

Novembro
2025

Sumário Executivo

Levantamento de Desastres Ambientais no Brasil e Custos Reportados



Expediente

Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento - CICEF

Diretor-Presidente

Carlos Pinkusfeld Monteiro Bastos

Diretores

André Tosi Furtado

Claudia Sousa Leitão

Wilson Vieira

Gerente Geral

Ana Carolina Arroio

Secretário Executivo

Claudio Miranda Correa

Assessora de Comunicação

Juliana Portella

Conselho Deliberativo

Alexandre de Freitas Barbosa

Ângela Nascimento

Antônio Porfírio de Matos Neto

Fernando Augusto Mansor de Mattos

Flávio Alfredo Gaitán

Francisco de Sales Gaudêncio

Helena Maria Martins Lastres

Luiz Fernando Rodrigues de Paula

Maria Mello de Malta

Vera Alves Cepêda

Conselho Fiscal

Carla Curty do N. M. Pereira

Fábio Guedes Gomes

Glauber Cardoso Carvalho

Paulo Sérgio Fracalanza

Victor Leonardo F. Carvalho de Araújo

Projeto Gráfico

André Benicio

Copyright © 2025 dos autores

Todos os direitos desta edição reservados ao

Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento – CICEF

O Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento é uma associação civil de direito privado e sem fins lucrativos, reconhecida como ICT (Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação), cujos objetivos são: a documentação, o estudo e o debate do desenvolvimento do Brasil em todas as suas dimensões, em especial as sociais, políticas e regionais.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Revisão metodológica do “OCDE Green Budgeting Framework” e proposta para o Brasil
[livro eletrônico] : maio/2025. -- 1. ed. --
Rio de Janeiro : Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento -
CICEF, 2025. PDF

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85327-07-7

1. Administração pública
2. Meio ambiente - Aspectos sociais
3. Mudanças climáticas - Aspectos socioambientais
4. Orçamento público.

25-274960

CDD-350.722

Índices para catálogo sistemático:

1. Orçamento público : Administração pública 350.722
Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Pesquisadores:

Lucas de Almeida Nogueira da Costa
Guilherme Spinato Morlin
José Bruno Fevereiro
Carlos Eduardo Frickmann Young
Amanda Martinho Resende

Camila Rizzini Freitas
Rodrigo Abreu Carvalho
Célia Maria Silva Carvalho
Carin Caroline Deda Malhadas
Francisco de Carvalho Santana

Centro Internacional Celso Furtado De Políticas Para O Desenvolvimento

Av. Rio Branco, 124 – Edifício Edison Passos, 13º andar, sala 1304

Centro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 20040-001

<http://www.centrocelsofurtado.org.br/>

secretaria@centrocelsofurtado.org.br

Sumário

Highlights	5
Visão Geral	5
Impacto Humano e Econômico	5
Desastres ligados à seca	5
Desastres ligados a chuvas extremas	5
Desastres no Norte e Centro-Oeste	6
Implicações e Políticas Públicas	6
Desastres Ambientais no Brasil	7
Desastres Reportados	8
Identificação de Eventos Extremos	10
Por que Associar Indicadores Meteorológicos com Notificações?	11
A demografia econômica nos desastres	13
Perdas Agrícolas	15
Heterogeneidade Regional	17
Considerações Finais	21
Referências	23

Highlights

Visão Geral

- Estudo traz um levantamento dos desastres ambientais ligados ao clima (seca e chuva extrema) para o período 2000-2023.
- A partir das notificações de desastres ambientais e de dados meteorológicos por município e ano, o relatório apresenta estimativas preliminares de perdas humanas e econômicas.

Impacto Humano e Econômico

- Notificações de desastres ambientais por municípios, que também estiveram associados a eventos meteorológicos extremos, estão relacionados a maiores perdas.
- Resultados indicam heterogeneidade regional e de impactos por tipo de desastre.

Desastres ligados à seca

- Estiveram concentrados no Nordeste (64%) e Sul (20%), mas veem crescentemente sendo observados no Sudeste (13%) devido à expansão do semiárido no norte de Minas.
- Perdas econômicas concentradas no setor privado (R\$ 720 bi), em atividades ligadas à pecuária (R\$ 169 bi) e agricultura (R\$ 520 bi), com elevadas perdas em área plantadas.
- Tendem a ser notificados por municípios menores e com menor PIB per capita, em especial no Nordeste, Sul e Sudeste. Resultado indica menor capacidade de resposta, mesmo quando não há um desvio do padrão meteorológico do município.
- Municípios com secas notificadas associadas a eventos meteorológicos extremos apresentam, na média por milhão de habitantes, 343 mil feridos/doentes, 2 mortes e 489 desabrigados e prejuízos econômicos da ordem de R\$4.3bi para cada ano de seca.

Desastres ligados a chuvas extremas

- Maior participação nas regiões Sudeste (32%), Sul (33%) e Nordeste (18%), especialmente no litoral.
- Relevantes danos materiais (R\$ 265) e prejuízos privados (R\$ 229 bi).
- Desastres ligados à chuva extrema tendem a ser notificados por municípios com maiores médias de população, PIB e PIB per capita. Resultado indica maior suscetibilidade devido à alta concentração urbana e relevo acidentado.

- Municípios com chuva extrema notificada associada a evento meteorológico extremo apresentam, na média por milhão de habitantes, cerca de 228 mil feridos/doentes, 18,5 mortes e 26 mil desabrigados para cada ano de seca.

Desastres no Norte e Centro-Oeste

- Os municípios das regiões Norte e Centro-Oeste são os que menos notificaram casos de seca e de chuva extrema.
- Apesar de apresentar menos casos, municípios do Centro-Oeste notificaram maiores perdas econômicas médias associadas à seca; no Norte, municípios reportaram, na média, elevadas perdas econômicas e, em termos per capita, de feridos e doentes.

Implicações e Políticas Públicas

- O estudo traz indicadores de perdas humanas e custos econômicos médios de desastres ambientais ligados ao clima, estando esses associados às mudanças climáticas ou não.
- À medida que a frequência de eventos climáticos extremos aumente, os resultados fornecem indicadores preliminares do custo da inação frente às mudanças climáticas.
- O estudo reforça a urgência de políticas de adaptação e mitigação climática, considerando a interligação entre fatores climáticos, sociais e econômicos.

Desastres Ambientais no Brasil

Um crescente corpo de evidências científicas demonstra que as mudanças climáticas exercem impactos adversos significativos sobre as condições econômicas e sociais em escala global (Carleton e Hsiang, 2018; Kotz *et al.*, 2024; Bilal e Känzig, 2024). Esses danos climáticos à atividade econômica estão relacionados ao aumento das temperaturas médias, o incremento do número de dias com temperaturas elevadas, e a maior ocorrência de eventos climáticos extremos. Os efeitos da mudança climática manifestam-se no território brasileiro, como demonstra o aumento na frequência de grandes secas registrado em áreas da Amazônia (Nobre, 2015). Além de estiagens prolongadas, eventos climáticos extremos como chuvas torrenciais, inundações, e incêndios florestais têm causado significativas perdas tanto do ponto de vista social quanto econômico nas últimas décadas — ver Subseção 3.1 do relatório para mais detalhes sobre como mudanças climáticas estão associadas a desastres no Brasil.

Com a intensificação das mudanças climáticas, eventos climáticos extremos e desastres ambientais tendem a se tornar mais frequentes e severos, inclusive no Brasil (Zilli et al., 2019; Dalagnol et al., 2021; Brito et al., 2018; IPCC, 2023). Uma vez que os crescentes riscos climáticos se combinam com vulnerabilidades socioeconômicas preexistentes no país, configura-se um cenário particularmente desafiador para a adaptação climática. Diante desse cenário, **a estimativa dos danos causados por estes eventos extremos demanda um estudo empírico rigoroso, capaz de examinar como diferentes variáveis socioeconômicas são impactadas pelos desastres ambientais observados.**

O objetivo do relatório (https://centrocelsofurtado.org.br/levantamento_de_desastres_ambientais_no_brasil_e_custos_reportados/) é sistematizar dados sobre desastres ambientais no Brasil para o período 2000-2023. Do ponto de vista metodológico, o relatório fornece um levantamento dos desastres ambientais no Brasil, integrando as estatísticas de notificação de desastres e os custos reportados com bases de dados de precipitação e outras bases de dados de indicadores econômicos. Dessa forma, o relatório busca fornecer uma base empírica sólida para uma estimativa dos custos de eventos extremos e o custo da mudança climática no país, objetivo que será desenvolvido em etapa posterior deste projeto de pesquisa.

Desastres Reportados

O levantamento dos desastres ambientais oficial no Brasil baseia-se nas solicitações municipais de estado de emergência e calamidade frente ao poder público federal, bem como dos respectivos danos e perdas reportados, por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional — organizado posteriormente no Atlas de Digital de Desastre no Brasil (CEPED, 2025). No total, mais de 56 mil notificações de desastres foram registradas no período de 2000 a 2023, revelando padrões regionais distintos em termos de tipos de desastres e sua intensidade. As notificações de seca apresentam maior taxa de reconhecimento, correspondendo a cerca de 59% (18,2 mil), enquanto as notificações de desastres hidrológicos registram aproximadamente 40% (10,2 mil) — ver Subseção 3.2 do relatório para caracterização mais aprofundada dos desastres notificados de seca e chuva extrema.

Entre 2000 e 2023 foi possível observar, a partir de uma análise descritiva simples, uma tendência de crescimento nas notificações de desastres hidrológicos e de seca, possivelmente relacionada tanto ao aumento da frequência desses eventos quanto à ampliação dos registros de desastres ocorridos, revelando uma melhora institucional do sistema de monitoramento e auxílio.

Identificou-se uma evidente heterogeneidade espacial em relação aos desastres reportados, refletindo as características climáticas e geográficas distintas de cada região. Enquanto 65% das notificações de desastres hidrológicos se concentram nas regiões Sul e Sudeste, 64% das notificações de eventos de seca ocorrem no Nordeste. Além disso, observou-se que Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul sozinhos foram responsáveis por mais de 35% das notificações de desastres hidrológicos. O Rio Grande do Sul também foi o segundo estado em número de notificações de desastres de seca, revelando a vulnerabilidade do estado a dois tipos contrastantes de desastres ambientais. A importância de notificações em ambos os casos de seca e desastres hidrológicos também foi observada em estados do Nordeste — como Bahia, Paraíba, Piauí e Ceará — e em Minas Gerais.

Os desastres ambientais estão associados a expressivos danos humanos e perdas econômicas, conforme reportado pelas defesas civis. Ainda que, no entanto, **o perfil dos prejuízos causados por desastres relacionados a secas e hidrológicos, associados a chuvas extremas, é substancialmente diferente.**

No caso específico das secas, em relação a danos humanos, destaca-se o elevado número de feridos e doentes, somando mais de 109 milhões de indivíduos em todo território nacional entre 2000 e 2023. A região Nordeste concentrou 76,5% desses casos, ultrapassando 83 milhões de pessoas afetadas no período. O número de indivíduos feridos e doentes atribuído às secas superou os 10 milhões em cada ano do período 2016-2019. Assim, a seca tem afetado milhões de pessoas direta ou indiretamente, com efeitos mais perceptíveis para populações mais vulneráveis (Costa et al., 2021; Silva et al., 2021; Salvador et al., 2022), como no caso da crise hídrica de 2014-2015 no Sudeste (Marengo et al., 2015), a grande seca de 2012-2017 no semiárido (Marengo et al., 2016; Santana e Santos, 2020) e dos episódios mais recentes no Norte do país em 2023 e 2024 (Souza et al., 2024; Espinoza et al., 2024).

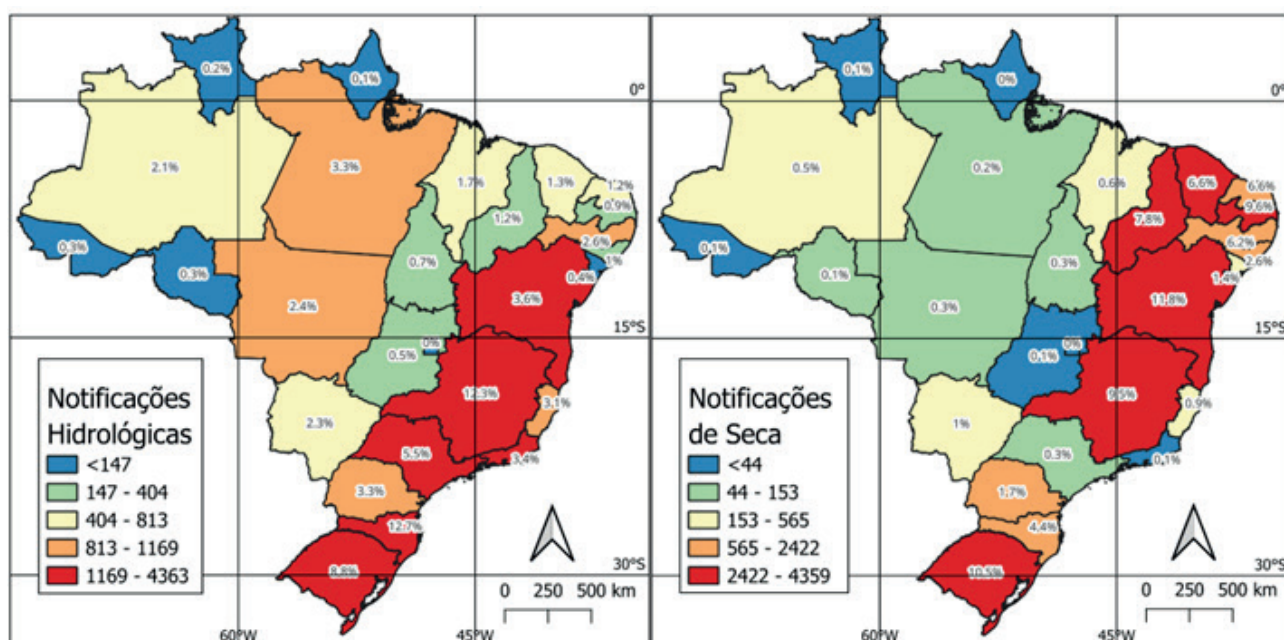
Os prejuízos econômicos atribuídos às secas totalizaram R\$785 bilhões no período analisado; ocorreram principalmente nas regiões Nordeste (46,9%) e Sul (40%); impactaram

principalmente o setor privado (89% do prejuízo total), sendo quase integralmente **vinculados às atividades de agricultura e pecuária**.

Já os **desastres hidrológicos associados às chuvas extremas, com relação aos danos humanos, apresentam uma quantidade muito maior de mortes** em decorrência do desastre, totalizando 7.071 mortes no período 2000-2023. **Concentradas sobretudo nas regiões Sudeste (63,2%) e Nordeste (22,4%), os desastres hidrológicos resultaram em mais de 8,5 milhões de pessoas desabrigadas ou desalojadas no período.**

Do ponto de vista das **perdas econômicas**, os **danos materiais** reportados associados a desastres hidrológicos **ultrapassaram os R\$265 bilhões no período analisado**, caracterizados por elevados danos materiais de **habitação (38,4%) e infraestrutura (61,6%)**. Assim como no caso dos danos humanos, os danos materiais totais **concentraram-se nas regiões Sudeste (41,6%) e Nordeste (28,3%)**. Por fim, destaca-se a **maior relevância dos prejuízos públicos** no caso dos desastres hidrológicos, **correspondendo a aproximadamente 24,7% das perdas econômicas totais registradas.**

Figura 1. Número e proporção de notificações de desastres por UF, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: a escala (cores) dos mapas corresponde ao número total de notificações, enquanto o rótulo apresenta a proporção de cada UF.

Identificação de Eventos Extremos

As notificações de desastres naturais, consolidadas no Sistema Integrado de Identificação de Desastres (S2ID) e organizadas pelo Atlas Digital de Desastres no Brasil são imprescindíveis na formulação de políticas públicas. Contudo, apesar da validação rigorosa realizada pela Defesa Civil Nacional, é esperado que notificações realizadas pelos municípios, realizadas com a urgência, sejam sensíveis a imprecisões. Espera-se, por exemplo, que perdas econômicas difíceis de se mensurar sejam ignoradas, especialmente se não forem observadas no curto prazo (Young et al., 2015). Além disso, é possível que as notificações de desastres estejam sobrestimadas. Como as notificações de desastres têm como objetivo a declaração de estado de emergência ou de calamidade em busca de auxílio dos entes competentes, os dados reportados podem apresentar vieses, refletindo realidades políticas locais. Finalmente, vale destacar também a possibilidade de que, vulnerabilidades locais, especialmente no caso de desastres recorrentes, podem levar municípios a realizar a notificação no contexto de um evento moderado mas não extremo com relação aos padrões históricos locais.

Portanto, o estudo desenvolveu uma **abordagem metodológica robusta que integra três dimensões complementares de análise. A primeira baseia-se nos desastres notificados e as perdas humanas e econômicas associadas. A segunda consiste na construção de indicadores de eventos meteorológicos extremos de seca e chuva. A terceira dimensão consistiu na coleta de variáveis secundárias, como PIB municipal, população, produção agrícola, emprego formal e identificadores regionais.**

A identificação de eventos extremos baseou-se na comparação com padrões históricos locais, classificando como extremos aqueles eventos em que os indicadores meteorológicos apresentaram desvio superior a um desvio padrão da média histórica de cada município — abordagem sugerida por Dell et al. (2014), Amare et al. (2018), Costa et al. (2021). Além disso, classificou-se como eventos climáticos relevantes as observações em que os indicadores meteorológicos apresentaram desvio entre 0,5 e 1 desvio padrão em relação à média histórica. A classificação foi realizada a partir das variáveis precipitação média anual, máximo de dias seguidos sem precipitação no ano, precipitação diária máxima no ano, e de Large Scale Precipitation Rate (medida de intensidade de precipitação) — construídas a partir de variáveis meteorológicas do ERA-5. A coleta de variáveis secundárias, como PIB municipal, população, produção agrícola, emprego formal e identificadores regionais visa ampliar o horizonte temporal e categórico dos possíveis impactos econômicos de desastres ambientais, capturando assim possíveis efeitos indiretos e de médio prazo. Ademais, ao se contrastar a base de desastres notificados por municípios (S2ID) com indicadores meteorológicos de eventos extremos, identificados pelo nosso estudo, ao longo do período 2000-2023 é possível identificar e corrigir possíveis vieses na identificação de desastres ambientais associados ao clima. Essa abordagem é uma etapa preliminar essencial para a aplicação de modelos econométricos que visam estimar os impactos humanos e socioeconômicos de eventos extremos de forma mais robusta.

Por que Associar Indicadores Meteorológicos com Notificações?

Utilizando os indicadores meteorológicos de eventos extremos e os dados de notificação de desastres, é possível entender com mais precisão alguns padrões. No caso da seca, das 133 mil observações totais (município-ano¹, isto é, total de municípios observados anualmente entre 2000 e 2023), apenas 50 mil observações não tiveram qualquer indício de seca. **No período analisado houve cerca de 20 mil (15%) observações que notificaram desastre de seca. Desse total, observou-se algum evento meteorológico extremo de seca em 6,5 mil casos e em 4,5 mil casos houve algum evento meteorológico relevante de seca.** Considerando o grupo de observações com notificações de seca, em cerca de 55% dos casos pudemos constatar um evento meteorológico (relevante ou extremo) de seca associado. Além dessas observações, **nossa metodologia identificou 63 mil observações (município-ano) que tiveram algum indicador meteorológico de seca positivo, mas que não tiveram notificações de secas por parte do município.**

Tabela 1. Média das perdas humanas e econômicas por milhão de habitantes, 2000-2023.

	Desastres de Seca			Desastres de Chuva		
	(1) Notificação sem Evento Met.	(2) Notificação & Evento Met.	(3) Notificação & Evento Met. Extremo	(4) Notificação sem Evento Met.	(5) Notificação & Evento Met.	(6) Notificação & Evento Met. Extremo
(a) Observações/Municípios-ano	9.129	4.493	6.532	6.836	2.075	6.866
(b) Mortos	0,4	0,7	2,0	10,3	10,8	18,5
(c) Desabrigados/ Desalojados	163	240	489	14.192	18.403	26.000
(d) Feridos/ Doentes	309.548	307.161	342.770	126.953	162.613	227.980
(e) Perdas Econômicas (mi R\$)	3.650	4.122	4.339	1.730	1.963	2.056

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach et al., 2023a; 2023b).
Valores de população do IBGE.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres. Prejuízo total refere-se à soma do prejuízo público e prejuízo privado reportados.

¹ Neste estudo, os termos “observações” ou “casos” são sinônimos para se referir a observação de um município ao longo de cada um dos anos do período analisado, isto é, um “município-ano”. Se ao longo de 24 anos (2000-2023) os 5.570 são observados anualmente, então existem exatos 133.680 mil casos (5.570 x 24). Como nem todos os 5.570 municípios existiram ao longo deste período, esse valor é uma aproximação.

Dividindo as cerca de 20 mil observações que notificaram desastres de seca entre (1) os que não apresentaram qualquer evento meteorológico de seca identificado, (2) os que tiveram evento meteorológico relevante e (3) os que apresentaram evento meteorológico extremo, **é possível observar, na média, que quanto maior a intensidade do evento meteorológico associado, maiores são as perdas.** Além da contagem de casos na linha (a), os resultados são verificados tanto para as perdas humanas (linhas b, c, d) quanto para as perdas econômicas (e).

No caso dos desastres de chuva extrema, das 133 mil observações, 75 mil observações não tiveram qualquer indicador meteorológico ou notificação de evento hidrológico. **No período analisado, houve 16 mil (12%) observações que notificaram desastre de chuva. Desse total, em cerca de 7 mil casos também foram identificados eventos meteorológicos extremos; enquanto em aproximadamente 2 mil casos houve algum evento meteorológico relevante, identificados pela nossa metodologia.** Nesse caso, é possível perceber uma maior proporção das notificações associadas a indicadores meteorológicos extremos. **Nossa metodologia, ainda, identificou outros 43 mil casos de municípios que tiveram evento hidrológico relevante ou extremo, a partir de pelo menos um indicador meteorológico,** mas que os municípios não realizaram notificações de desastres hidrológicos.

Assim como no caso da seca, as observações com eventos relevantes (5) ou extremos (6) de chuva associadas às notificações reportaram maiores perdas humanas e econômicas absolutas quando comparado ao grupo de observações sem eventos meteorológicos associados (4) — conforme na Tabela 1. Estes resultados são ainda mais expressivos quando se considera as perdas per capita — como pode ser visto na Tabela 6 e Tabela 14 para seca e chuva extrema, respectivamente, no relatório principal.

A partir dos resultados destacados, é possível notar que a associação de indicadores meteorológicos e notificações permite identificar os casos de desastres de maior gravidade entre aqueles notificados por municípios. Além disso, os resultados reforçam que o uso de indicadores meteorológicos pode corrigir possíveis vieses de sobreidentificação de desastres, produzindo um grupo de observações mais adequado para estimativas de impacto de desastres associados ao clima.

A demografia econômica nos desastres

Comparando os grupos de casos que tiveram notificação de seca, evento meteorológico extremo, ambos ou nenhum, é possível notar um padrão relevante: **municípios que notificam seca, independente de haver eventos meteorológicos associados, tendem a ter menor PIB e população, além de menor PIB per capita. Esse padrão se verifica principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul.** Além dessas variáveis, as categorias com notificação de seca também apresentam resultados piores em termos de empregos formais para Nordeste e Sudeste — para mais detalhes, ver a Subseção 3.2.1 do relatório.

Um padrão semelhante foi encontrado ao comparar as médias de receitas e despesas orçamentárias entre esses grupos — considerando tanto os valores absolutos quanto os indicadores per capita. Em média, **os municípios com secas notificadas tendem a ter receitas e despesas públicas inferiores, cenário que é ainda mais grave para o grupo com notificação de seca e evento meteorológico extremo associado.** No caso específico do Nordeste, apesar de os grupos com notificação de seca terem menores receitas orçamentárias médias, eles apresentam maior receita per capita média por conta, principalmente, da maior proporção de transferências intergovernamentais da união (via Fundo de Participação dos Municípios-FPM).

Esses resultados indicam que municípios com maior vulnerabilidade socioeconômica tendem a declarar mais seca, em especial no Nordeste, Sul e Sudeste. No entanto, esta análise descritiva não é suficiente para uma interpretação mais aprofundada, atribuindo causalidade de eventos climáticos sobre variáveis socioeconômicas, análise que será alvo de avaliação do próximo relatório do projeto. Ainda assim, **podemos formular a hipótese de que municípios de maior fragilidade em termos de população, receita orçamentária, nível de renda e atividade econômica tendem a recorrer à notificação de seca por serem menos capazes de lidar com esses eventos, mesmo nos casos em que o evento observado não seja tão distante do padrão histórico do município.** Uma hipótese complementar é de que municípios com maior vulnerabilidade socioeconômica apresentem padrão recorrente na notificação de seca como mecanismo institucional para mobilizar recursos federais voltados ao enfrentamento de suas deficiências crônicas.

De forma antagônica, os grupos de desastres relacionados à chuva extrema apresentam padrões bem distintos. Para todas as regiões do país, **os municípios que notificam desastres hidrológicos têm, em média, população e PIB, além de PIB per capita (exceto Centro-Oeste), superiores em relação aos demais grupos** (i.e. sem desastres hidrológicos ou apenas com indicador meteorológico relevante ou extremo). Nesse caso, é possível observar também maiores receitas e despesas orçamentárias totais para os grupos de municípios no ano que notificaram desastres hidrológicos, além de mais empregos formais no Nordeste e Sul para os municípios que notificam desastres — mais detalhes na Subseção 4.2.1 do relatório.

Novamente, a análise descritiva nos permite apenas formular hipóteses que podem ser testadas em estudos posteriores. Primeiro, **conjectura-se que municípios maiores e mais relevantes economicamente podem ter maior acesso à capacidade técnica necessária para declarar as ocorrências de chuvas extremas. Além disso, municípios com maior população podem ser mais suscetíveis a**

desastres na ocorrência de chuvas extremas por apresentarem maior concentração da população e, eventualmente, um crescimento urbano desordenado. Finalmente, é possível que desastres de chuvas extremas tenham impacto positivo no curto prazo sobre a atividade econômica por imporem a reconstrução do dano material sofrido especialmente quando há o reconhecimento do desastre e apoio dos entes federativos. Essas hipóteses serão discutidas na etapa posterior deste projeto.

Perdas Agrícolas

As atividades agropecuárias são de extrema relevância quando buscamos identificar os impactos de desastres naturais por serem atividades muito suscetíveis a eventos extremos e são vulneráveis às mudanças do clima (IPCC, 2023). Além disso, o setor agropecuário é estratégico na garantia da segurança alimentar da população, gera emprego em regiões economicamente vulneráveis e, além disso, apresenta bases de dados detalhadas, tornando possível avaliar com mais detalhes as perdas associadas aos desastres de seca e chuva extrema.

No caso de desastres de seca, alguns resultados merecem destaque:

- Com exceção dos municípios da região Norte, **observa-se uma maior proporção de área plantada perdida para os casos com notificação de desastre ambiental** — resultado que tende a ser ainda mais grave no Nordeste para casos em que foi verificado evento meteorológico extremo.
- No **Nordeste**, região com o maior número de notificações de seca, municípios que notificaram secas apresentam **menor média de Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola e de extração e silvicultura**. No **Sudeste** é possível verificar resultados semelhantes para o **VBP agrícola**.
- No **Sul e Centro-Oeste**, casos de seca identificados pelas notificações de desastre ou pelos indicadores meteorológicos possuem ainda **maior média de área plantada perdida**. Vale destacar que nessas regiões os **municípios atingidos por seca tendem a ser aqueles com maior área plantada**. Porém, **não se verifica menor VBP agrícola** associado aos grupos de seca.
- No **Norte** é possível destacar principalmente o **menor VBP médio da extração e silvicultura** para os grupos de municípios com algum indicador de seca.

A identificação dos cultivos agrícolas mais vulneráveis a eventos climáticos é fundamental para definir estratégias de adaptação climática que tornem a produção de alimentos mais resiliente às variações climáticas. **A partir do indicador de área plantada perdida, é possível destacar também os principais cultivos agrícolas afetados:**

- No **Nordeste**, municípios com indicadores de seca apresentam áreas perdidas para **quase todos os cultivos** observados (algodão, arroz, fumo, mandioca, soja e, principalmente, feijão e milho).
- Para as demais regiões destacam-se perdas relevantes em grupos de municípios com seca para os cultivos de **soja, milho, feijão e arroz**.

No caso de desastres de chuvas extremas, por outro lado, os municípios apresentam perdas de área plantada e VBP agrícola muito mais próximos dos grupos respectivos sem desastre hidrológico. Em alguns casos, como no Sudeste — região com maior notificações desse tipo de desastre —, o grupo com notificação de desastre de chuva apresenta maiores perdas de área plantada e menor VBP agrícola médio do que o grupo sem desastres. Porém, essas diferenças são mínimas ao considerar o VBP agrícola por área plantada e as perdas percentuais de área plantada, tanto para o Sudeste quanto para as demais regiões.

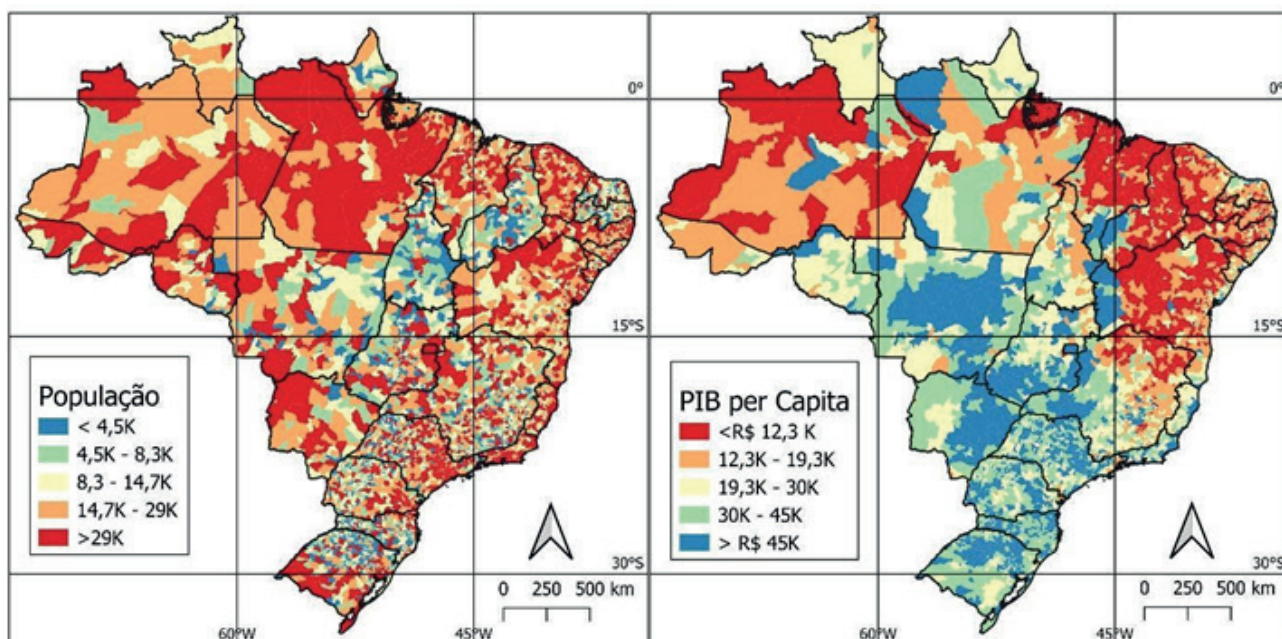
Portanto, vale considerar **duas hipóteses** que podem explicar esse padrão. **Primeiro, é possível que o dano de desastres hidrológicos na produção agropecuária seja menor, sendo identificado apenas por meio de uma análise estatística mais robusta. Segundo, a comparação entre municípios com e sem desastre hidrológico pode apresentar viés devido à elevada presença de municípios com eventos de seca no segundo grupo amostral.** Isso ocorreria porque a seca tende a apresentar um efeito mais expressivo sobre a produção agrícola. Novamente, nesse caso, **estratégias empíricas mais robustas são necessárias** para analisar a relação entre as perdas agrícolas e desastres de chuva extrema.

Heterogeneidade Regional

Para compreender como eventos extremos se convertem em desastres naturais, ao impactar as comunidades que vivem em locais atingidos, é fundamental considerar as heterogeneidades e vulnerabilidade regionais existentes. **A análise descritiva realizada evidencia que o estudo do impacto de desastres no Brasil deve considerar explicitamente a heterogeneidade regional.** Mais detalhes sobre heterogeneidade regional socioeconômicas são abordados na Subseção 4.3 do relatório.

Os resultados evidenciam como o Nordeste merece um destaque especial. É a região que mais abriga municípios que notificaram seca no período 2000-2023, especialmente em seu interior semiárido. Porém, não é a região que mais apresenta eventos meteorológicos extremos, isto é, fora do seu padrão histórico. Esse resultado pode refletir o tamanho da vulnerabilidade do semiárido nordestino: muitos municípios com baixo PIB e baixa densidade populacional (Figura 2), que não conseguem lidar sequer com eventos meteorológicos dentro do seu padrão histórico, ainda mais quando esses eventos são de fato extremos. Uma outra hipótese que merece atenção é a possibilidade de efeitos de longo prazo do clima semiárido, que podem ajudar a perpetuar uma situação de vulnerabilidade. O Nordeste continua tendo as maiores perdas humanas e econômicas de seca reportadas, com destaque para as atividades agropecuárias, fundamentais para a segurança alimentar na região. Por outro lado, no litoral nordestino há também uma enorme concentração de municípios que notificam e sofrem as consequências de desastres relacionados às chuvas extremas. Nesse caso, os municípios afetados tendem a ter maior

Figura 2. Média da população e PIB *per capita* por município, 2000-2023.



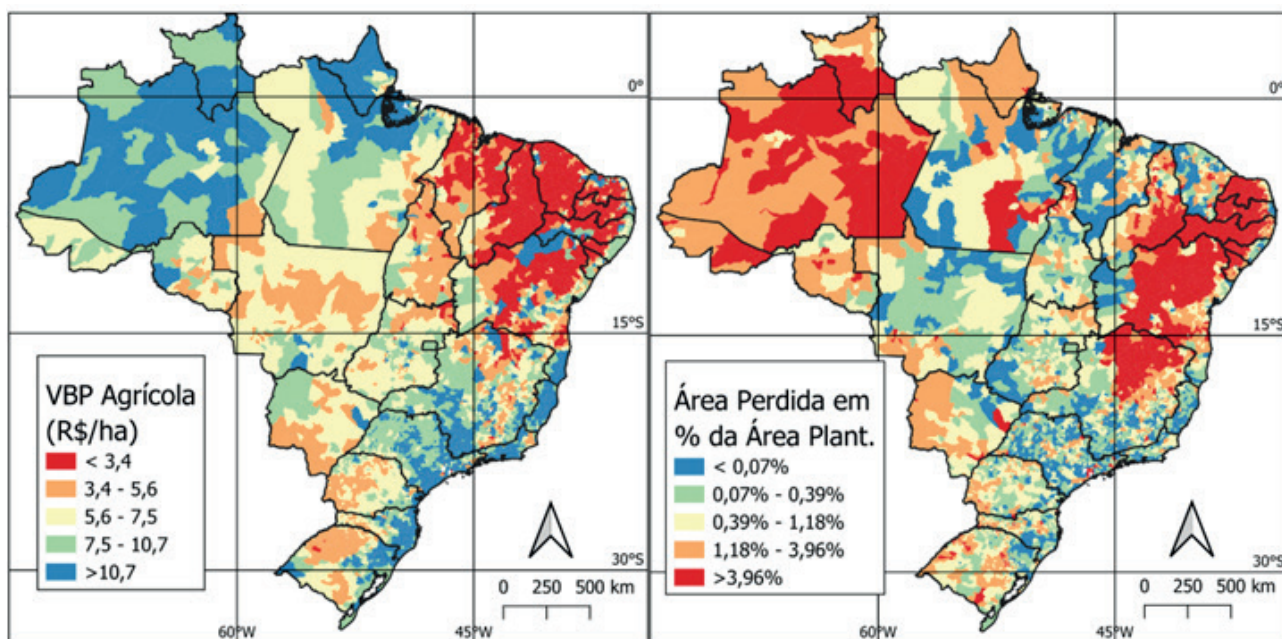
Fonte: elaboração própria a partir dos valores de população e PIB municipal do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

renda e população, corroborando uma hipótese de maior relevância dos desastres hidrológicos nos grandes centros urbanos da região litorânea do Brasil.

A região Sul também é central para compreender a dimensão dos impactos de eventos extremos, já que é afetada em larga escala tanto por desastres de seca como por desastres de chuva extrema. É a segunda região que mais apresenta municípios que notificaram seca e desastres de chuva no período 2000-2023 e também é uma das regiões com mais eventos meteorológicos extremos identificados, especialmente no caso de eventos de chuva extrema. Consequentemente, os municípios que notificam desastres no Sul apresentam, no agregado de ambos os desastres, as maiores perdas humanas e econômicas. Assim como no Nordeste, há uma diferença demográfica relevante entre os grupos de municípios afetados por secas e por chuvas extremas. Os municípios que notificam seca tendem a ser menores em população e PIB, enquanto os que notificam desastres de chuva extrema tendem a ser maiores — explicitando novamente aspectos socioeconômicos chave dos municípios afetados por cada um dos desastres. Enquanto os desastres de seca se concentram no seu interior, especialmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os municípios que mais declaram desastre de chuva se concentram mais próximos ao litoral. Finalmente, nota-se que a perda da agropecuária também é relevante nos casos de seca na região Sul, ainda que as vulnerabilidades sejam menores do que no Nordeste — como visto na Figura 3.

Nas últimas décadas, a região semiárida do país vem se expandindo, principalmente no Norte de Minas Gerais (Tomasella et al., 2023). Essa expansão se reflete tanto em um número elevado de notificação dos casos de seca no Sudeste — terceira região com mais municípios que notificaram seca entre 2000 e 2023 — quanto no elevado número de indicadores meteorológicos de seca extrema, que apontam a região como a mais afetada por secas extremas (fora do padrão histórico local). Por conseguinte, o Sudeste apresenta valores elevados de danos humanos e econômicos decorrentes de municípios afetados pela seca. Como nas outras regiões, nota-se um padrão demográfico semelhante nos municípios do Sudeste com notificação de seca: tendem a ter PIB e população mais baixos quando comparados com os municípios que não notificam seca. Consequentemente, percebe-se uma proporção de área plantada perdida consideravelmente maior para os municípios da região que notificam seca (Figura 3).

Figura 3. Média do VBP agrícola e da área perdida por município, 2000-2023.

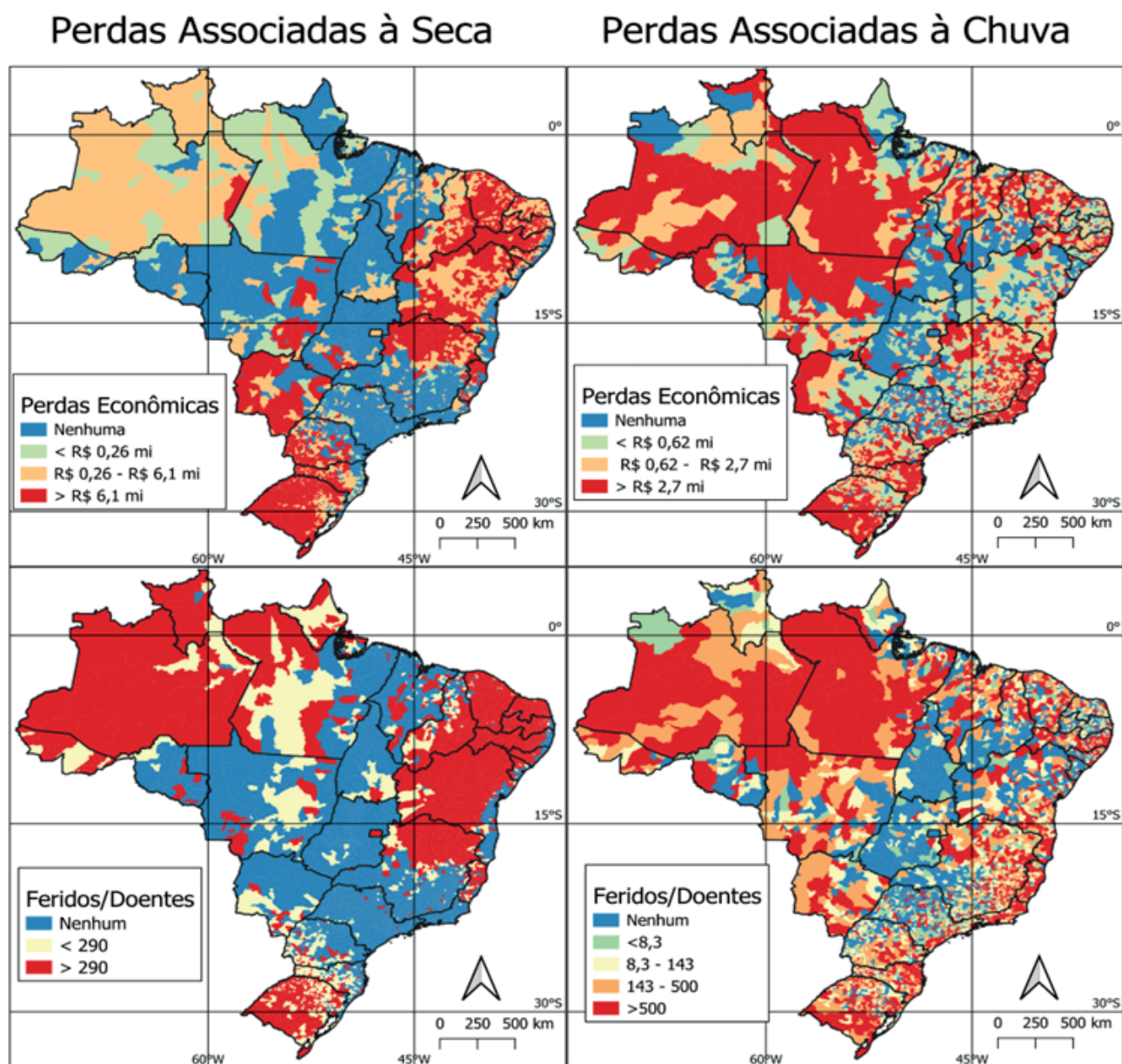


Fonte: elaboração própria a partir dos valores da PAM do IBGE.
Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

No caso de desastres de chuva extrema no Sudeste, verifica-se um fenômeno análogo aos casos de seca no Nordeste: há uma maior proporção de casos notificados do que de observações com eventos meteorológicos extremos. Em outras palavras, há muitos municípios no Sudeste que não tiveram tantos eventos de chuva fora do seu padrão histórico, porém que, mesmo assim, notificaram desastres hidrológicos. Nesse sentido, é possível que os municípios da região mantenham suas vulnerabilidades, particularmente em regiões de crescimento urbano acelerado e relevo acidentado, uma vez que as notificações se concentram em municípios com maior população e atividade econômica.

Os municípios das regiões Norte e Centro-Oeste são os que menos notificaram casos de seca e de chuva extrema no período 2000-2023. Contudo, os eventos meteorológicos fora dos padrões locais

Figura 4. Média anual por município de perdas humanas e econômicas reportados, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: adotou-se escala binária quando havia poucos municípios com as perdas específicas e escalas com quantis nas demais. No caso das escalas com quantis, é importante notar que como há sempre um quantil com valor igual a zero, essa categoria tende a ser maior que as demais, uma vez que a quebra entre uma categoria e outra pode se dar em uma observação de valor zero.

foram proporcionalmente maiores do que as notificações nessas regiões — exceto no caso de chuvas extremas no Centro-Oeste. Esse resultado sugere que nessas regiões ainda há alguma resiliência aos eventos meteorológicos extremos. Por outro lado, os dados também reportam resultados preocupantes. **O Centro-Oeste apresenta os maiores prejuízos econômicos médios associados à notificação de seca. Isso se deve a grande dependência desses municípios por atividades agropecuárias — setor que tende a ser mais vulnerável a eventos de seca. Os municípios que notificam desastres de seca no Centro-Oeste são os que têm maior área plantada média e os que têm maior perda de área plantada, evidenciando a potencial vulnerabilidade da região em um cenário de mudanças climáticas.** Por sua vez, a região Norte apresenta uma grande quantidade de feridos e doentes por seca, especialmente quando esse valor é ponderado pela quantidade de habitantes. A região Norte também apresenta danos e prejuízos econômicos relevantes nos casos de chuva extrema (como visto na Figura 4). Finalmente, destaca-se o menor valor de produção de extração e silvicultura nos municípios que notificaram seca no Norte. Portanto, apesar dessas regiões não serem hotspots históricos de desastres naturais, existem alguns indícios de que elas podem ser vulneráveis às mudanças climáticas (Nobre, 2015).

Considerações Finais

O **objetivo** de realizar a análise descritiva dos dados **é identificar padrões e correlações simples para subsidiar a formação de hipóteses que podem ser testadas por metodologias estatísticas mais robustas**. Os dados das **notificações de desastres** são fundamentais para compreender em diversas dimensões os seus efeitos. Contudo, eles estão **propícios a erros de medidas** (especialmente subestimação por ignorar efeitos mais específicos, indiretos ou de médio e longo prazo) e **vieses nas notificações**, relacionados à capacidade e ao interesse de cada município em realizar as declarações. Portanto, **seguindo a literatura** de eventos extremos e desastres, o **relatório utilizou indicadores meteorológicos para identificar eventos extremos** e relevantes de seca e chuva. Essa metodologia permite selecionar as observações com maiores perdas notificadas.

Ao agrupar as observações de municípios no período 2000-2023 entre grupos com notificação de desastres simultaneamente com indicadores meteorológicos de eventos extremos, alguns padrões se destacaram. No **Nordeste**, existe uma **grande proporção de notificações de seca que não estão associadas a eventos meteorológicos extremos** — isto é, extremos em relação ao padrão local. Analogamente, **no Sudeste a maioria das notificações de desastres de chuva extrema não está associada a indicadores de evento meteorológico hídrico extremo**. Esses resultados sugerem que a **vulnerabilidade a eventos meteorológicos é tão elevada em determinados municípios** que, mesmo quando os indicadores meteorológicos não se afastam significativamente da média histórica, os eventos são notificados como desastres naturais. Por outro lado, o **Centro-Oeste e Norte tiveram números consideráveis de eventos meteorológicos extremos e praticamente não notificaram desastres naturais** — tanto em casos de seca como em casos de chuvas extremas. Nesse caso, é possível que nessas regiões haja uma maior resiliência a esses eventos, ou então que os extremos para os padrões históricos locais não caracterizem eventos tão graves quanto os extremos de outras regiões — como seca no semiárido ou chuvas intensas na região do litoral atlântico. Em um contexto de mudanças climáticas, **caso esses padrões meteorológicos continuem a se agravar, eventos cada vez mais distantes dos padrões históricos locais poderão ser percebidos como desastres pelas populações dessas regiões**.

As diversas análises descritivas propostas neste relatório evidenciam os **fortes padrões regionais** dos eventos extremos e dos desastres naturais. Esses padrões se verificaram tanto nas ocorrências — sejam notificações ou eventos meteorológicos — quanto nos resultados calculados a partir das notificações e de outras variáveis socioeconômicas. Essas características sugerem que, para exercícios empíricos robustos, pode ser mais apropriado construir modelos específicos para regiões onde os desastres apresentam padrões similares. Nesse contexto, existe um possível trade-off. Por um lado, ao delimitar excessivamente a região, pode-se capturar melhor as heterogeneidades locais. Por outro lado, a redução da base de dados implica menor disponibilidade de informações úteis para a estimação dos coeficientes. Alguns recortes regionais, contudo, emergem de modo mais evidente da análise das estatísticas descritivas. **Para eventos de seca, o semiárido brasileiro e a região Sul constituem os dois grupos regionais que mais se destacam. O litoral do Nordeste, por exemplo, pode apresentar características mais próximas às de municípios do Sudeste, enquanto municípios do Centro-Oeste encontram-se em uma zona de transição entre Sul, Sudeste e Norte. Para chuvas extremas, o padrão populacional indica que uma das principais divisões espaciais deve basear-se na distinção entre grandes centros urbanos e demais áreas.**

Em relação aos indicadores utilizados para estimar o impacto das secas e chuvas extremas, destacam-se alguns padrões relevantes. **Municípios que notificam eventos de seca tendem a ser menores em termos de população, PIB e capacidade orçamentária** — características que indicam algum tipo de vulnerabilidade no enfrentamento a eventos de grande escala. Ainda no **caso da seca, as perdas relacionadas ao setor agropecuário são notórias**, mesmo em uma análise descritiva simples. Em relação aos desastres de chuva extrema, **destaca-se que os municípios que mais os notificam são os municípios maiores em termos de população e PIB**. Esse resultado permite formular três hipóteses não excludentes. Primeiro, eventos meteorológicos de chuva extrema convertem-se em desastres principalmente em municípios maiores, caracterizados por crescimento urbano mais desordenado. Segundo, os municípios mais populosos e com maior PIB concentram-se próximos ao litoral brasileiro, região que apresenta mais áreas de risco e maior volume pluviométrico. Terceiro, esse tipo de desastre pode promover aumento da atividade econômica ao demandar reconstrução de infraestrutura, especialmente quando o município atingido recebe apoio dos demais entes federativos.

A identificação de eventos extremos de seca e precipitação intensa baseou-se na aplicação de indicadores meteorológicos e na sua comparação com a média e desvio padrão históricos do local, conforme sugerido pela literatura. Espera-se que essa metodologia aumente a precisão de efeitos estimados por modelos econométricos — inclusive para indicar a ausência de impactos significativos, o que será melhor abordado no próximo relatório. Nesse sentido, a presente análise é uma etapa intermediária que será seguida pela estimação dos impactos socioeconômicos dos eventos extremos. Diversos dos resultados reportados acima evidenciam a necessidade de um ferramental estatístico mais complexo. Alguns exemplos são: a dificuldade de interpretação e de potencial dupla causalidade no efeito de desastres naturais sobre a atividade econômica; resultados ambíguos ao se considerar variáveis absolutas ou variáveis relativas (como per capita, ou proporcional à área); e a diferença de resultados entre municípios que notificam desastres, e municípios que os notificam e apresentam evento meteorológico. Portanto, é fundamental isolar várias características a partir de controles e efeitos fixos em modelos econométricos, de modo a produzir aplicações relevantes para a política pública. O aprofundamento dessas questões com as metodologias adequadas constituirá o foco central da próxima etapa desta investigação. Os resultados dessas análises avançadas serão sistematizados e apresentados em relatório subsequente, oferecendo resultados robustos para compreender os prejuízos causados por eventos extremos e, dessa forma, os custos relacionados à mudança climática no Brasil.

Referências

- Amare, M., Jensen, N. D., Shiferaw, B., & Cissé, J. D. (2018). Rainfall shocks and agricultural productivity: Implication for rural household consumption. *Agricultural systems*, 166, 79-89.
- Bilal, A., & Känzig, D. R. (2024). The macroeconomic impact of climate change: Global vs. local temperature (No. w32450). National Bureau of Economic Research.
- Brito, S. S. B., Cunha, A. P. M., Cunningham, C. C., Alvalá, R. C., Marengo, J. A., & Carvalho, M. A. (2018). Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, 38(2), 517-529.
- Carleton, T. A., & Hsiang, S. M. (2016). Social and economic impacts of climate. *Science*, 353(6304).
- CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. (2025). Atlas Digital de Desastres no Brasil [Base de dados]. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>.
- CMN (Confederação Nacional de Municípios). (2023). Danos e prejuízos causados por desastres no Brasil entre 2013 a 2023. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2022/Estudos_tecnicos/202204_ET_DEF_Danos_Prejuizos_Causados_Desastres2023.pdf?t=1697462457
- Costa, L., Sant'Anna, A. A., & Young, C. E. F. (2023). Barren lives: drought shocks and agricultural vulnerability in the Brazilian Semi-Arid. *Environment and Development Economics*, 28(6), 603-623.
- Dalagnol, R., Gramscianinov, C. B., Crespo, N. M., Luiz, R., Chiquetto, J. B., Marques, M. T., ... & Sparrow, S. (2022). Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change?. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e15.
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. *Journal of Economic literature*, 52(3), 740-798.
- Espinoza, J. C., Jimenez, J. C., Marengo, J. A., Schongart, J., Ronchail, J., Lavado-Casimiro, W., & Ribeiro, J. V. M. (2024). The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Scientific Reports*, 14(1), 8107.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2023). Summary for policymakers. In H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-34). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Kotz, M., Levermann, A., & Wenz, L. (2024). The economic commitment of climate change. *Nature*, 628(8008), 551-557.
- Marengo, J. A., Cunha, A. P., & Alves, L. M. (2016). A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanalise*, 3(1), 49-54.
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Seluchi, M. E., Cuartas, A., Alves, L. M., Mendiando, E. M., ... &

Sampaio, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista Usp*, 106(106), 31-44.

Salvador, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Libonati, R., Russo, A., Garcia, B. N., Belem, L. B. C., ... & Nieto, R. (2022). Effects of drought on mortality in macro urban areas of Brazil between 2000 and 2019. *GeoHealth*, 6(3), e2021GH000534.

Santana, A. S. D., & Santos, G. R. D. (2020). Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas.

Silva, P. E., Spyrides, M. H. C., de Melo Barbosa Andrade, L., Santos e Silva, C. M., Mutti, P. R., & Lucio, P. S. (2021). An epidemiological index for drought vulnerability in the Rio Grande do Norte State, Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 65(2), 325-335.

Souza, C. M., Marengo, J., Ferreira, B., Ribeiro, J., Schirmbeck, L. W., Schirmbeck, J., ... & Latuf, M. O. (2024). Amazon severe drought in 2023 triggered surface water loss. *Environmental Research: Climate*, 3(4), 041002.

Tomasella, J., Cunha, A., & Marengo, J. A. (2023). Nota técnica: elaboração dos mapas de índice de aridez e precipitação total acumulada para o Brasil. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Young, C. E. F., Aguiar, C., & Souza Neto, E. D. (2015). Valorando tempestades: custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002-2012. São Paulo: Observatório do Clima.

Zilli, M. T., Carvalho, L. M., Liebmann, B., & Silva Dias, M. A. (2017). A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2269-2279.

