual para todas as macrorregiões, com alta concordância também para inundação costeira, apesar do número reduzido de estudos. Observa-se um padrão claro de polarização hídrica nacional, caracterizado pelo aumento sistemático do risco de secas agrícolas e hidrológicas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, em contraposição ao incremento severo de precipitações extremas e inundações nas regiões Sul e Sudeste. O estudo evidencia, contudo, que lacunas críticas de monitoramento e a escassez de literatura sobre dinâmicas costeiras e ventos severos ainda limitam a modelagem de resiliência a desastres. Conclui-se que a harmonização dessas evidências e de suas incertezas associadas é indispensável para subsidiar políticas públicas de adaptação e direcionar os instrumentos de planejamento climático nacional ante os impactos da mudança do clima.

REFERÊNCIAS

ANA (2024) *Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil*. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília, DF, 96p.

BRASIL (2025). *Plano Clima Adaptação Estratégia Nacional de Adaptação*. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Brasília, DF, 111p.

GUTIÉRREZ, J. M. *et al.* (2021) *Atlas*. (V. Masson-Delmotte *et al.*, Orgs.) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA Cambridge University Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Atlas.pdf>

INMET (2026). *Diferença entre Normais Climatológicas do Brasil*. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/VariacoesClimaticas/1961-1990/diferenca_precipitacao>. Acesso em: 2 jul. 2026.

IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (H. O. Pörtner *et al.*, Orgs.) Cambridge, UK and New York, NY, USACambridge University Press,. Disponível em: <https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf>

MCTI (2022) *Quarta comunicação nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Brasília, DF, 620p.

MCTI (2025) *Primeiro relatório bienal de transparência do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Brasília, DF, 216p.

RAWSHAN ARA BEGUM, R. *et al.* (2022) *Point of Departure and Key Concepts.* (H. O. Pörtner *et al.*, Orgs.) in 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, UK and New York, NY, USACambridge University Press, Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter01.pdf>