

IMPACTO  
DE EVENTOS  
CLIMÁTICOS  
EXTREMOS  
SOBRE A  
SAÚDE E A  
EDUCAÇÃO  
DE CRIANÇAS,  
ADOLESCENTES  
E JOVENS  
NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO

IMPACTO  
DE EVENTOS  
CLIMÁTICOS  
EXTREMOS  
SOBRE A  
SAÚDE E A  
EDUCAÇÃO  
DE CRIANÇAS,  
ADOLESCENTES  
E JOVENS  
NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO

SALVADOR | ABRIL DE 2020

# IMPACTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS SOBRE A SAÚDE E A EDUCAÇÃO DE CRIANÇAS, ADOLESCENTES E JOVENS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

## PROGRAMA SEMEAR INTERNACIONAL

### COORDENAÇÃO

FABIANA DUMONT VITERBO

### ASSISTÊNCIA ADMINISTRATIVA FINANCEIRA

ANA LUIZA SANTOS

### GERÊNCIA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO

ALINE MARTINS DA SILVA

### GERÊNCIA DE COOPERAÇÃO SUL-SUL

RUTH PUCHETA

### ASSISTÊNCIA DE COOPERAÇÃO SUL-SUL

ESTHER MARTINS

### ASSESSORIA DE M&A

ADALTO MARTINS

### ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

GABRIEL MONTEIRO

## EQUIPE RESPONSÁVEL PELA PUBLICAÇÃO

### RODRIGO OLIVEIRA

Doutor em Economia, professor de Economia da UFBA, coordenador geral do Projeto.

### DIANA GONZAGA

Doutora em Economia, professora de Economia da UFBA, vice-coordenadora do Projeto.

### HENRIQUE MOTTÉ

Doutorando em Economia, pesquisador responsável pela construção das bases de dados de educação.

### SILVANA GUIMARÃES

Doutoranda em Economia, pesquisadora responsável pela construção das bases de dados de trabalho e renda.

### FIRMINO SOUZA FILHO

Mestre em Economia, pesquisador responsável pela construção dos bancos de dados de saúde.

### BEATRIZ OLIVEIRA

Graduanda em Economia, assistente de pesquisa.

### VITOR BERNARD

Graduando em Economia, assistente de pesquisa.

Além desta equipe, a presente pesquisa contou com a contribuição de especialistas do Unicef em Salvador na definição dos indicadores e temas de maior relevância para pensar nos estudos sobre crianças, adolescentes e jovens.

### SONIA BASTOS (ESTÚDIO 513)

Projeto gráfico e diagramação.

### GILDEMAR SENA OLIVEIRA

Ilustrações.

As ilustrações que abrem os capítulos foram desenvolvidas pelo artista Gildemar Sena de Oliveira especialmente para esta publicação. Técnica: Nanquim sobre papel.

# Sumário

ATUAÇÃO DO FIDA NO BRASIL COM O PROGRAMA SEMEAR INTERNACIONAL	8
APRESENTAÇÃO	10
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. A escassez de água no mundo e no nordeste	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	21
3. METODOLOGIA	27
3.1. Dados	27
3.1.1. Saúde	27
3.1.2. Educação	30
3.1.3. Clima	30
3.2. Evidências iniciais	32
3.3. Abordagem empírica	40
3.3.1. Saúde	40
3.3.2. Educação	42
4. RESULTADOS	45
4.1. Saúde	45
4.2. Educação	51
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	63
5.1. Como estes resultados se relacionam com o estudo de Machado Filho et al. (2016): “Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no norte e nordeste do Brasil”	64
5.2. Relação entre os resultados encontrados e as políticas de primeira infância	65
REFERÊNCIAS	66
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	69
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	70

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F981i

Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA).  
Impacto de eventos climáticos extremos sobre a saúde e a educação de crianças, adolescentes e jovens no semiárido brasileiro – [Salvador] : Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), 2020.  
63 p. ; il. color.

Estudo coordenado pela equipe do Programa Semear Internacional (PSI) e desenvolvido por uma equipe técnica de pesquisadores da Universidade Federal da Bahia (UFBA).  
Contou também com a contribuição de especialistas do Unicef Salvador.

ISBN 978-92-9266-045-1

1. Saúde. 2. Educação. 3. Semiárido 4. Nordeste. I. Título.

CDU 308

# Mapa do FIDA no Brasil



## Projeto Viva o Semiárido (PVSA)

- Unidade Federativa: Piauí
- Financiamento FIDA: US\$ 20 milhões
- Financiamento governamental: 10,1 milhões
- Famílias beneficiadas: 22 mil
- Jovens: 3.832 (alcance)/ 5.400 (meta)



PROJETO  
**PAULO FREIRE**  
DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO E DE CAPACIDADES

## Projeto Paulo Freire (PPF)

- Unidade Federativa: Ceará
- Financiamento FIDA: US\$ 40 milhões
- Financiamento Governamental: US\$ 40 milhões
- Famílias: 60 mil
- Jovens: 16.052



PROJETO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DO CARIRI, SERIDÓ E CURIMATAÚ

## Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó e Curimataú (Procase)

- Unidade Federativa: Paraíba
- Financiamento FIDA: 25 milhões
- Financiamento Governamental: US\$ 15,5 milhões
- Famílias: 22 mil
- Famílias chefiadas por jovens: 1.570



PROJETO  
**DOMTÁVORA**  
DESENVOLVIMENTO DE NEGÓCIOS RURAIS  
PARA PEQUENOS PRODUTORES

## Projeto Dom Távora (PDT)

- Unidade Federativa: Sergipe
- Financiamento FIDA: US\$ 16 milhões
- Financiamento governamental: 12,6 milhões
- Famílias beneficiadas: 12 mil
- Famílias chefiadas por jovens: 1.545 (alcance)



## Projeto Pró Semiárido (PSA)

- Unidade Federativa: Bahia
- Financiamento FIDA: US\$ 45 milhões
- Financiamento Governamental: US\$ 50 milhões
- Famílias beneficiadas: 61.963
- Jovens: 17.990



## Projeto Dom Helder Câmara (PDHC II)

- Unidade Federativa: Distrito Federal
- Financiamento FIDA: US\$ 125,3 milhões
- Financiamento governamental: US\$ 42 milhões
- Famílias: 74 mil
- Jovens: 39 mil

# Atuação do FIDA no Brasil com o Programa Semear Internacional

O Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (Fida) é uma agência de investimentos da Organização das Nações Unidas (ONU) que, em parceria com governos estaduais e federais, realiza acordos de empréstimos e doações para apoiar o desenvolvimento rural. No Brasil, o principal foco de investimentos do Fida é a região semiárida, onde promove ações direcionadas ao fomento de projetos produtivos de geração de renda agropecuária, cooperativismo, associativismo e acesso a mercados. Com uma meta que tem a promoção da segurança alimentar nutricional e a diminuição da pobreza no meio rural entre os seus pilares, o Fida incentiva o fortalecimento de atividades cujos públicos prioritários são mulheres, jovens e comunidades tradicionais.

O Fida já viabilizou um montante de aproximadamente 300 milhões de dólares, para implementação de treze projetos no Brasil. Em 2020, seis projetos estão sendo executados, beneficiando 250 mil famílias de forma direta. Cinco deles são em parceria com governos estaduais, por meio de acordos bilaterais: Paraíba (Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó e Curimataú – Procase), Bahia (Projeto Pró-Semiárido), Sergipe (Projeto Dom Távora), Piauí

(Projeto Viva o Semiárido), e Ceará (Projeto Paulo Freire). Em parceria com o governo federal, o Projeto Dom Hélder Câmara (PDHC), abrange onze estados: Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Piauí, Paraíba, Sergipe, Maranhão, Minas Gerais e Espírito Santo.

Paralelamente aos projetos, o Fida busca realizar ações que vão além do desenvolvimento produtivo nas comunidades atendidas, estimulando o acesso à informação por meio de programas de doação, como o Programa Semear Internacional (PSI), cuja operacionalização é apoiada pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). Com atuação no Brasil, o PSI possui os seguintes eixos: Gestão do Conhecimento; Monitoramento & Avaliação; Comunicação; Diálogos de Políticas; e Cooperação Sul-Sul e Triangular. O PSI trabalha junto aos seis projetos apoiados pelo Fida no Brasil, fortalecendo suas capacidades ao realizar atividades que estimulam o conhecimento. O objetivo é facilitar o acesso a saberes e inovações contextualizados para a convivência com o semiárido.

Entre as atividades do PSI estão intercâmbios; capacitações; oficinas e seminários com técnicos e beneficiários dos projetos; formação técnica para

gestores públicos; articulações institucionais; promoção do trabalho para a igualdade de gênero; apoio à coleta de dados socioeconômicos e metodização dos resultados; publicações de livros; e produção de conteúdos jornalísticos e comunicacionais em formatos impresso e digital. Dessa forma, o programa vem contribuindo, de forma expressiva, para a sistematização e disseminação das boas práticas rurais dos projetos do Fida, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Funcionamento de cada componente de atuação do PSI:

## Gestão do Conhecimento

Capacitações, intercâmbios, encontros temáticos e seminários são as principais atividades desenvolvidas para fortalecer os saberes e a troca de conhecimento entre os projetos, envolvendo técnicos, técnicas, beneficiárias e beneficiários. Os temas mais trabalhados são: acesso a mercados, agroecologia, gênero, gastronomia e caprinovincultura. Muitos desses eventos resultam em publicações que, em formato impresso e/ou digital, contribuem para a potencialização e a visibilidade dessas boas práticas e experiências de sucesso.

## Monitoramento & Avaliação

São realizadas capacitações periódicas direcionadas a técnicos e técnicas dessas áreas, com a promoção de reuniões em grupos de trabalho e o envolvimento de profissionais de outras instituições. Todos os projetos do Fida no Brasil utilizam um sistema de gestão integrada chamado Data.Fida, um grande produto desenvolvido pelo Semear Internacional para esse componente, que contribui para o aumento da qualidade e precisão das informações coletadas e processadas pelos projetos.

## Comunicação

Componente que permeia todos os outros, a Comunicação do Semear Internacional se vale de diversos canais, como o portal e as redes sociais, para fazer com que o conhecimento e a informação cheguem aos mais diferentes públicos. No site estão disponíveis, por exemplo, as publicações (livros, cartilhas, manuais e estudos), o acervo de vídeos e fotos e o banco de boas práticas já catalogadas, além de textos criados semanalmente e disseminados entre os projetos do Fida. Um produto recente dessa área é o Prêmio Semear Internacional de Jornalismo, que condecora as melhores reportagens do Brasil sobre boas práticas rurais e está na sua primeira edição.

## Cooperação Sul-Sul e Triangular e Diálogos de Políticas

O objetivo da Cooperação Sul-Sul e Triangular é fomentar novos conhecimentos e redes através da internacionalização de suas ações. Por meio de intercâmbios, capacitações e seminários envolvendo países da América Latina e África, abordam-se temas de interesse comum da agricultura familiar, identificando técnicas e práticas que podem auxiliar os trabalhadores rurais em seu cotidiano. Além disso, o PSI busca facilitar o diálogo sobre políticas públicas, com vistas a apoiar espaços voltados para o debate entre sociedade civil, governos, academia e parceiros.

Conheça mais sobre as ações do PSI, visite a biblioteca virtual e acesse os eventos realizados para juntar-se à rede de disseminação das boas práticas rurais no semiárido, acessando [www.portalsemear.org.br](http://www.portalsemear.org.br).

# Apresentação

A água é um elemento primordial não apenas para a sobrevivência, mas também para o bem-estar dos indivíduos. Destarte, sua disponibilidade ou escassez são determinantes para que comunidades se desenvolvam, econômica e socialmente, de maneira satisfatória.

Atualmente, a maior ameaça à consecução desse objetivo de desenvolvimento se lastreia nas rápidas mudanças climáticas impulsionadas pelos fenômenos de aquecimento global. Essas mudanças se comprovam pelo aumento da frequência de eventos extremos, os quais impactam diretamente a disponibilidade e/ou qualidade da água de determinada região. Quando se soma a isso o fato de o consumo de água estar em franco aumento nos últimos 20 anos, percebe-se a potencialização negativa de um cenário que já tinha características catastróficas.

Com vias a tocar nesse ponto de maneira precisa, a Organização das Nações Unidas (ONU) inseriu na sua Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável a dispo-

nibilidade de água potável, seu uso sustentável e o acesso a saneamento (elencados pelo indicador “Água Potável e Saneamento”). Tal fato demonstra o comprometimento da Organização e a sua compreensão acerca da relevância do tema e de seus impactos (diretos e indiretos) em saúde, educação, trabalho e renda.

É nesse sentido que o Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (Fida), por meio do Programa Semear Internacional, se uniu ao Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) para elaborar um estudo que visa contribuir para a compreensão do impacto de eventos climáticos extremos sobre a vida de crianças e adolescentes do Semiárido nordestino brasileiro. O presente estudo, assim, foi originado de diálogo proposto por Helena Oliveira, coordenadora do escritório do Unicef em Salvador, com o fito de fortalecer a perspectiva de desenvolvimento focado na infância e adolescência da região citada.

A articulação se fez naturalmente possível em função da intersecção existente entre os temas mais relevantes para as duas agências no Brasil, notadamente o Semiárido, a infância e a juventude, trabalhados por uma ótica de progresso de capacidades das populações.

Durante a concepção do estudo, o Unicef Salvador, que reconhecidamente tem realizado um trabalho relevante nesta área, voltado para a melhoria das condições de vida da infância e adolescência no Semiárido nordestino, contribuiu com a apresentação da equipe da Universidade Federal da Bahia (UFBA), que ficou responsável, por meio de um grupo de pesquisa especificamente designado para o trabalho, pela elaboração do estudo e pelo desenvolvimento de todas as pesquisas e análises que o compõem. Além disso, também alocou a especialista Francisca Maria Andrade para contribuir tecnicamente com as equipes da UFBA e do Programa Semear Internacional na elaboração deste trabalho.

Metodologicamente, o estudo foi viabilizado pela construção de três bancos de dados em nível municipal para a região Nordeste: climático (pluviosidade e temperatura mensal; situações de emergência e calamidade pública); saúde (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – Datasus); e educação (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – Inep). Análises descritivas e econométricas foram utilizadas para mensurar possíveis impactos dos eventos climáticos extremos nas populações selecionadas.

Os resultados encontrados confirmam que os choques climáticos e a ausência de pluviosidade estão associados a piores indicadores de saúde e educação, sendo seus efeitos negativos mais sentidos na área do Semiárido. Ficou comprovado que existem conexões entre o aumento da mortalidade infantil e a disponibilidade e qualidade da água, por exemplo. Outro efeito expressivo diz respeito ao impacto dos períodos de seca na evolução escolar, corroborando que a falta de hidratação adequada também reverbera no incremento cognitivo das crianças e dos adolescentes do Semiárido brasileiro, o que contribui negativamente para o histórico e crônico problema de subdesenvolvimento humano na região.

Boa leitura!

# 1. Introdução

As secas representam mais de 5% dos desastres naturais no mundo e afetam 1,1 bilhão de pessoas, ocasionando mais de 22 mil mortes e prejuízos de cerca de US\$ 100 bilhões ao longo de 20 anos (CRED/UNISDR, 2015). Esse cenário pode ser intensificado nos próximos anos com as mudanças climáticas, que se manifestam principalmente pelo aumento da frequência de eventos extremos e impactam a disponibilidade e a qualidade da água. Outro agravante é o fato de o uso da água ter aumentado seis vezes nos últimos seis anos e continuar aumentando 1% ao ano. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2012), o consumo de água no mundo deve crescer em torno de 55% entre 2000 e 2050.

Considerando que a água é um bem fundamental para o bem-estar dos indivíduos, principalmente de crianças, impactando diretamente em saúde, educação, trabalho e renda, a ONU inseriu “Água Potável e Saneamento” como um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável para 2030. Neste sentido, não apenas o acesso a água é importante, mas também a qualidade desta e as boas práticas de higiene e manejo. Isso se faz fundamental pois a escassez desse recurso impacta diretamente a produção de alimentos, e a má qualidade e o manejo inadequado da água são os maiores meios de disseminação de doenças como diarreia, dengue e outras transmitidas por vetores (Unesco, 2020).

*The Lancet* (2018), uma das mais respeitadas revistas de saúde do mundo, alerta que as mudanças climáticas são a principal ameaça para a saúde no século XXI. O relatório ainda destaca três principais





áreas afetadas por tais mudanças no que se refere às políticas relacionadas à saúde, sendo elas: (i) impactos das ondas de calor na saúde e na produtividade do trabalho; (ii) doenças infecciosas sensíveis ao clima; e (iii) gestão do uso da terra e desmatamento. Construir políticas de saúde que mitiguem as mudanças climáticas que perpassam por esses campos é essencial para nos adaptarmos a um mundo já em transição.

Os impactos das mudanças climáticas sobre a saúde pública são enormes e, em se tratando de países de média e baixa renda, a situação se agrava ainda mais. De acordo com Cissé (2019) e Ashrafuzzaman e Furini (2019), as regiões pobres ou os países em desenvolvimento serão os primeiros a sentir os danos causados pelo aquecimento global. No primeiro estudo, estima-se que as questões relacionadas a alimentação e água potável serão acentuadas pelas mudanças climáticas, especialmente pelo aumento médio da temperatura, e tornarão as populações pobres ainda mais vulneráveis. No segundo, os autores orientam que a melhor estratégia de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas é um sistema de infraestrutura de saúde pública efetivo, que auxilie na adaptação e no desenvolvimento de programas sustentáveis de prevenção e controle de doenças.

No Brasil, uma das principais preocupações quanto às mudanças climáticas é a região Nor-

deste e, principalmente, o Semiárido, composto por 1.262 municípios distribuídos entre todos os nove estados da região. Aproximadamente 22 milhões de pessoas habitam o Semiárido, o que totaliza 12% da população brasileira e 37% da população do Nordeste. A região corresponde a cerca de 855.450 km<sup>2</sup>, uma área equivalente a quase todo o território da França. O Semiárido é caracterizado por um alto nível de pobreza e baixos indicadores sociais. Cerca de metade da população brasileira abaixo da linha de pobreza vive nessa região, na qual aproximadamente 8 milhões de pessoas são beneficiárias do programa de transferência de renda do governo brasileiro, o Bolsa Família (ASA Brasil, 2017).

De acordo com Da Mata e Resende (2020), em 2005 houve uma mudança na classificação do Semiárido brasileiro, a partir da qual um município se enquadraria nessa região se atendesse a, pelo menos, um dos critérios a seguir: (i) precipitação anual abaixo de 800 milímetros (este critério era o único usado na definição anterior, de modo que todos os municípios permanecem na nova classificação); (ii) índice de aridez de Thornthwaite entre 0,21 e 0,50; e (iii) falta de água em mais de 60% do tempo. Esses novos critérios foram definidos para incluir regiões áridas que, no entanto, não apresentam pluviosidade tão baixa. A Figura 1 apresenta a delimitação do Semiárido brasileiro.

FIGURA 1: MAPA DO SEMIÁRIDO NA REGIÃO NORDESTE



Fonte: Elaboração própria.

A maior preocupação dos acadêmicos e formuladores de políticas em relação a essa região é sua vulnerabilidade climática persistente, principalmente a choques climáticos extremos. No caso do Semiárido brasileiro, a seca é o principal problema. A falta de água tem efeitos diretos sobre a produção agrícola, o que impacta diretamente na renda das famílias, devido à redução tanto da produção agrícola familiar quanto das oportunidades de emprego (Branco e Feres, 2018; Oliveira, Palialol e Pereda, 2019). Contudo, a falta de acesso a água potável pode impactar outras dimensões da vida no Semiárido, como a saúde das pessoas, sobretudo de crianças (Rocha e Soares, 2015), piorar indicadores educacionais (Shah e Steinberg, 2013) e aumentar conflitos civis (Hidalgo *et al.*, 2010). No Quadro 1 e na Figura 2 apresentamos, respectivamente, os impactos potenciais da seca e um modelo lógico de como esta pode afetar crianças, adolescentes e jovens.

Promover o acesso à água ainda é um grande desafio no Semiárido nordestino. Ao longo dos anos, diversas políticas com esse objetivo foram realizadas, sendo as mais recentes a transposição do Rio São Francisco e o Programa Um Milhão de Cisternas. Além disso, diversas instituições, como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) e o Banco do Nordeste, devotaram bastante atenção a esse problema. Contudo, são escassos os resultados empíricos que apresentam alguma evidência dos impactos socioeconômicos desses programas.

**QUADRO 1: IMPACTOS POTENCIAIS DA SECA**

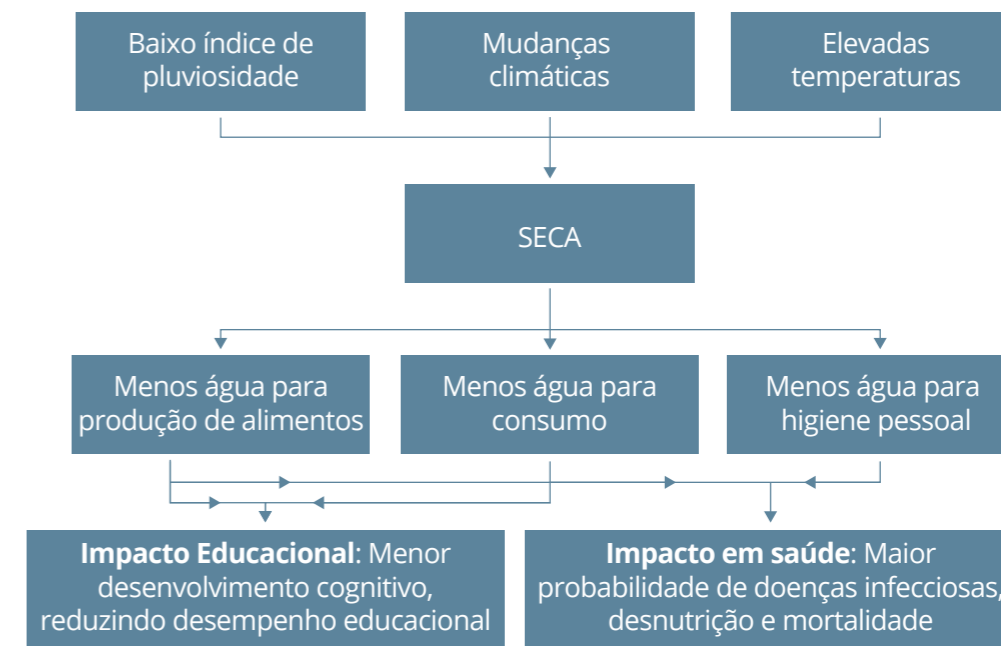
Impactos potenciais na disponibilidade de água	Impactos potenciais em saúde e outros desfechos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor disponibilidade de água para limpeza, cozimento e higiene, aumentando a exposição à contaminação pela água.</li> <li>Aumento da concentração de poluentes quando as condições são mais secas.</li> <li>Reduzidos índices de água subterrânea e fluxos de água superficiais podem causar a secagem dos poços, aumentando as distâncias percorridas para coletar água (potencialmente insalubre/imprópria para o consumo) e a poluição das fontes hídricas.</li> <li>Diminuição da segurança alimentar devido à baixa produção de comida nos trópicos; e menos acesso a comida por conta da redução na oferta e dos preços mais altos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da carga/quantidade de doenças transmitidas por alimentos e pela água.</li> <li>Fluoreto: fluorose dentária e óssea/esquelética.</li> <li>Arsênio: alterações na pele (mudança na pigmentação, hiperqueratose), câncer (pele, bexiga, pulmão) etc.</li> <li>Ferro e manganês: alteração na cor da água, sabor desagradável.</li> <li>Aumento dos riscos de impactos na saúde associados à desnutrição resultante da interação entre maiores taxas de doenças infecciosas e diminuição da produção e do consumo de alimentos em regiões pobres.</li> <li>Efeitos combinados da desnutrição e de doenças infecciosas; e efeitos crônicos do baixo peso e do baixo peso por altura nas crianças.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Unesco (2020).

Neste estudo iremos analisar o impacto de eventos climáticos extremos sobre crianças, adolescentes e jovens. Para realizar essa análise construímos um banco de dados de pluviosidade e temperatura mensal de cada município da região Nordeste, o qual possibilitou elaborar indicadores de seca. Utilizou-se também o banco de dados de Reconhecimentos Federais de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública<sup>1</sup> para caracterizar situações de seca. Os indicadores de saúde foram construídos a partir dos dados públicos do Ministério da Saúde (Datasus), e os indicadores de educação com base nos dados públicos do Ministério da Educação disponibilizados pelo Inep.

<sup>1</sup> Fonte: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>.

**FIGURA 2: MODELO LÓGICO DO IMPACTO DA SECA**



Fonte: Elaboração própria.

**1.1. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO E NO NORDESTE**

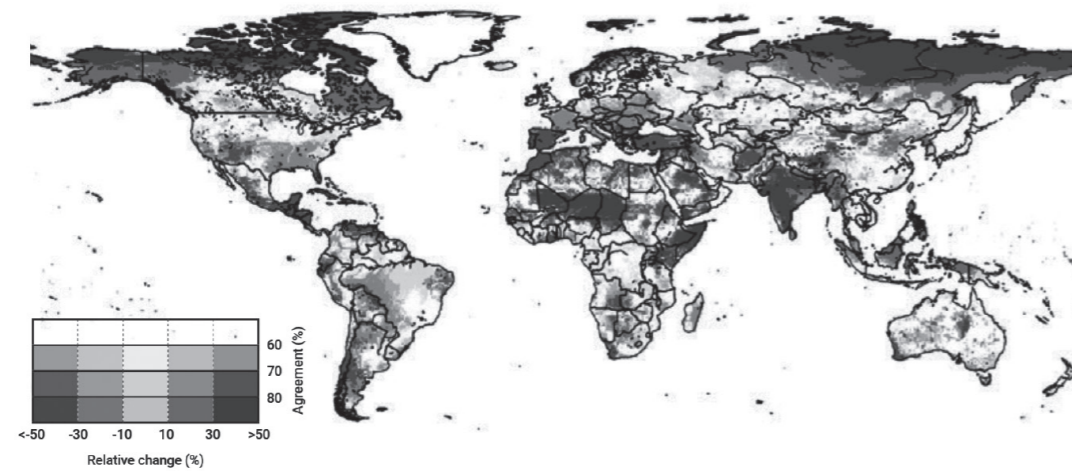
A seca é um fenômeno natural complexo que reduz a disponibilidade de água e implica substanciais efeitos sobre a agricultura e as atividades socioeconômicas básicas desenvolvidas nas localidades afetadas, de acordo com Cunha *et al.* (2015). Para esses autores, a seca pode ser definida como um período em que a precipitação é menor que a média anual e, conseqüentemente, há escassez de água.

Geralmente, as secas são classificadas como: (i) seca meteorológica, em que há escassez de precipitação sobre uma região em determinado período de tempo; (ii) seca hidrológica, quando recursos aquáticos são escassos na superfície ou no subsolo; (iii) seca agrícola, um período de declínio da umidade do solo e falha na colheita devido

à falta de recursos hídricos; ou (iv) seca socioeconômica, quando falta água para abastecer as demandas que impactam direta e indiretamente as atividades humanas (Udmele, 2014).

Existem diversas métricas para analisar questões relacionadas à disponibilidade de água, sendo uma das mais importantes a mudança dos níveis de pluviosidade e temperatura. Schewe *et al.* (2014) desenvolveram um modelo hidrológico para mostrar que as mudanças climáticas podem impactar diretamente a disponibilidade de água. Os resultados desse estudo são apresentados na Figura 3, na qual se pode observar que as regiões que mais sofrerão com as mudanças climáticas são aquelas em cor azulada – no caso do Brasil, há uma predominância dessa cor na região Nordeste.

FIGURA 3: VARIAÇÕES DE TEMPERATURA OCASIONADAS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Fonte: Schewe *et al.* (2014).

FIGURA 4: ESTRESSE HÍDRICO (DEMANDA - OFERTA)



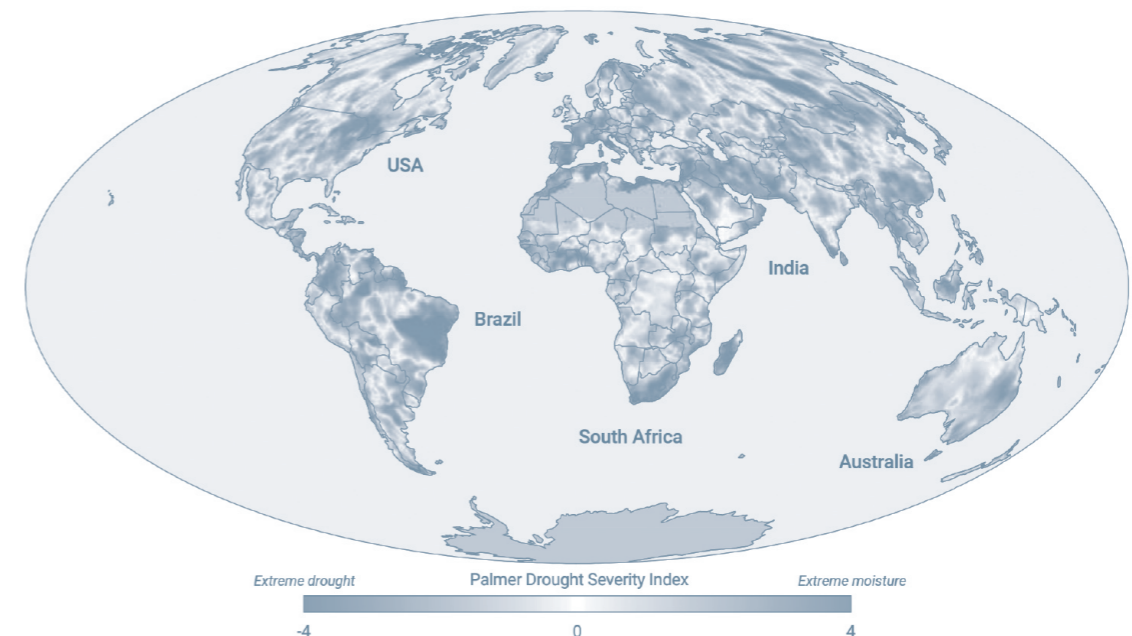
Fonte: WRI (2019).

Um indicador muito utilizado é o estresse de água, isto é, a diferença entre a demanda por água e a oferta disponível, conforme apresentamos na Figura 4 (WRI, 2019). Como pode ser observado, no Brasil há uma predominância de locais mais escuros também no Nordeste, indicando que essa é a região com maiores problemas de estresse hídrico.

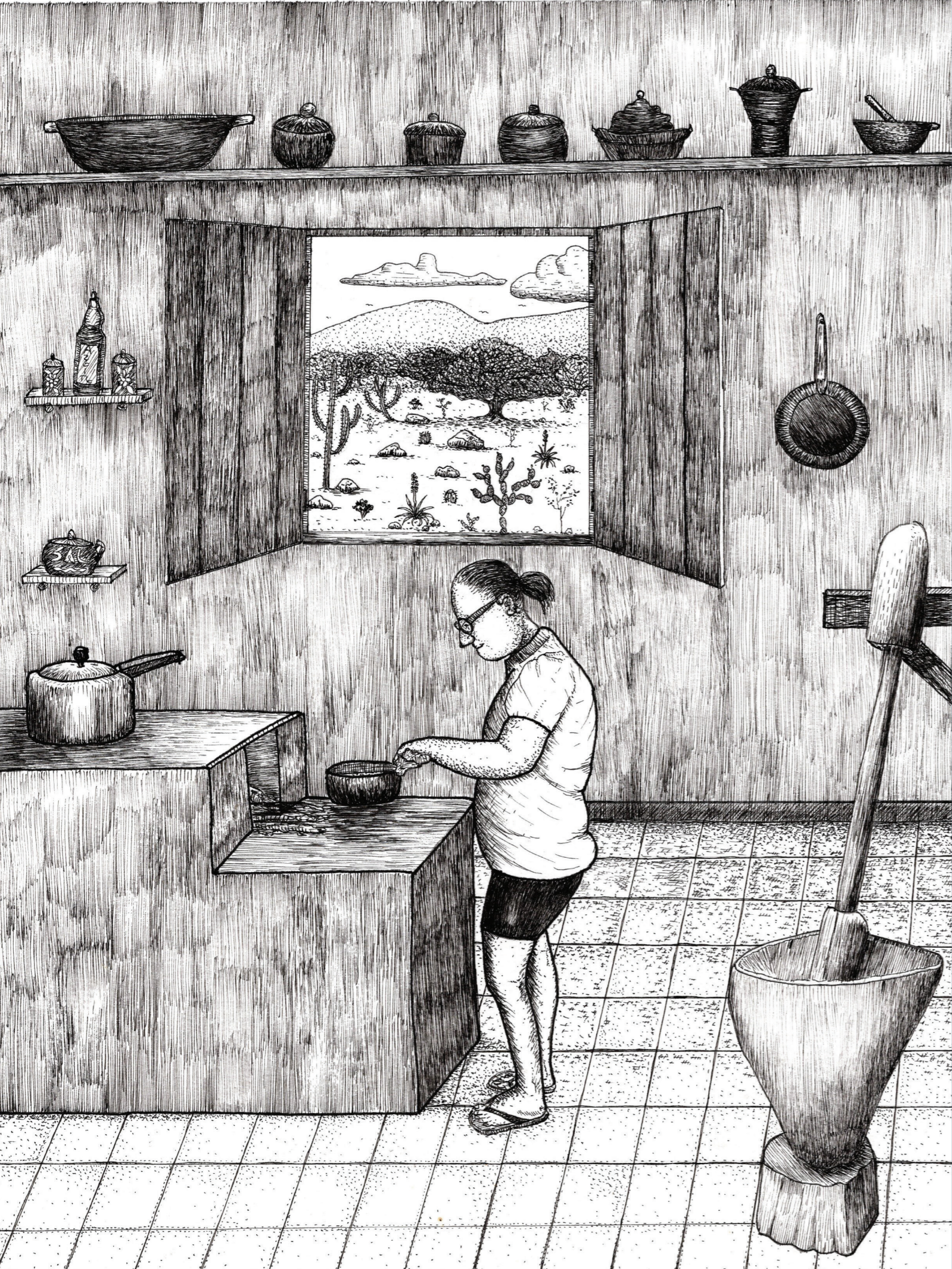
Anualmente, a ONU divulga o *World Water Development Report* (WWDR), um documento que trata do acesso à água e de mudanças climáticas em todo o mundo. A partir desse material é possível verificar a relação entre os indicadores do Brasil e de outros países. Por fim, na Figura 5 é possível observar que, pelo índice de severidade da seca de Palmer, a região Nordeste é a que mais sofre com este tipo de evento climático no Brasil (Unesco, 2020).

Políticas de monitoramento das secas são essenciais para a mitigação dos seus impactos na saúde humana. As secas tendem a constituir condições de aridez que podem se prolongar e afetar as condições normais do manejo de intervenções governamentais nas regiões semiáridas. Condições severas de seca colocam em risco a gestão administrativa e institucional dos programas de convivência com o Semiárido, dado o perigo do esvaziamento de reservatórios, o que traz consequências para a produção de alimentos e para a própria sobrevivência da população e das instituições locais (Awange *et al.*, 2016).

FIGURA 5: ÍNDICE DE SEVERIDADE DA SECA DE PALMER



Fonte: Unesco (2020).



## 2.Revisão da literatura

Esta seção tem como objetivo revisar alguns estudos, sobre o Brasil e outros países, que tentam mensurar, através de um instrumental econométrico, os impactos de eventos climáticos adversos, particularmente de seca, sobre a saúde e a educação de crianças, adolescentes e jovens. Além das evidências que corroboram a presente pesquisa, as análises desenvolvidas pelos autores desses estudos serão tomadas como referência para a estratégia empírica que será adotada na análise dos dados.

De acordo com Krol e Bronstert (2007), a escassez de água em áreas semiáridas aumenta a vulnerabilidade da sociedade, dadas as restrições de recursos naturais e a dependência da população de bens e serviços básicos, como alimentação e condições de higiene. Questões como a insegurança alimentar, o acesso a água e saneamento, a atenção à saúde das populações mais vulneráveis, entre outras, seguem sendo um grande desafio a ser superado pelas famílias do Semiárido nordestino, apesar da ampliação dos programas de transferência de renda que ocorreu a partir dos anos 2000. Além disso, populações rurais das áreas semiáridas são mais sensíveis às variações no clima e, conseqüentemente,

a produtividade da região é menor (Lemos *et al.*, 2016).

Rocha e Soares (2015) analisaram como a escassez de água é um determinante da saúde dos indivíduos no início da vida no Semiárido brasileiro entre 1996 e 2010. Os autores observaram que choques pluviométricos idiossincráticos durante a gestação implicam maior mortalidade infantil, com destaque para a relação com doenças infecciosas e desnutrição, menor peso ao nascer e o aumento do número de crianças nascidas prematuras. Eles argumentam que esses efeitos decorrem da menor produção agrícola e da dificuldade de acesso a água potável, que, combinadas, resultam em menor quantidade de ingredientes consumidos e maior incidência de doenças infecciosas. Em uma análise adicional, os autores mostram que localidades com maior cobertura de água potável – fornecida por carros-pipa, por exemplo – e melhor cobertura de infraestrutura sanitária conseguem minimizar os impactos climáticos.

Maccini e Yang (2009) analisaram os efeitos de choques pluviométricos no início da vida de homens e mulheres nascidos entre 1953 e 1974 na Indonésia. Os autores encontraram impactos de choques climáticos sobre indicadores desses indivíduos na fase adulta. Mais especificamente, mulheres que foram expostas a choques climáticos positivos têm menor probabilidade de reportar que sua saúde é ruim, maior altura, mais anos de estudo e mais ativos acumulados. Para homens não foram encontrados resultados estatisticamente significativos.

Deschênes e Greenstone (2011) estudaram o impacto de mudanças climáticas sobre a mortalidade nos EUA e encontraram que dias extremamente quentes ou frios estão associados ao aumento desta. Diferentemente dos outros tra-

balhos, os autores não enfocaram a pluviosidade, mas sim a temperatura. Mais ainda, eles concluem que, ao longo do século XXI, as mudanças climáticas serão responsáveis por cerca de 3% do aumento da mortalidade nos EUA.

Carrilho (2017) contribui com a literatura que analisa o impacto de choques climáticos no bem-estar ao investigar, a partir da data exata de nascimento, como a exposição a condições adversas no volume de chuva ainda durante o período gestacional impacta os resultados socioeconômicos dos indivíduos em longo prazo. O autor usa coortes de nascidos ao longo de 40 anos (de 1942 a 1981) em municípios da Colômbia, considerada um dos locais com maior incidência de eventos climáticos extremos. Sua estratégia empírica parte da construção conjunta de dados meteorológicos mensais em nível municipal, combinada com microdados de data e local de nascimento, para identificar as condições de chuva prevalentes durante a gravidez. A partir disto, o autor compara os resultados posteriores da vida de indivíduos que foram expostos a secas extremas ou inundações ainda durante a gestação com os daqueles que experimentaram condições climáticas menos severas no útero.

Os principais resultados apontam que a exposição a choques adversos no volume de chuva durante a gestação leva a piores indicadores de bem-estar na vida adulta. Por exemplo, um aumento de desvio-padrão nas inundações no período gestacional está associado a aumento de 3,2% na probabilidade de desenvolver doenças mentais graves, declínio de 0,21% nos anos de estudo, aumento de 1,7% nas taxas de analfabetismo e redução de 0,36% na probabilidade de trabalhar. Os efeitos são semelhantes para a ocorrência de secas no período pré-natal, mas em menor magnitude. Todos os resultados são

maiores para os homens do que para as mulheres, em magnitude, quando se consideram os indicadores educacionais e de saúde. Quando as medidas de exposição são consideradas separadamente para cada trimestre, é possível observar que os efeitos em longo prazo nos resultados educacionais e de saúde ocorrem devido à exposição durante o primeiro trimestre de gestação (Carrilho, 2017).

Andalón *et al.* (2016) realizaram um estudo semelhante ao investigar o impacto da exposição fetal a choques climáticos em indicadores de saúde na Colômbia. No entanto, o estudo considera os choques de temperatura e o impacto destes nos resultados de saúde logo após o nascimento (peso e comprimento ao nascer). Utilizando registros de quase 1,5 milhão de nascimentos nos municípios rurais da Colômbia de 1999 a 2008, em um modelo de efeitos fixos, os autores encontraram efeitos negativos de choques de temperatura nos resultados de saúde ao nascer. Os principais resultados indicam que o momento da exposição ao choque é importante para os resultados e que a exposição a choques de altas temperaturas durante o terceiro trimestre de gravidez reduz o peso da criança ao nascer em cerca de 4,1 g. A exposição a choques de baixa temperatura durante o primeiro e o segundo trimestre de gravidez reduz o comprimento ao nascer em 0,014–0,018 cm.

Shah e Steinberg (2013) analisam os impactos de choques pluviométricos sobre indicadores de educação, no início da vida e em longo prazo, e indicadores de mercado de trabalho. Eles reportam que, na Índia, 66% dos homens e 82% das mulheres dependem de atividades agrícolas, de modo que estão bastante expostos a mudanças climáticas. O estudo mostra que em períodos de seca as crianças têm maior nota em matemática

e maior participação na escola, enquanto em períodos de chuva reduzem as notas em matemática e leitura, e a evasão aumenta. A explicação dos autores indica que nos momentos chuvosos a produção agrícola se eleva, de modo que as famílias podem utilizar a mão de obra infantil na colheita. Além disso, em épocas de seca, devido à escassez de alimentos, as crianças tendem a ir para a escola porque a maioria destas oferece alimentação gratuita.

Contudo, o efeito sobre as crianças é bastante heterogêneo quando o choque ocorre no início da vida. Se o choque negativo ocorre durante a gestação, a criança apresenta piores indicadores educacionais. Esse resultado permanece para choques ocorridos até os 4 anos de idade. Já para os choques positivos, quando ocorridos do período gestacional até os 2 anos de idade, implicam melhores notas e maior participação na escola, o que é condizente com a literatura que relaciona maiores consumos de nutrientes na infância com desenvolvimento cognitivo. Quando analisam a vida adulta, no entanto, Shah e Steinberg (2013) encontram que os choques pluviométricos reduzem a probabilidade de as pessoas estarem estudando, aumentam a chance de mulheres estarem trabalhando, mas reduzem essa chance para homens; ao passo que implicam aumento dos salários.

Björkman-Nyqvist (2013) estudou o efeito de choques pluviométricos sobre o desempenho acadêmico de meninos e meninas em Uganda. O autor encontrou que choques negativos impactam a participação de meninas na escola e que estes impactos são mais elevados para meninas mais velhas. Além disso, esses choques também implicam menor desempenho acadêmico para meninas. Não são encontrados efeitos estatisticamente significativos sobre meninos. O autor

destaca que o motivo do efeito encontrado é o uso das meninas mais velhas como mão de obra para complementar a renda familiar.

Kim (2008) analisa o impacto de eventos climáticos extremos na realização educacional. Para tanto, utiliza a escolaridade por faixa etária em conjunto de dados de seção transversal para um grupo de países em desenvolvimento, estimando o impacto de choques climáticos históricos que podem ter afetado as pessoas quando eram crianças em idade escolar, através do método diferenças em diferenças (*difference-in-difference*). Os principais resultados sugerem que eventos climáticos extremos têm impacto negativo, em longo prazo, no desempenho educacional. Por exemplo, em Camarões, a seca reduziu em 8,7 pontos percentuais as chances de mulheres concluírem o ensino fundamental. Na Mongólia, um incêndio florestal reduziu a probabilidade de os indivíduos concluírem o ensino médio em 14,4 pontos percentuais.

Amaya (2020) contribui para a literatura que analisa a relação entre mudanças climáticas e capital humano investigando o impacto dos fortes choques climáticos que afetaram a Colômbia de 2010 a 2011 nos resultados do teste *Pruebas Saber 11*, realizado no período de 2010 a 2012. As *Pruebas Saber 11* são um teste nacional padronizado que avalia os estudantes ao final do ensino médio e é utilizado como forma de ingresso no ensino superior. Os principais resultados apontam uma relação negativa entre a ocorrência do choque climático e as notas dos estudantes, mais forte em magnitude e significância para as notas em linguagem, filosofia e matemática do que nas disciplinas de biologia, física, ciências sociais, química e inglês. Além disso, os choques tiveram impacto mais forte nos estudantes do sexo masculino residentes em áreas urbanas.

No entanto, esse impacto foi menos severo para os estudantes que moravam em um município que sofreu choque acima da média nos anos anteriores. Amaya (2020) associa esse resultado aos possíveis mecanismos de adaptação e enfrentamento desenvolvidos após a ocorrência de um choque climático. Outro resultado relevante diz respeito ao fato de o impacto dos desastres não ter afetado apenas as notas dos alunos mais vulneráveis economicamente, tendo também efeito importante nas notas dos alunos de classe média e alta.

Thai e Falaris (2011) analisam o efeito dos choques pluviométricos na saúde e educação de crianças na zona rural do Vietnã. Considerando que a maioria das famílias rurais vietnamitas se envolvem na produção agrícola e dependem da chuva, uma precipitação anual insuficiente representa choques de renda que podem ter consequências negativas para a saúde e para o desenvolvimento intelectual das crianças. Os autores examinam o impacto de choques de chuva (precipitação anual menor em relação à média) no início da vida por uma variável de atraso escolar e de progresso escolar, enquanto a medida de saúde é a estatura para a idade.

Os principais resultados indicam que os choques de chuva ocorridos no período gestacional resultam em maior atraso para ingressar na escola e menor desempenho escolar. Choques de chuva semelhantes no terceiro ano de vida também afetam negativamente esses dois resultados, além da altura da criança em relação a idade. Ademais, esses efeitos são maiores em regiões onde as famílias acham relativamente mais difícil suavizar o consumo diante de um choque adverso de renda.

# 3. Metodologia

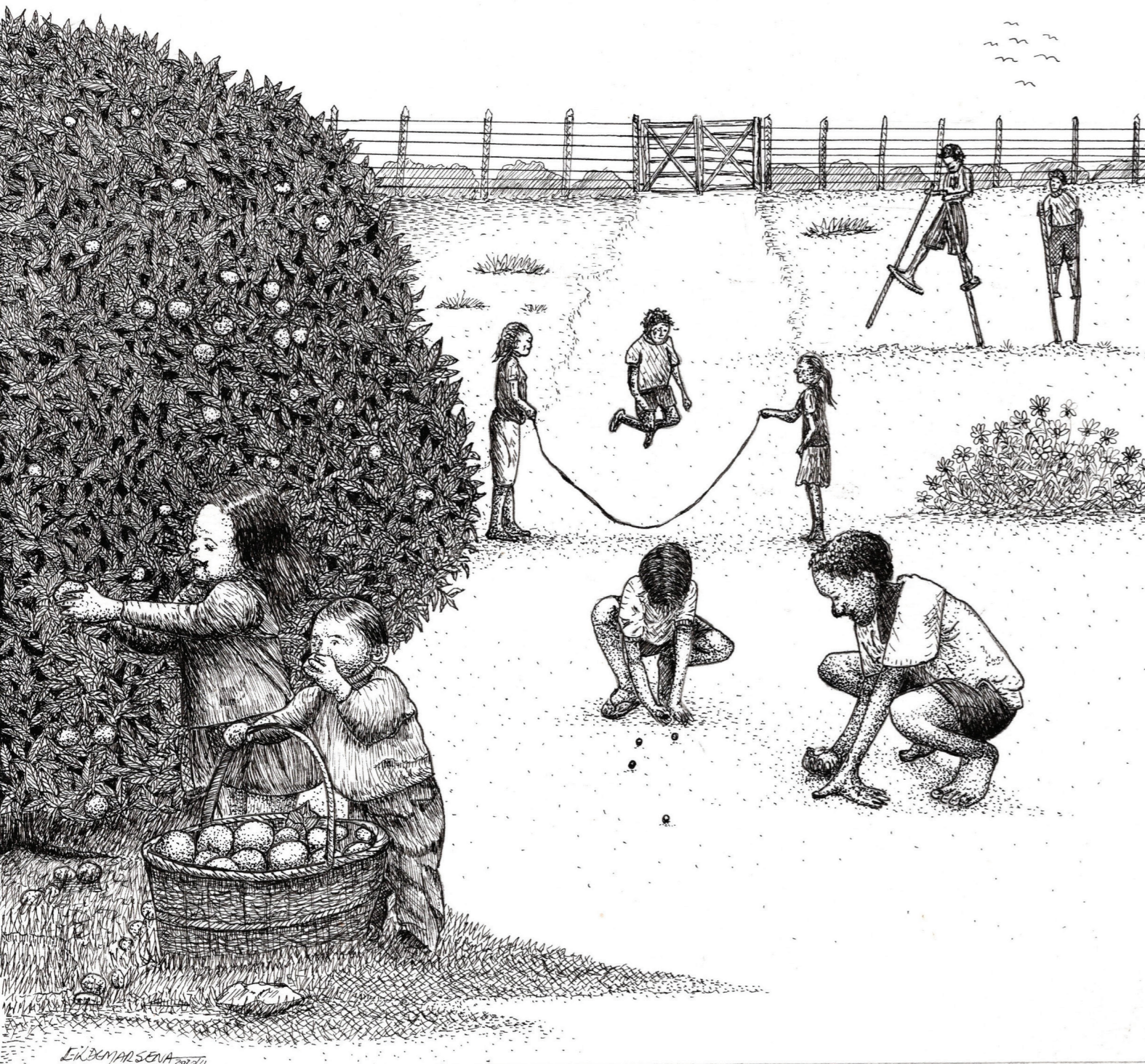
Neste estudo mensuramos o impacto de eventos climáticos extremos (seca) sobre indicadores de saúde e educação de crianças, adolescentes e jovens. Nesse sentido, utilizaremos o instrumental econométrico de dados em painel para estimar as relações entre essas variáveis. Contudo, antes de explicar o modelo empírico, faz-se importante uma descrição detalhada das variáveis utilizadas.

## 3.1. DADOS

### 3.1.1. Saúde

Os bancos de dados utilizados são de nível municipal. Os indicadores de saúde foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIHSUS), do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) e do Sistema de Informações de Nascidos Vivos (Sinasc). Todas essas bases de dados são de caráter público, disponibilizadas pelo Datasus com periodicidade mensal e coletadas através do *software* Tabwin/Tabnet, do próprio Ministério da Saúde.

O SIHSUS é gerido pela Secretaria de Assistência à Saúde do Ministério da Saúde, em conjunto com as secretarias estaduais e municipais de saúde. Nesse sistema são encontradas informações das internações de pacientes em unidades de saúde públicas e conveniadas ao Sistema Único de Saúde (SUS), obtidas por meio



das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH), nas quais se coletam variáveis relativas a identificação, procedimentos realizados, exames diagnósticos etc. Para o presente trabalho, foram tabuladas variáveis como: internações por doenças infecciosas (capítulo I, códigos A00-B99 da Classificação Internacional de Doenças – CID-10); internações por doenças respiratórias (capítulo X, códigos J00-J99 da CID-10); internações por doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas (capítulo IV, códigos E00-E90 da CID-10); internações por desnutrição, deficiência de vitamina A, outras deficiências vitamínicas, sequelas da desnutrição e outras deficiências nutricionais (capítulo IV, códigos E40-E64 da CID-10); internações por doenças do aparelho circulatório (capítulo IX, códigos I00-I99 da CID-10); internações por doenças do aparelho digestivo (capítulo XI, códigos K00-K93 da CID-10); internações por doenças do aparelho geniturinário (capítulo XIV, códigos N00-N99 da CID-10); internações por lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas (capítulo XIX, códigos S00-T98 da CID-10); e internações por causas externas de

morbidade e de mortalidade (capítulo XX, códigos V01-Y98 da CID-10).

A base de dados do SIM é gerida pelo Departamento de Análise de Situação de Saúde, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, em parceria com as secretarias estaduais e municipais de saúde. Através das Declarações de Óbito (DO), as secretarias têm acesso a informações dos indivíduos, como idade, local de residência, sexo, causa do óbito etc. No Brasil, as causas de morte são classificadas de acordo com a CID-10 desde 1996. Estatísticas de óbitos infantis e óbitos fetais também são encontradas pelo SIM.

A base do Sinasc também é gerida pelo Departamento de Análise de Situação de Saúde. As informações de nascidos vivos são coletadas pelas secretarias nas Declarações de Nascidos Vivos (DN), que contêm dados essenciais, como local de residência da mãe, duração da gestação, tipo de parto, peso ao nascer, sexo, entre outras.

Os indicadores de saúde relacionados a nascimentos foram computados sempre em termos de taxa, tal como indicado na Equação 1:

$$\text{Taxa de } i = \frac{\text{Total da variável } i \text{ no município } j}{\text{Nascidos vivos no município } j} * 1.000 \quad (1)$$

Onde *i* poderá ser:

- mortalidade infantil (0 a 1 anos);
- mortalidade fetal;
- mortalidade materna;
- baixo peso; ou
- prematuridade.

Já para variáveis que não são relacionadas ao nascimento, o denominador foi o tamanho da população com a mesma faixa etária (Equação 2):

$$\text{Taxa de } i = \frac{\text{Total da variável } i \text{ no município } j}{\text{Respectiva população no município } j} * 1.000 \quad (2)$$

As informações municipais sobre o estado nutricional de crianças menores de 5 anos de idade foram obtidas a partir de relatórios públicos do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (Sisvan Web) (Brasil, 2018), um sistema de informação em saúde do Datasus que consolida e gera relatórios sobre os dados provenientes da vigilância alimentar e nutricional dos usuários do SUS, incluindo os beneficiários do Programa Bolsa Família, como parte das condicionalidades de saúde do programa. Orientações e procedimentos para coleta e análise de dados antropométricos nos serviços de saúde têm sido padronizados pelo Sisvan (Brasil, 2011).

Para avaliação do estado nutricional de crianças menores de 5 anos, o Sisvan Web dispõe de informações sobre os seguintes índices antropométricos: estatura para idade (E/I), peso para idade (P/I), peso para estatura (P/E) e índice de massa corporal (IMC) para idade (IMC/I). As curvas de crescimento e os pontos de corte propostos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) são adotados como referência para a classificação do estado nutricional de crianças (WHO, 2006). O registro mais recente de cada indivíduo em cada ano é considerado para consolidação dos relatórios públicos e cálculo das prevalências municipais dos indicadores nutricionais (Brasil, 2017). Estratégia similar foi utilizada por Uzeda *et al.* (2019) para analisar dados individuais na Pesquisa Nacional de Saúde Escolar. Neste sentido, por meio do Sisvan, calculamos a taxa de prevalência de desnutrição crônica e aguda como indicado na Equação 3:

$$\text{Prevalência de } D = \frac{\text{Total de casos de } i \text{ no município } j}{\text{Total de crianças na mesma faixa etária no município } j} \quad (3)$$



### 3.1.2. Educação

Os impactos da seca sobre o desempenho educacional foram medidos através dos resultados de testes padronizados aplicados para alunos de diferentes etapas do ensino. Para identificar os efeitos da seca sobre os alunos do ensino fundamental e sobre os estudantes que estão completando ou já completaram o ensino médio, foram utilizadas as bases de dados da Prova Brasil e do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), respectivamente. Ambas as bases, além do desempenho de cada aluno nas áreas do conhecimento avaliadas, trazem informações sobre as características socioeconômicas de cada estudante, o que nos permitiu inseri-las como variáveis explicativas de controle nas estimações e, consequentemente, obter um parâmetro mais preciso do efeito da seca sobre o desempenho educacional.

Para os estudantes do ensino fundamental, foram avaliados os efeitos da seca sobre o desempenho dos alunos do 5º ano nas avaliações de português e matemática da Prova Brasil, que é realizada uma vez a cada dois anos, assim como foi possível identificar informações sobre gênero, idade, raça, trabalho infantil, além de informações sobre a localização da escola (urbana ou rural) e sua dependência (municipal, estadual, federal ou privada). As edições da Prova Brasil utilizadas para a construção da base de dados foram as de 2011, 2013, 2015 e 2017.

A partir da base de dados do Enem, foram obtidas informações sobre o desempenho de cerca de 22 milhões de candidatos que fizeram a prova

no Nordeste do Brasil entre 2010 e 2018. Os resultados das provas aplicadas se dividem em: linguagens, matemática, ciências humanas, ciências naturais e redação. Nessa base também foi possível inserir variáveis socioeconômicas como controle nas estimações, tais como: nível de renda, gênero, raça, idade e escolaridade dos pais. Nessa base de dados, assim como na da Prova Brasil, é possível identificar o município e o ano em que os indivíduos fizeram as provas, possibilitando a utilização de efeitos fixos nas estimações.

### 3.1.3. Clima

Foi construída uma série histórica de precipitação e temperatura usando os dados do *Terrestrial Air Temperature and Terrestrial Precipitation Gridded Monthly Time Series* (Matsuura e Willmott, 2009). Esse banco de dados possui informações mensais dessas duas variáveis à distância de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  ( $0,5^\circ$  corresponde a aproximadamente 56 km). Os procedimentos foram os mesmos adotados por Rocha e Soares (2015).

A partir desses dados mensais por município, criamos as seguintes variáveis:

- volume anual médio de pluviosidade no município;
- volume médio histórico de chuva no município (1950-2017);
- desvio-padrão do volume médio histórico de chuva;
- temperatura média anual no município.

Com essas variáveis, criamos os dois indicadores principais de impactos climáticos de nosso interesse. O primeiro aponta se no ano  $t$  o volume médio de chuva foi menor do que o volume anual médio histórico (Equação 4):

$$Pouca\ chuva_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se } chuva_{jt} < (m\u00e9dia\ chuva_j - \text{desvio-padr\u00e3o } chuva_j) \\ 0, & \text{caso contr\u00e1rio} \end{cases} \quad (4)$$

O segundo, mais importante para a análise, é um indicador da ocorrência de seca em cada mês  $t$  do município  $j$ . A construção desta variável segue a mesma abordagem adotada por Rocha e Soares (2015):

$$Seca_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{se } chuva_{jt} < (m\u00e9dia\ hist.\ chuva_j - \text{desvio-padr\u00e3o } hist.\ chuva_j) \\ 0, & \text{caso contr\u00e1rio} \end{cases} \quad (5)$$

Na Equação 5,  $j$  é um subscrito para cada município, e  $t$  é o mês em que foi computado o indicador de pluviosidade. A média de chuva é a média de pluviosidade do município entre 1950 e 2017, e o desvio-padrão é referente ao mesmo período. Além dessas variáveis, também computamos o número total de meses de seca no município  $j$  no ano  $n$  com o objetivo de usá-lo no caso de bancos de dados anuais (Equação 6).

$$N\u00famero\ total\ de\ meses\ com\ seca_{jn} = \sum_{t=1}^{12} Seca_{jt} \quad (6)$$

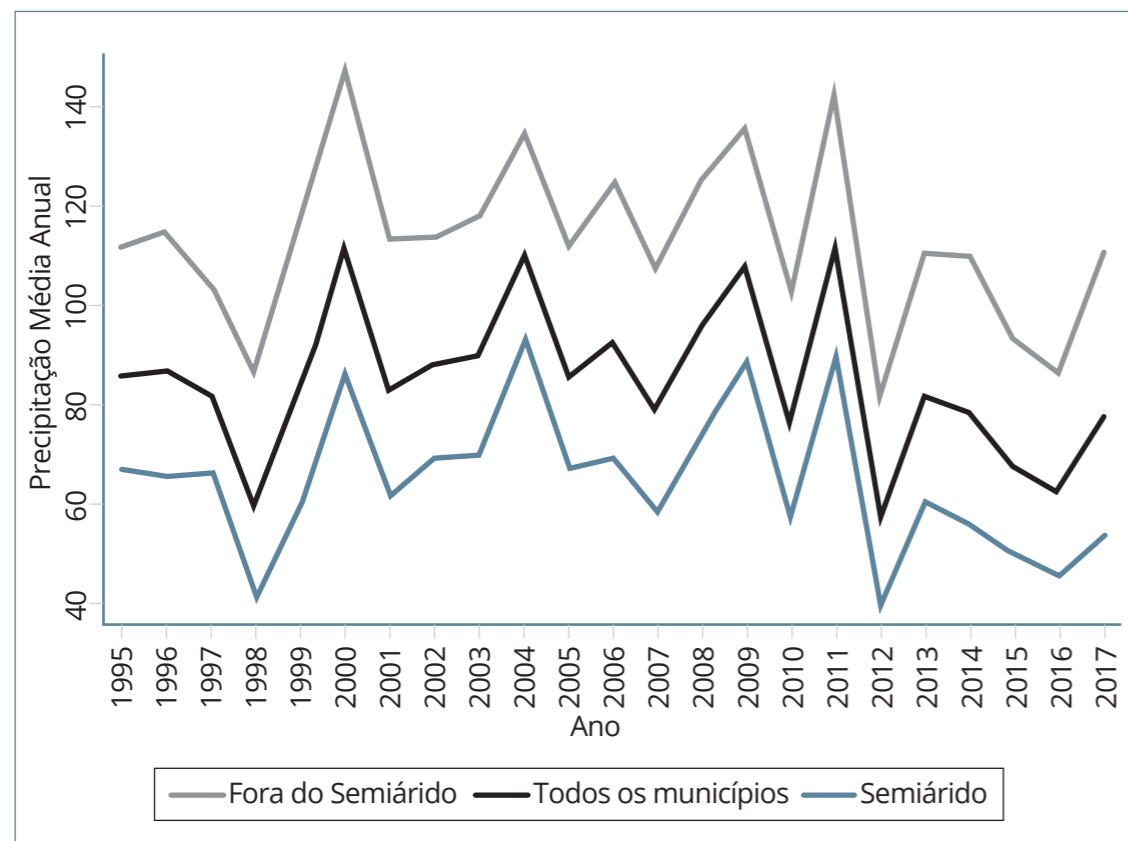
Além disto, para identificar quais municípios sofreram mais com essa forte redução das chuvas e ter uma medida diferente de eventos de seca, foram coletadas informações sobre os municípios que decretaram estado de calamidade pública por motivo de seca ou estiagem. Esses dados estão disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), que pertence à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec).

### 3.2 EVIDÊNCIAS INICIAIS

Nesta subseção apresentaremos os dados de precipitação e temperatura ao longo do tempo e entre as regiões, bem como os dados de saúde e educação. Estas evidências iniciais possibilitam verificar padrões das variáveis analisadas tanto no tempo quanto no espaço, sendo fundamentais para entender os resultados que serão obtidos a partir dos modelos econométricos utilizados.

Na Figura 6 apresentamos a média anual de precipitação entre os anos de 1995 e 2017. Como pode ser observado, existe um padrão bastante evidente de maior precipitação em municípios fora do Semiárido. Além disso, a precipitação média no Semiárido é menor do que a precipitação média relativa a todos os municípios da região. A segunda evidência que pode ser observada é que nesse período houve dois anos de seca mais acentuada, nos anos de 1998 e 2012.

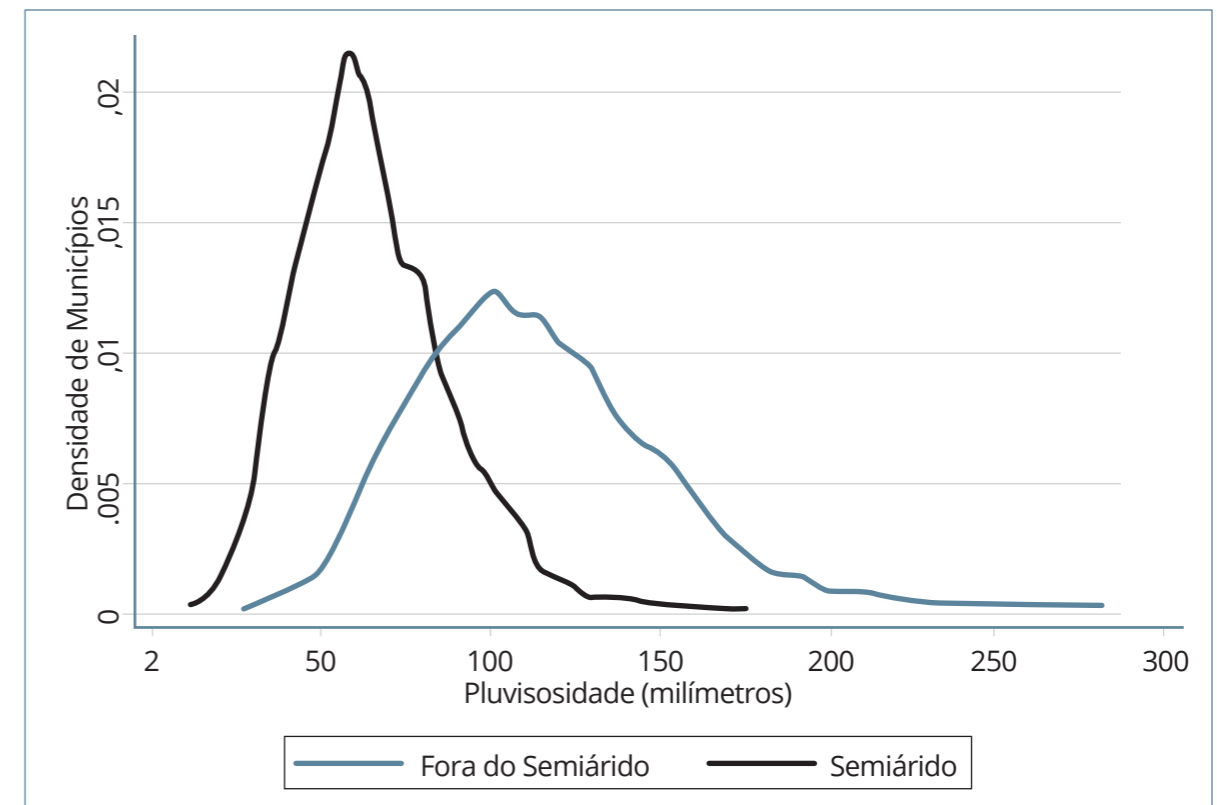
FIGURA 6: PRECIPITAÇÃO AO LONGO DO TEMPO NO NORDESTE



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 7 apresentamos gráficos de densidade de municípios por índice pluviométrico, isto é, no eixo vertical temos a quantidade de municípios, e no eixo horizontal, a pluviosidade. Nota-se que no Semiárido a dispersão de municípios por grau de precipitação é bastante inferior à dos municípios fora dessa região. Além disso, existe uma concentração de municípios da região do Semiárido na pluviosidade em torno de 50 milímetros de chuva por mês, enquanto para os municípios fora do Semiárido essa concentração é em torno dos 100 milímetros.

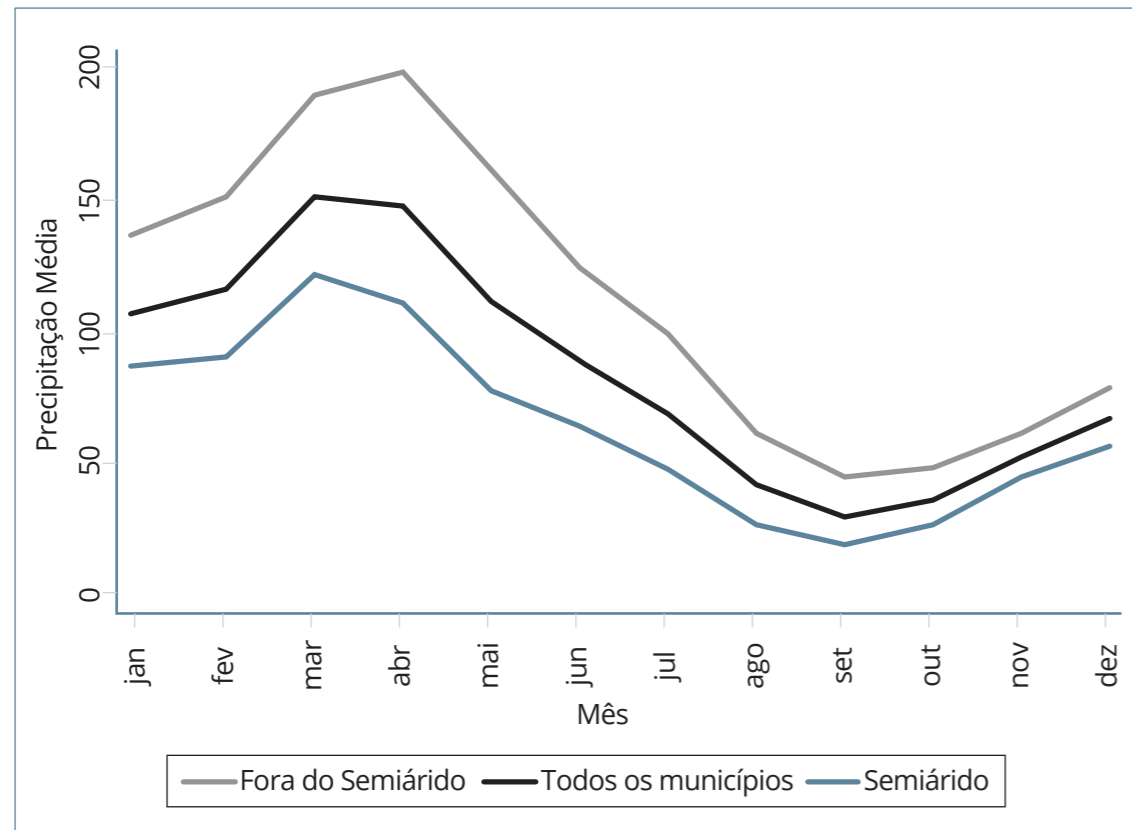
FIGURA 7: DISTRIBUIÇÃO DE MUNICÍPIOS POR NÍVEL DE PLUVIOSIDADE



Fonte: Elaboração própria.

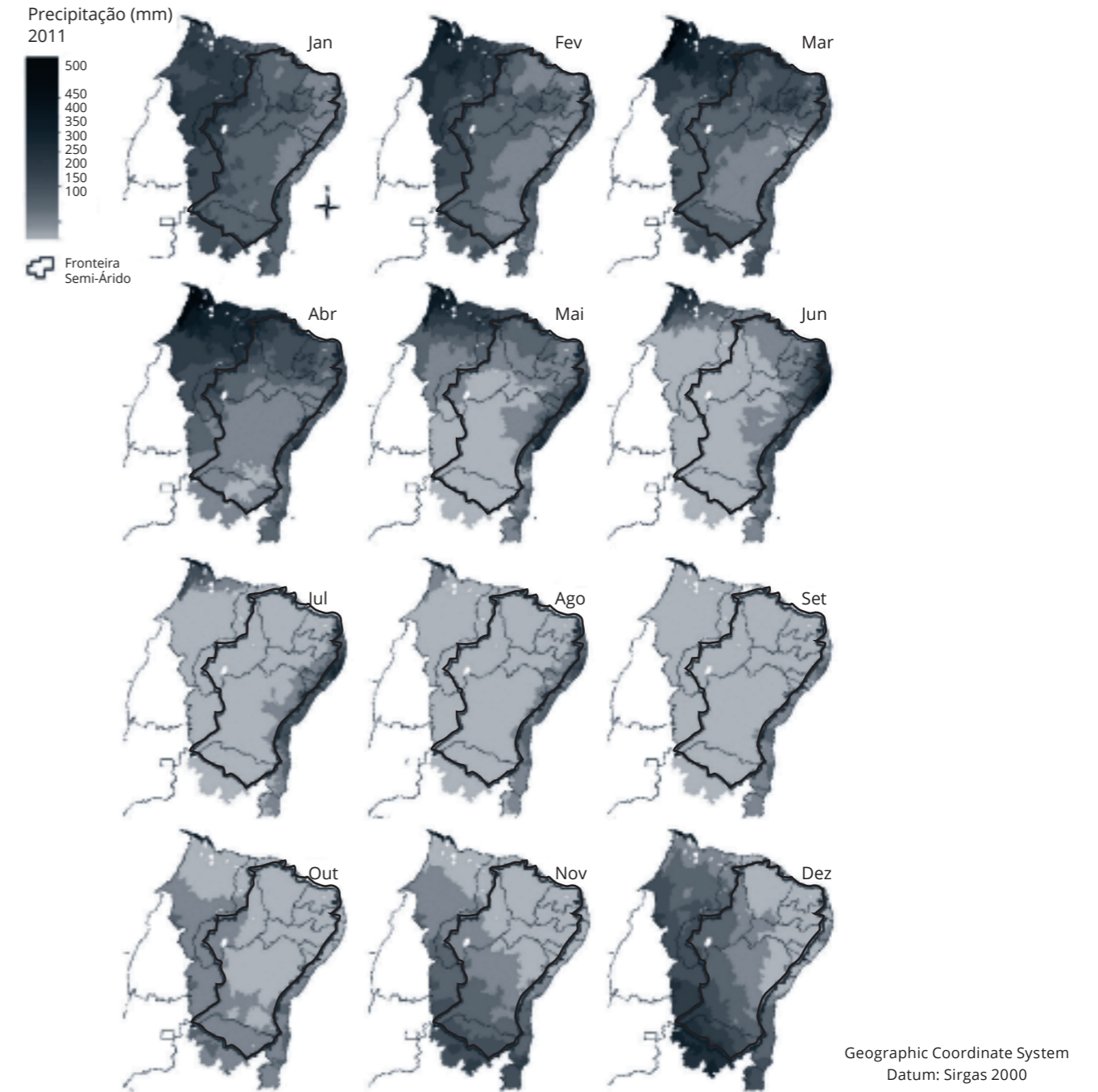
Já na Figura 8 apresentamos o comportamento do indicador de precipitação ao longo dos meses. Como pode ser observado, em geral, o segundo semestre do ano é caracterizado por menores índices pluviométricos. A informação desta figura é corroborada pelas Figuras 9 e 10, nas quais são apresentados mapas da região referentes ao ano 2000, mês a mês. Essas figuras mostram que no segundo semestre do ano existe um período mais acentuado de baixa precipitação, ao mesmo tempo que as temperaturas são mais elevadas.

FIGURA 8: PRECIPITAÇÃO MÉDIA POR MÊS (1995-2017)



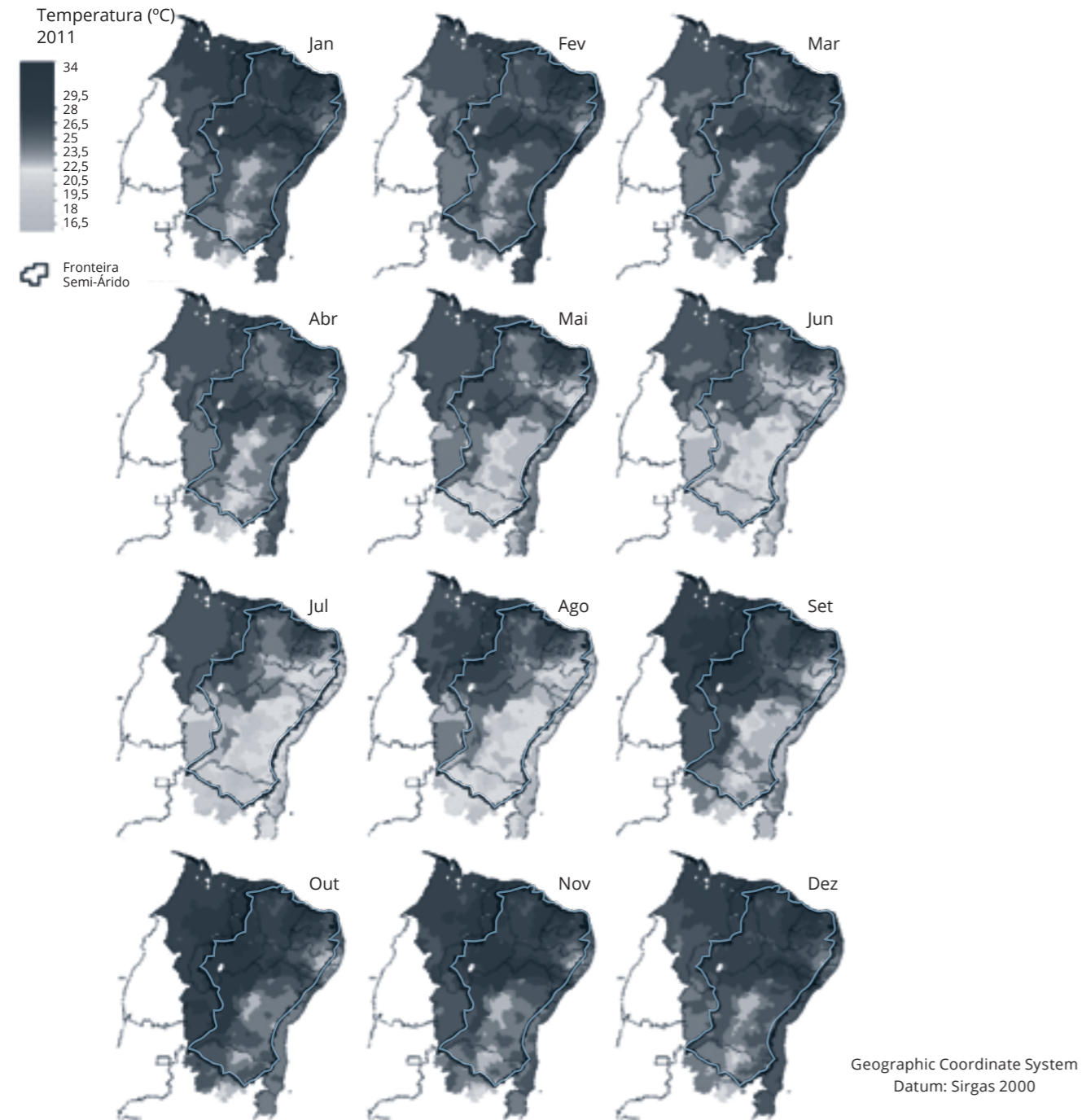
Fonte: Elaboração própria.

FIGURA 9: ÍNDICE DE PLUVIOSIDADE DA REGIÃO NORDESTE POR MÊS (ANO 2000)



Fonte: Da Mata *et al.* (2019).

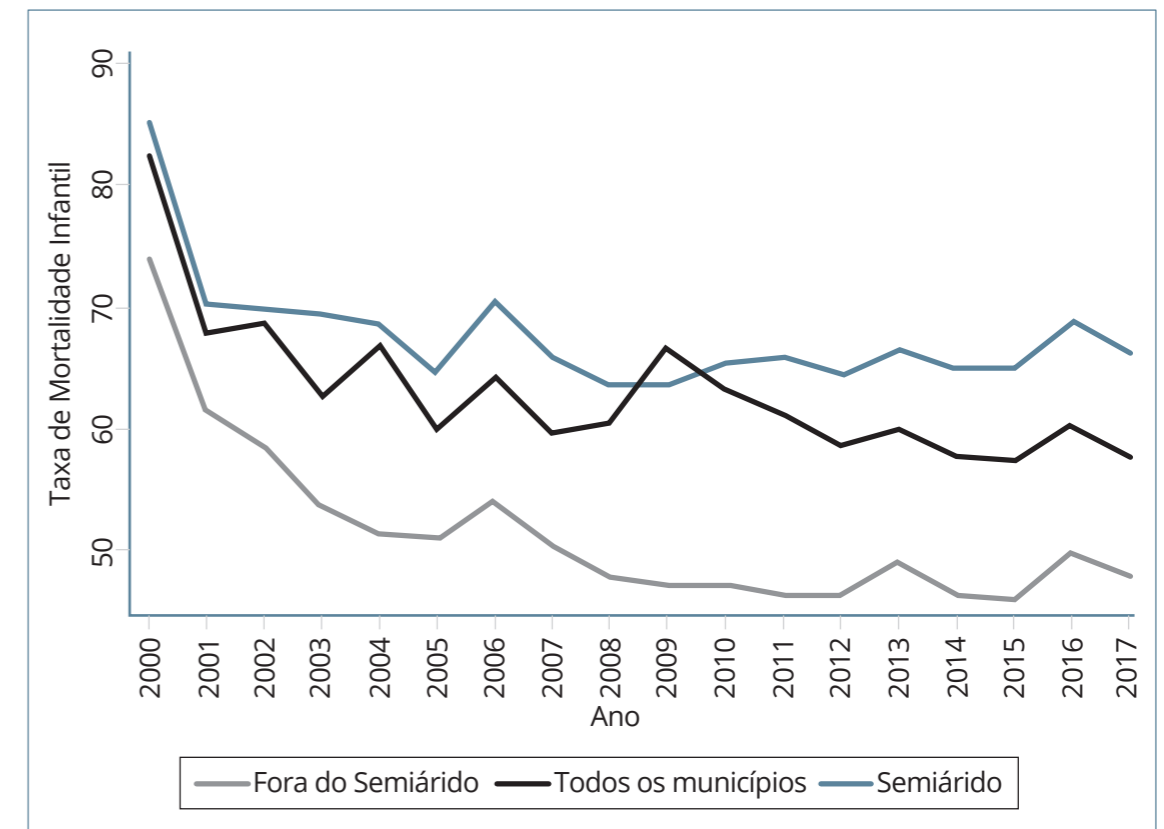
FIGURA 10: ÍNDICE DE TEMPERATURA DA REGIÃO NORDESTE POR MÊS (ANO 2000)



Fonte: Da Mata *et al.* (2019).

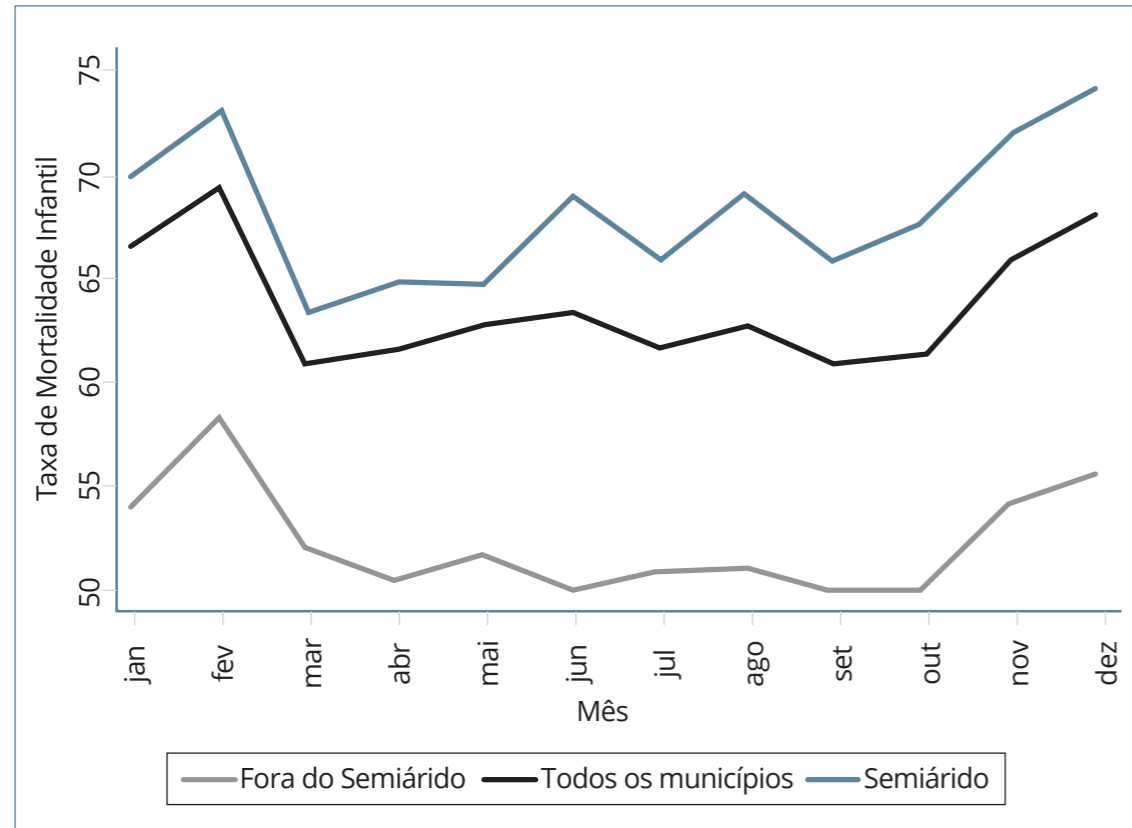
Nas Figuras 11 e 12 apresentamos, respectivamente, a taxa de mortalidade infantil ao longo dos anos e mês a mês. Como se pode observar na Figura 11, ao longo do tempo houve uma forte queda da taxa de mortalidade infantil. Contudo, essa queda foi muito mais acentuada em municípios fora da região do Semiárido nordestino. Já na Figura 12 verifica-se que as taxas de mortalidade infantil são mais elevadas entre novembro e fevereiro, período que apresenta as maiores temperaturas e é posterior aos meses de maior seca na região.

FIGURA 11: TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL POR ANO



Fonte: Elaboração própria.

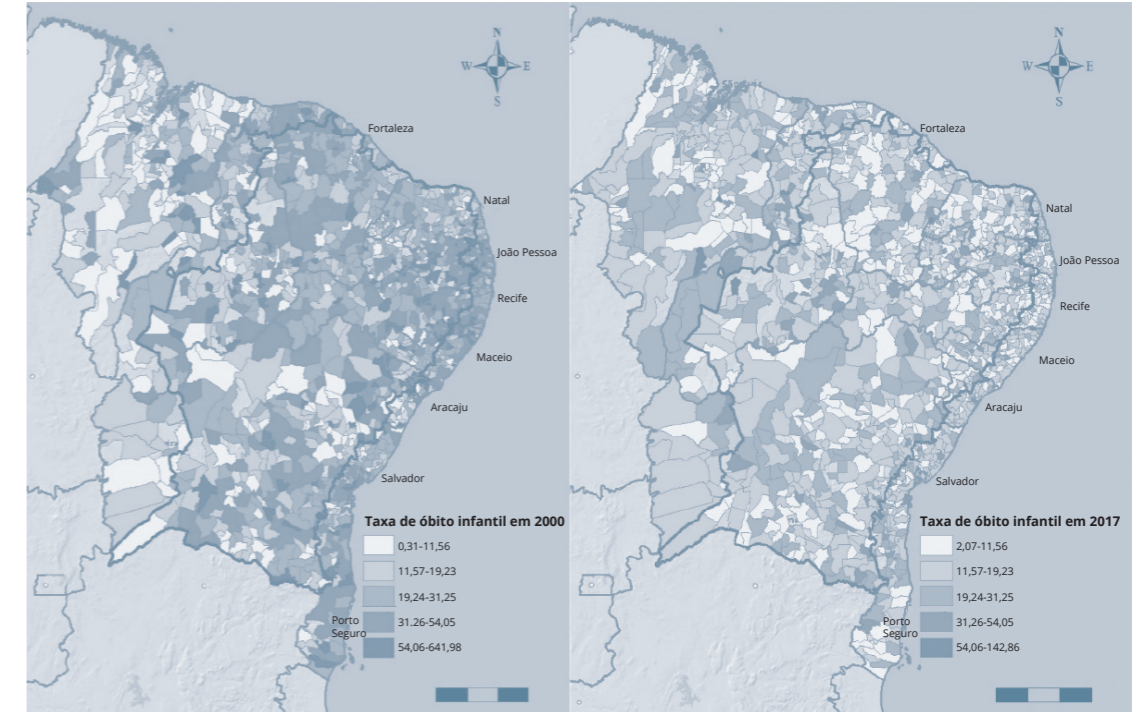
FIGURA 12: TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL POR MÊS



Fonte: Elaboração própria.

Nas Figuras 13 e 14, por sua vez, apresentamos a taxa de mortalidade infantil e fetal por município. No mapa da Figura 13 é possível observar que houve redução significativa da taxa de mortalidade infantil entre os municípios. Já o mapa da Figura 14 sugere que havia uma subnotificação de casos de mortalidade fetal em 2000 que foi sendo corrigida ao longo do tempo. Assim, evitamos interpretar estes mapas como indício do aumento de casos de mortalidade ao longo do tempo.

FIGURA 13: TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL POR MUNICÍPIO EM 2000 (ESQUERDA) E 2017 (DIREITA)



Fonte: Elaboração própria.

FIGURA 14: TAXA DE MORTALIDADE FETAL POR MUNICÍPIO EM 2000 (ESQUERDA) E 2017 (DIREITA)



Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 ABORDAGEM EMPÍRICA

#### 3.3.1. Saúde

Neste estudo utilizaremos o instrumental econométrico para mensurar os impactos de eventos climáticos extremos sobre crianças, adolescentes e jovens. Mais especificamente, iremos estimar um modelo de dados em painel com efeitos fixos. Para mensurar o impacto da seca sobre os indicadores de saúde e educação, a principal suposição é que a ocorrência de seca no município  $j$  no mês  $t$  é um evento exógeno, isto é, imprevisível. Ou seja, não haveria correlação com a ocorrência de seca, definida neste estudo como uma situação na qual o índice de precipitação está abaixo do desvio-padrão da média histórica de pluviosidade do respectivo município.

Além disto, o modelo de dados em painel nos permite controle por quaisquer características dos municípios que são fixas ao longo do tempo, mas variam entre localidades. Por exemplo, um município pode ter uma reserva mineral que gera *royalties* que são reinvestidos em serviços públicos. Como a existência dessa reserva é fixa no tempo para o município que a possui, ela é captada pelo parâmetro de efeito fixo, bem como o são todas as características municipais que seguem esse padrão. A partir dessas considerações e seguindo a literatura especializada, estimou-se o modelo apresentado na Equação 7:

$$Y_{jt} = \beta_1 Seca_{j,t-12} + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (7)$$

Onde:

- $Y_{jt}$  assumirá os valores do indicador de saúde estudado no município  $j$  e no mês  $t$ ;
- $Seca_{j,t-12}$  indica se houve seca nos últimos 12 meses antes do óbito;
- $\theta_j$  é um efeito fixo de município;
- $Temp_{jt}$  é a média da temperatura no mês  $t$  no município  $j$ ;
- $\varepsilon_{jt}$  é um termo de erro estocástico.

Esta especificação é bastante utilizada em estudos que buscam, sobretudo, analisar os impactos da seca sobre óbitos infantis ou desfechos de saúde relacionados ao parto. Contudo, cabe ressaltar que eventos de curto prazo podem ser relacionados a choques climáticos mais curtos, como no caso de mortalidade e internação por diarreia. Neste caso, utilizou-se como medida de impacto climático a variável em vez de . Essa variável indica se a soma da pluviosidade dos últimos três meses antes do desfecho de saúde analisado foi menor do que a média histórica, sendo um indicador de seca extrema.

Uma potencial limitação desta estratégia de análise é o fato de nem todos os dados de saúde estarem disponíveis com periodicidade mensal, mas apenas anual. Com o objetivo de contornar essa limitação, utilizamos o número de meses de seca em cada município e ano como variável de impactos climáticos (Equação 8).

$$Y_{jt} = \beta_1 Seca_{jt,3m} + \beta_2 Seca_{jt,4m} + \beta_3 Seca_{jt,5m} + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (8)$$

Onde:

- $Y_{jt}$  assumirá os valores do indicador de saúde estudado;
- $Seca_{jt,3m}$  é uma variável binária igual a 1 caso o número de meses de seca no ano  $t$  e no município  $j$  seja igual a três meses;
- $Seca_{jt,4m}$  é uma variável binária igual a 1 caso o número de meses de seca no ano  $t$  e no município  $j$  seja igual a quatro meses;
- $Seca_{jt,5m}$  é uma variável binária igual a 1 caso o número de meses de seca no ano  $t$  e no município  $j$  seja igual a cinco meses ou mais;
- $\theta_j$  é um efeito fixo de município;
- $\tau_t$  é um efeito fixo de tempo;
- $Temp_{jt}$  é a média da temperatura no ano  $t$  no município  $j$ ;
- $\varepsilon_{jt}$  é um termo de erro estocástico.

Neste caso, nosso resultado de interesse será mensurado a partir dos parâmetros  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  e estimados, que irão captar os impactos do número de meses de seca em cada município e em cada ano sobre os indicadores de saúde e educação selecionados. As demais variáveis têm como objetivo reduzir possíveis vieses e melhorar a precisão das estimações realizadas.

### 3.3.2. Educação

Devido às características dos dados educacionais, foi necessário utilizar outras estratégias empíricas para observar os impactos climáticos na educação. Como esses dados são relativos a indivíduos, observamos cada um deles apenas uma vez, em diferentes anos. Por outro lado, o fato de os dados educacionais serem baseados em questionários possibilita a introdução de diversas variáveis de controle. Além disto, diferentemente dos indicadores de saúde, os dados educacionais não estão disponíveis mês a mês. Portanto, para analisar o desempenho educacional dos alunos do 5º ano do ensino fundamental na Prova Brasil, foram construídas variáveis que permitem captar os efeitos de eventos climáticos anteriores à data de realização da prova, que em geral é aplicada em novembro. Para essas estimações, foi utilizada a especificação econométrica expressa na Equação 9:

$$Y_i = \beta Seca_j + \delta Escola_i + \theta X_i + \gamma Temp_j + \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

Onde:

- $Y_{it}$  assumirá os valores do indicador de educação do estudante  $i$  do município  $j$ ;
- $Seca_j$  indica se houve redução de 1 desvio-padrão no volume de chuvas para determinado período analisado no município  $j$ ;
- $Escola$  é um vetor de características observadas da escola;
- $X_{it}$  é um vetor de características observadas dos indivíduos;
- $Temp_j$  é a média da temperatura no mês  $t$  no município  $j$ ;
- $\varepsilon_{ij}$  é um termo de erro estocástico.

Neste caso, o parâmetro de interesse é  $\beta$ , cujo resultado indicará se o choque climático em determinado município pode implicar efeitos sobre o desempenho educacional dos alunos em avaliações padronizadas de português e matemática. Como variáveis explicativas de controle, foram utilizados gênero, raça, quantas horas o estudante se dedica a trabalhos domésticos ou, ainda, se trabalha fora de casa. Para controlar as diferenças entre as escolas, foram inseridas variáveis binárias que indicam se a instituição é federal, estadual, municipal ou privada, além de uma outra binária relativa a diferenças de média entre escolas localizadas em zona rural ou urbana.

Adicionalmente, para identificar os municípios que foram mais expostos a cenários de seca, foram coletadas, a partir de registros oficiais publicados no *Diário Oficial da União*, informações sobre os municípios que decretaram estado de calamidade pública por motivo de seca ou estiagem. Neste caso, nossa especificação econométrica será uma análise de dados transversais conforme a Equação 10:

$$LnY_{i,j,t} = \beta_1 Seca_{j,t} + \beta_2 Estiagem_{j,t} + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \delta X_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (10)$$

Onde:

- $LnY_{i,j,t}$  assumirá os valores do logaritmo do indicador de desempenho educacional do indivíduo  $i$ , no ano  $t$  e no município  $j$ ;
- $Seca_{j,t}$  é uma variável binária igual a 1 caso se tenha decretado estado de calamidade pública por motivo de seca no ano  $t$  e no município  $j$ ;
- $Estiagem_{j,t}$  é uma variável binária igual a 1 caso se tenha decretado estado de calamidade pública por motivo de estiagem no ano  $t$  e no município  $j$ ;
- $\theta_j$  é um efeito fixo de município;
- $\tau_t$  é um efeito fixo de tempo;
- $Temp_{jt}$  é a média da temperatura no ano  $t$  no município  $j$ ;
- $X_{i,t}$  é um vetor de características observadas dos indivíduos;
- $\varepsilon_{i,j,t}$  é um termo de erro estocástico.

Além disto, considerando que 2012 foi o ano em que ocorreu a seca mais severa desde 1998, optou-se por inserir uma variável *dummy* interativa com objetivo de verificar os mesmos efeitos da Equação 10, mas especificamente para o ano de 2013. Assim, foi estimada a Equação 11:

$$LnY_{i,j,t} = \beta_1 Seca_{j,t} + \beta_2 Estiagem_{j,t} + \beta_3 Seca2013_j + \beta_4 Estiagem2013_j + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \delta X_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t}$$

Onde:

- $Seca2013_j$  é uma variável binária igual a 1 caso se tenha decretado estado de calamidade pública por motivo de seca no ano de 2013 no município  $j$ ;
- $Estiagem2013_j$  é uma variável binária igual a 1 caso se tenha decretado estado de calamidade pública por motivo de estiagem no ano de 2013 no município  $j$ .

É importante salientar que entre 2012 e 2016 houve maior redução no volume de chuvas em relação à média histórica e, conseqüentemente, mais municípios decretaram calamidade pública nesse período. Sendo assim, foram estimados modelos considerando todos os indivíduos que constam na base de dados completa e, posteriormente, os mesmos modelos foram reestimados utilizando apenas o período de seca mais severa, entre 2012 e 2016.

# 4. Resultados

## 4.1. SAÚDE

Nesta seção apresentaremos os resultados das estimações dos modelos econométricos para analisar o impacto de choques climáticos. Inicialmente o foco serão os impactos sobre a saúde e, num segundo momento, os impactos sobre a educação.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados estimados através da Equação 7, com o objetivo de verificar o efeito dos impactos climáticos sobre a saúde das crianças. Utilizamos três medidas de efeitos climáticos: volume de precipitação nos últimos 12 meses antes do nascimento; desvio da precipitação em relação à média histórica; e acontecimento de seca. No painel A estão os resultados quando consideramos todos os municípios da amostra, e no painel B são dispostos apenas os municípios da região do Semiárido nordestino. Os indicadores são de nível municipal e indicam o número de nascidos vivos, a taxa de mortalidade, a taxa de crianças prematuras por mil habitantes e a taxa de crianças com baixo peso por mil habitantes.

Os resultados sugerem que o maior volume de chuvas está positivamente relacionado a maior número de nascimentos, menor taxa de mortalidade infantil, menor taxa de prematuridade e menor taxa de baixo peso para as duas amostras analisadas. Já o desvio anual é negativamente relacionado apenas à taxa de mortalidade infantil. Isto significa que quanto maior o nível de chuva em relação à média anual, menor será a taxa de mortalidade infantil.





Verificou-se também o impacto da ocorrência de seca nos 12 meses anteriores ao nascimento, ou seja, é uma medida de exposição da criança a períodos de seca durante o período de gestação. Os resultados sugerem que a exposição à seca durante a gestação tem impactos negativos sobre a saúde das crianças, sendo estes mais fortes no Semiárido. Mais especificamente, nesta região, a seca implica um aumento de 1,8 pontos percentuais na mortalidade infantil, 34 pontos percentuais na taxa de crianças nascidas prematuras, e 6,8 pontos percentuais na taxa de crianças nascidas com baixo peso.

**TABELA 1: IMPACTOS CLIMÁTICOS DOS ÚLTIMOS 12 MESES SOBRE DESFECHOS DE SAÚDE DE CRIANÇAS ENTRE 0 E 1 ANO DE IDADE**

<b>Painel A: todos os municípios</b>				
	Nascidos vivos	Mortalidade infantil	Prematuridade	Baixo peso
Volume de precipitação (12 meses)	4,004*** (0,380)	0,945 (0,845)	-47,292*** (1,141)	-8,004*** (0,615)
Desvio anual	0,146 (0,124)	-3,420*** (1,243)	0,815 (0,821)	-0,673 (0,662)
Seca	-2,801*** (0,227)	0,164 (0,548)	29,815*** (0,773)	4,477*** (0,469)
<b>Painel B: Semiárido</b>				
	Nascidos vivos	Mortalidade infantil	Prematuridade	Baixo peso
Volume de precipitação (12 meses)	3,503*** (0,178)	-2,025* (1,140)	-47,927*** (1,415)	-10,058*** (0,730)
Desvio anual	0,308*** (0,086)	-4,910*** (1,796)	1,626 (1,026)	-0,816 (0,811)
Seca	-2,794*** (0,139)	1,789** (0,861)	34,241*** (1,074)	6,784*** (0,655)
Efeito fixo de município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de mês	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01.

Em seguida, na Tabela 2, analisamos o impacto da seca nos últimos três meses, mensurada como a diferença entre a soma dos últimos três meses e a média mensal. Caso essa soma seja menor que a média, considera-se que houve seca. Como pode ser observado, os sinais dos parâmetros caminham na mesma direção; contudo, apenas os parâmetros das variáveis “nascidos vivos” e “prematuridade” são estatisticamente significativos.

De modo a entender as causas específicas da mortalidade, estimamos os impactos da seca sobre causas específicas da mortalidade infantil. Estes resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4. Como pode ser observado, apesar de os sinais das variáveis serem positivos, indicando que tanto os desvios quanto a existência de seca aumentam a mortalidade por causas específicas, apenas na Tabela 4 verificamos impacto com significância estatística sobre a mortalidade por causas infecciosas. Este achado pode estar relacionado ao consumo de água não tratada ou à falta de água para higiene pessoal e adequada manipulação de alimentos para consumo.

**TABELA 2: IMPACTOS CLIMÁTICOS DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES SOBRE DESFECHOS DE SAÚDE DE CRIANÇAS ENTRE 0 E 1 ANO DE IDADE**

<b>Painel A: todos os municípios</b>				
	Nascidos vivos	Mortalidade infantil	Prematuridade	Baixo peso
Desvio nos últimos três meses	0,472*** (0,151)	0,504* (0,302)	-3,167*** (0,242)	-0,404** (0,180)
Seca nos últimos três meses	0,244*** (0,059)	0,275 (0,477)	-3,539*** (0,305)	-0,539** (0,231)
Observações	384.958	128.934	384.958	384.958
<b>Painel B: Semiárido</b>				
	Nascidos vivos	Mortalidade infantil	Prematuridade	Baixo peso
Desvio nos últimos três meses	-3,397*** (0,465)	0,250 (2,472)	16,038*** (3,353)	3,878 (3,081)
Seca nos últimos três meses	-4,848*** (0,732)	2,218 (4,543)	20,858*** (4,346)	4,940 (4,623)
Observações	225.256	68.044	225.256	225.256

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01.

**TABELA 3: IMPACTOS CLIMÁTICOS DOS ÚLTIMOS 12 MESES SOBRE A MORTALIDADE ENTRE 0 E 1 ANO DE IDADE POR CAUSAS ESPECÍFICAS**

Painel A: todos os municípios			
	Endócrinas e nutricionais	Infecciosas	Respiratórias
Desvio anual	-0,103 (1,875)	-4,121 (3,270)	0,437 (1,372)
Seca	1,157 (1,418)	1,392 (1,045)	0,760 (1,007)
Observações	6.231	18.430	10.497
Painel B: Semiárido			
Desvio anual	0,321 (2,963)	-8,104 (5,687)	-0,003 (2,380)
Seca	3,244 (3,361)	3,648 (2,270)	0,778 (2,151)
Observações	2.863	9.133	4.498

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

**TABELA 4: IMPACTOS CLIMÁTICOS DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES SOBRE A MORTALIDADE ENTRE 0 E 1 ANO DE IDADE POR CAUSAS ESPECÍFICAS**

Painel A: todos os municípios			
	Endócrinas e nutricionais	Infecciosas	Respiratórias
Desvio nos últimos três meses	-0,487 (0,748)	0,605 (0,446)	0,646 (0,417)
Seca nos últimos três meses	14,019 (12,465)	9,990*** (3,547)	5,011 (3,069)
Observações	6.231	18.430	10.497
Painel B: Semiárido			
Desvio nos últimos três meses	-1,354 (1,212)	0,465 (0,851)	1,294 (0,877)
Seca nos últimos três meses	25,431 (19,886)	12,860** (5,103)	3,440 (3,407)
Observações	2.863	9.133	4.498

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

Em seguida, utilizando a variável de ocorrência de seca nos últimos três meses antes do registro de óbito, pode-se observar na Tabela 5 que esse fator aumenta a chance de óbito por diarreia em 11 pontos percentuais para todos os municípios, e em 14,7 pontos percentuais para municípios do Semiárido.

**TABELA 5: IMPACTOS CLIMÁTICOS SOBRE A MORTALIDADE POR DIARREIA EM CRIANÇAS ENTRE 0 E 1 ANO DE IDADE**

	Todos os municípios		Semiárido	
Volume de precipitação (três meses)	0,726 (0,550)		1,354 (0,996)	
Desvio nos últimos três meses		0,726 (0,550)		1,354 (0,996)
Seca			11,02** (4,634)	14,68** (5,719)
Observações	10.739	10.739	10.748	5.534
Efeito fixo de município	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de mês	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

Por fim, considerando que não existem dados nutricionais com periodicidade mensal, analisamos o impacto da seca sobre dados anuais de nutrição. Os resultados apresentados na Tabela 6 sugerem que a quantidade de meses de seca tem uma relação positiva tanto com eventos de desnutrição crônica quanto com eventos de desnutrição aguda. Ressalte-se que os impactos são mais elevados na região do Semiárido e para crianças entre 2 e 5 anos.

TABELA 6: IMPACTOS CLIMÁTICOS SOBRE INDICADORES NUTRICIONAIS

Desnutrição crônica						
	Todos os municípios			Semiárido		
	0 a 2 anos	2 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 2 anos	2 a 5 anos	0 a 5 anos
Três meses de seca	0,023 (0,025)	0,004 (0,019)	0,013 (0,019)	0,066 (0,041)	0,035 (0,029)	0,035 (0,029)
Quatro meses de seca	0,086*** (0,031)	0,050** (0,024)	0,063** (0,024)	0,118*** (0,038)	0,023 (0,034)	0,023 (0,034)
Cinco ou mais meses de seca	0,050 (0,036)	0,095*** (0,027)	0,080*** (0,027)	0,092* (0,050)	0,137*** (0,041)	0,137*** (0,041)
Desnutrição aguda						
	0 a 2 anos	2 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 2 anos	2 a 5 anos	0 a 5 anos
Três meses de seca	-0,032 (0,030)	-0,019 (0,021)	-0,013 (0,021)	-0,013 (0,044)	0,002 (0,033)	0,002 (0,033)
Quatro meses de seca	0,051 (0,037)	0,059** (0,026)	0,066** (0,026)	0,075 (0,051)	0,094*** (0,034)	0,094*** (0,034)
Cinco ou mais meses de seca	-0,015 (0,045)	0,044 (0,031)	0,031 (0,031)	0,080 (0,059)	0,041 (0,045)	0,041 (0,045)
Observações	15.633	15.914	15.935	9.155	9.309	9.309
Efeito fixo de município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

## 4.2. EDUCAÇÃO

A literatura empírica de diversas partes do mundo mostra evidências de que a seca pode trazer impactos negativos sobre o desempenho educacional de crianças e jovens (Kim, 2008; Thai e Falaris, 2011; Shah e Steinberg, 2013; Björkman-Nyqvist, 2013; Amaya, 2020). É possível pensar em diversos meios, com evidências documentadas na literatura, pelos quais a redução no volume de chuva pode afetar o desempenho educacional.

A seca pode ter impactos na saúde do indivíduo, no nível de renda da família, no valor nutricional de sua alimentação e em sua decisão sobre a participação no mercado de trabalho. Todos esses fatores têm estreita relação com o desempenho educacional dos indivíduos e, a partir deles, é razoável pensar que a seca pode trazer efeitos negativos para a educação. Sendo assim, nos exercícios realizados nesta seção, pretende-se estimar os impactos da seca sobre a educação, utilizando como objeto de estudo a forte redução no volume de chuvas que ocorreu em muitas cidades do Nordeste em alguns anos da década passada.

Nas Tabelas 7 e 8 foram estimados os efeitos da redução do volume de chuva, considerando os municípios do Nordeste que decretaram calamidade pública por motivo de seca ou estiagem, sobre o desempenho dos estudantes do 5º ano do ensino fundamental em provas de matemática e português. Como as variáveis dependentes estão em logaritmos, podemos interpretar os parâmetros em porcentagem, desde que multiplicados por 100.

Na Tabela 7 são apresentados os efeitos sobre as notas em matemática no período de 2011 a 2017, quando foram realizadas quatro edições da Prova Brasil, uma a cada dois anos. Observa-

mos um efeito pouco significativo entre os municípios que decretaram estado de calamidade por motivo de seca, enquanto existe um efeito negativo de cerca de 2% para os municípios que decretaram calamidade por conta da estiagem. No entanto, na quarta coluna observamos que, para os municípios que decretaram calamidade por seca ou estiagem em 2013, existe um efeito negativo de 1,5% e 3%, respectivamente, sobre o desempenho dos alunos em matemática. Isso significa que os municípios que tiveram o mesmo decreto em outros anos não experimentaram um efeito tão grande sobre o desempenho educacional dos alunos.

Quanto às estimativas para o desempenho em português, na Tabela 8, observamos também um efeito mais robusto sobre o grupo de municípios que decretaram calamidade por motivo de estiagem. Porém, para o ano de 2013, vemos que os efeitos estimados são negativos para ambos os grupos de municípios, o que indica um efeito negativo da redução do volume de chuva sobre o desempenho em português de cerca de 0,56% a 2%.

As possíveis explicações para que esse efeito seja captado em maior magnitude no ano de 2013 podem ser as seguintes: (i) 2012 foi o pior ano da seca, de modo que esses municípios que decretaram estado de calamidade em 2013 passaram por uma redução mais severa no volume de chuvas em relação aos outros anos; (ii) uma vez que houve forte seca em 2012, tanto a população quanto os formuladores de políticas públicas (*policymakers*) tentaram traçar novas estratégias para diminuir os impactos da seca, fazendo com que, em períodos posteriores, esse efeito pudesse ser menor; e (iii) o estado de calamidade permite que o *policymaker* tenha mais recursos

disponíveis e possa gastá-los de forma menos burocrática, possibilitando que os efeitos da seca sejam minimizados de forma mais eficiente pelo poder público.

Em outras palavras, além da redução do efeito estimado por conta da menor intensidade da seca após 2012, é razoável pensar que os municípios tenham sido expostos a um período inesperado de forte seca entre 2012 e 2013, quando deram início a uma série de estratégias de enfrentamento que reduziram seus efeitos sobre a educação nos anos seguintes.

**TABELA 7: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO EM MATEMÁTICA NO 5º ANO**

	Ln. Matemática	Ln. Matemática	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca	0,00258 (0,00359)	-0,00432* (0,00251)	-0,00203 (0,00241)	0,0151*** (0,00269)
Estiagem	-0,0219*** (0,00249)	-0,0196*** (0,00222)	-0,0192*** (0,00217)	-0,00166 (0,00232)
Seca em 2013				-0,0313*** (0,00381)
Estiagem em 2013				-0,0303*** (0,00322)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Não	Sim	Sim	Sim
Controles de trabalho infantil	Não	Não	Sim	Sim
Nº de observações	7.515.059	6.481.935	6.232.230	6.232.230

Nota: Erro-padrão entre parêntesis. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01. Ln: logaritmo.

**TABELA 8: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO EM PORTUGUÊS NO 5º ANO**

	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Português
Seca	0,00961*** (0,00327)	0,000116 (0,00229)	0,00224 (0,00223)	0,0116*** (0,00254)
Estiagem	-0,0145*** (0,00227)	-0,0134*** (0,00199)	-0,0138*** (0,00198)	-0,00240 (0,00221)
Seca em 2013				-0,0172*** (0,00297)
Estiagem em 2013				-0,0197*** (0,00268)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Não	Sim	Sim	Sim
Controles de trabalho infantil	Não	Não	Sim	Sim
Nº de observações	7.515.059	6.481.935	6.232.230	6.232.230

Nota: Erro-padrão entre parêntesis. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01. Ln: logaritmo.

Nas Tabelas 9 e 10 vemos que, restringindo a base de dados apenas para as edições da Prova Brasil que ocorreram nos anos de seca mais severa, 2013 e 2015, os efeitos estimados da forte redução no volume de chuvas são ainda maiores e mais significantes. Os resultados das estimações das Tabelas 9 e 10 sugerem que um cenário de seca pode ter impacto médio superior a 4% em matemática e 2% em português. É importante ressaltar que todas as estimações têm controle para características socioeconômicas dos alunos, trabalho infantil, trabalho doméstico, além de efeitos fixos de ano e município.

**TABELA 9: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO EM MATEMÁTICA NO 5º ANO (2013-2015)**

	Ln. Matemática	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca	-0,0328*** (0,00640)	-0,0281*** (0,00587)	-0,0270*** (0,00553)
Estiagem	-0,0491*** (0,00422)	-0,0426*** (0,00387)	-0,0407*** (0,00365)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Não	Sim	Sim
Controles de trabalho infantil	Não	Não	Sim
Nº de observações	7.515.059	6.481.935	6.232.230

Nota: Erro-padrão entre parêntesis. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01. Ln: logaritmo.

**TABELA 10: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO EM PORTUGUÊS NO 5º ANO (2013-2015)**

	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Português
Seca	-0,0213*** (0,00639)	-0,0178*** (0,00585)	-0,0178*** (0,00544)
Estiagem	-0,0265*** (0,00312)	-0,0240*** (0,00303)	-0,0239*** (0,00286)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Sim	Sim	Sim
Controles de trabalho infantil	Sim	Sim	Sim
Nº de observações	7.515.059	6.481.935	6.232.230

Nota: Erro-padrão entre parêntesis. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01. Ln: logaritmo.

Na Tabela 11 foram estimados os efeitos sobre o desempenho dos indivíduos que estão próximos de completar o ensino médio ou que já o completaram. Observamos que praticamente todos os parâmetros são negativos, apesar de apenas alguns apresentarem significância estatística. Sabendo, a partir da análise dos impactos sobre o ensino fundamental, que o efeito maior da seca pode ter ocorrido em 2013, por conta dos motivos já explicitados, foi realizado outro exercício inserindo uma variável *dummy* interativa que nos permite verificar o impacto da redu-

ção do volume de chuvas sobre o desempenho dos estudantes no Enem de 2013.

Observamos na Tabela 12 que, assim como na análise sobre o ensino fundamental, existem evidências de um significativo efeito negativo sobre o desempenho dos candidatos do Enem de 2013 residentes em municípios que passaram por experiência de redução no volume de chuvas. O efeito estimado é de aproximadamente 2% para ciências humanas e só não é superior a 1% para ciências naturais.

**TABELA 11: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO NO ENEM (2010-2018)**

	Ln. Matemática	Ln. Português	Ln. Redação	Ln. Ciências humanas	Ln. Ciências naturais
Seca	-0,000554 (0,00148)	-0,00411*** (0,000845)	-0,00999*** (0,00240)	-0,00472*** (0,00115)	0,000836 (0,00103)
Estiagem	-0,000741 (0,00107)	-0,000671 (0,000616)	-0,00499** (0,00204)	-0,000676 (0,000734)	-0,000423 (0,000683)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Nº de observações	12.604.020	1.275.0516	12.228.634	13.005.958	12.863.073

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \* p < 0,10; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01. Ln: logaritmo.

TABELA 12: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO NO ENEM – EFEITO SOBRE 2013 (2010-2018)

	Ln. Matemática	Ln. Português	Ln. Redação	Ln. Ciências humanas	Ln. Ciências naturais
Seca	0,00244 (0,00158)	-0,000302 (0,000963)	-0,00764*** (0,00204)	0,0000940 (0,00131)	0,00196* (0,00116)
Estiagem	-0,00161 (0,00103)	0,0000139 (0,000703)	-0,00388** (0,00191)	-0,000740 (0,000824)	-0,000555 (0,000744)
Seca em 2013	-0,0114*** (0,00167)	-0,0164*** (0,00172)	-0,0107*** (0,00277)	-0,0197*** (0,00156)	-0,00448*** (0,00110)
Estiagem em 2013	0,000479 (0,00140)	-0,00795*** (0,00170)	-0,00793*** (0,00260)	-0,00558*** (0,00132)	-0,000752 (0,000974)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Nº de observações	12.604.020	12.750.516	12.228.634	13.005.958	12.863.073

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

Na Tabela 13, restringiu-se a base de dados apenas aos anos em que a seca foi mais severa e, conseqüentemente, houve maior quantidade de decretos de calamidade pública por redução no volume de chuva, isto é, de 2012 a 2016. Observa-se que, apesar de se controlarem as características socioeconômicas dos indivíduos e os efeitos fixos de ano e de município, todos os parâmetros estimados são negativos e estatisticamente significantes. Sendo assim, temos na Tabela 13 uma evidência de que a seca pode reduzir o desempenho educacional em todas as áreas do conhecimento.

Na Tabela 14 inserimos nas estimações uma *dummy* interativa entre as variáveis de interesse e o ano de 2013. Observamos que, apesar de todos os parâmetros continuarem negativos, o efeito sobre o desempenho no Enem é, de fato, maior e mais significativo no ano de 2013, com resultados semelhantes aos da Tabela 12.

TABELA 13: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO NO ENEM (2012-2016)

	Ln. Matemática	Ln. Português	Ln. Redação	Ln. Ciências humanas	Ln. Ciências naturais
Seca	-0,00461*** (0,00151)	-0,00464*** (0,00109)	-0,00848*** (0,00232)	-0,00641*** (0,00130)	-0,00267*** (0,000868)
Estiagem	-0,00334*** (0,000866)	-0,00150*** (0,000545)	-0,00804*** (0,00186)	-0,00223*** (0,000693)	-0,00138*** (0,000477)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Nº de observações	7.551.339	7.553.495	7.305.445	7.742.910	7.741.435

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

TABELA 14: IMPACTO DA SECA SOBRE O DESEMPENHO NO ENEM COM INCLUSÃO DE NOVOS CONTROLES (2012-2016)

	Ln. Matemática	Ln. Português	Ln. Redação	Ln. Ciências humanas	Ln. Ciências naturais
Seca	-0,00103 (0,00145)	-0,000347 (0,000936)	-0,00582*** (0,00213)	-0,000921 (0,00114)	-0,00130 (0,000843)
Estiagem	-0,00423*** (0,000852)	-0,000992* (0,000524)	-0,00822*** (0,00182)	-0,00284*** (0,000665)	-0,00128** (0,000514)
Seca em 2013	-0,0134*** (0,00166)	-0,0177*** (0,00168)	-0,0102*** (0,00271)	-0,0213*** (0,00162)	-0,00557*** (0,00119)
Estiagem em 2013	-0,00347** (0,00137)	-0,0110*** (0,00178)	-0,00431* (0,00240)	-0,00859*** (0,00143)	-0,00323*** (0,00115)
Efeito fixo de município e ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles socioeconômicos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Nº de observações	7.551.339	7.553.495	7.305.445	7.742.910	7.741.435

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

É importante ressaltar que foi verificado também se a seca tem efeito sobre a probabilidade de o indivíduo se inscrever ou faltar à prova do Enem. Nos dois casos, as estimações mostraram que a seca parece não ter efeitos significantes sobre essas variáveis, ou seja, não existe uma redução na quantidade de indivíduos inscritos na prova em resposta a uma redução no volume de chuva e, uma vez inscrito, a seca também não aumenta a probabilidade de o indivíduo faltar à prova.

Agora, será empregada uma metodologia semelhante àquela utilizada na seção anterior para as estimações sobre desfechos de saúde. Procurou-se identificar os possíveis efeitos de uma redução de 1 desvio-padrão no volume de chuvas médio de cada município sobre o desempenho de alunos do 5º ano do ensino fundamental na Prova Brasil, e os resultados desse exercício são apresentados nas Tabelas 15, 16 e 17. Observa-se que os parâmetros estimados para os municípios do Semiárido são todos negativos e, em sua maioria, significantes, independentemente da edição da prova que se esteja avaliando (2013, 2015 ou 2017). Esse resultado corrobora as evidências encontradas nos exercícios anteriores de que a redução do volume de chuvas pode ter impacto negativo no desempenho educacional de alunos do ensino fundamental.

O resultado encontrado nas Tabelas 15, 16 e 17 indica que o desempenho na prova de por-

tuguês dos estudantes residentes em municípios do Semiárido pode sofrer impacto negativo de 4,2% a 5,5% quando ocorre redução de 1 desvio-padrão no volume de chuvas no mês anterior à prova, podendo ser reduzido em até 6,7% quando esse choque negativo ocorre nos três meses anteriores.

Com relação ao desempenho em matemática dos estudantes residentes no Semiárido, observa-se que também existe um efeito negativo de cerca de 3,5% quando a redução de chuvas ocorre no mês anterior à prova, podendo chegar a 4,7% quando essa redução ocorre nos três meses anteriores. Vale ressaltar que, quando analisamos especificamente o ano de 2015, não foram encontrados resultados estatisticamente significantes para o período de três meses anteriores à prova, apesar de o sinal do parâmetro também ser negativo.

Para os estudantes residentes fora do Semiárido, os resultados encontrados são pouco significantes, o que pode ser uma evidência de que a redução no volume de chuvas tem um efeito menor nessa região. A diferença dos efeitos entre as regiões pode ser motivada por diversos fatores; porém, uma explicação razoável é que existem diferenças de perfil socioeconômico entre as duas regiões.

**TABELA 15: IMPACTOS CLIMÁTICOS DO ÚLTIMO MÊS E DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES ANTERIORES À PROVA BRASIL SOBRE O DESEMPENHO DE ALUNOS DO 5º ANO EM PORTUGUÊS E MATEMÁTICA EM 2013**

<b>Painel A: Semiárido</b>				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,0546*** (0,0113)		-0,0363*** (0,0138)	
Seca nos últimos três meses		-0,0600*** (0,0163)		-0,0388* (0,0217)
Observações	608.547	608.547	608.547	608.547
<b>Painel B: fora do semiárido</b>				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,0189* (0,0103)		-0,00536 (0,0115)	
Seca nos últimos três meses		-0,0172* (0,0104)		0,00423 (0,0140)
Observações	244.950	244.950	244.950	244.950

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

**TABELA 16: IMPACTOS CLIMÁTICOS DO ÚLTIMO MÊS E DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES ANTERIORES À PROVA BRASIL SOBRE O DESEMPENHO DE ALUNOS DO 5º ANO EM PORTUGUÊS E MATEMÁTICA EM 2015**

<b>Painel A: Semiárido</b>				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,0423*** (0,0101)		-0,0324*** (0,00919)	
Seca nos últimos três meses		-0,0279* (0,0157)		-0,0219 (0,0162)
Observações	200.168	200.168	200.168	200.168
<b>Painel B: fora do semiárido</b>				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,00842 (0,0110)		-0,00626 (0,00846)	
Seca nos últimos três meses		-0,0122 (0,0123)		-0,00679 (0,00944)
Observações	262.781	262.781	262.781	262.781

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

**TABELA 17: IMPACTOS CLIMÁTICOS DO ÚLTIMO MÊS E DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES ANTERIORES À PROVA BRASIL SOBRE O DESEMPENHO DE ALUNOS DO 5º ANO EM PORTUGUÊS E MATEMÁTICA EM 2017**

Painel A: Semiárido				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,0423*** (0,0136)		-0,0341*** (0,0115)	
Seca nos últimos três meses		-0,0668*** (0,0235)		-0,0468** (0,0188)
Observações	227.776	227.776	227.776	227.776
Painel B: fora do semiárido				
	Ln. Português	Ln. Português	Ln. Matemática	Ln. Matemática
Seca no mês da prova	-0,0207* (0,0125)		-0,0200* (0,0114)	
Seca nos últimos três meses		-0,00199 (0,0104)		-0,00575 (0,0107)
Observações	284.946	284.946	284.946	284.946

Nota: Erros-padrão entre parênteses. Erros clusterizados em nível municipal. Nível de significância: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

É esperado que hoje, em relação ao século passado, se tenha maior adaptação às condições climáticas na região Nordeste. As tecnologias disponíveis e os mecanismos de assistência social tornam essa população menos vulnerável do que um dia já foi. Evidentemente, as adversidades ainda são muitas e, somadas a um nível mais baixo de renda e muitas vezes a uma baixa qualidade do sistema público de educação, podem tornar difícil melhorar ou até mesmo manter o desempenho educacional em um momento de maior dificuldade, como são os períodos de seca. Nos anos de 2012 a 2016 houve um longo período de seca, sendo 2012 o ano de maior redução do volume de chuva em relação à média histórica. O que as estimações realizadas mostram são evidências de que essa seca trouxe impactos negativos sobre o desempenho educacional de crianças e jovens tanto do ensino fundamental quanto do ensino médio, em curso ou já completo.

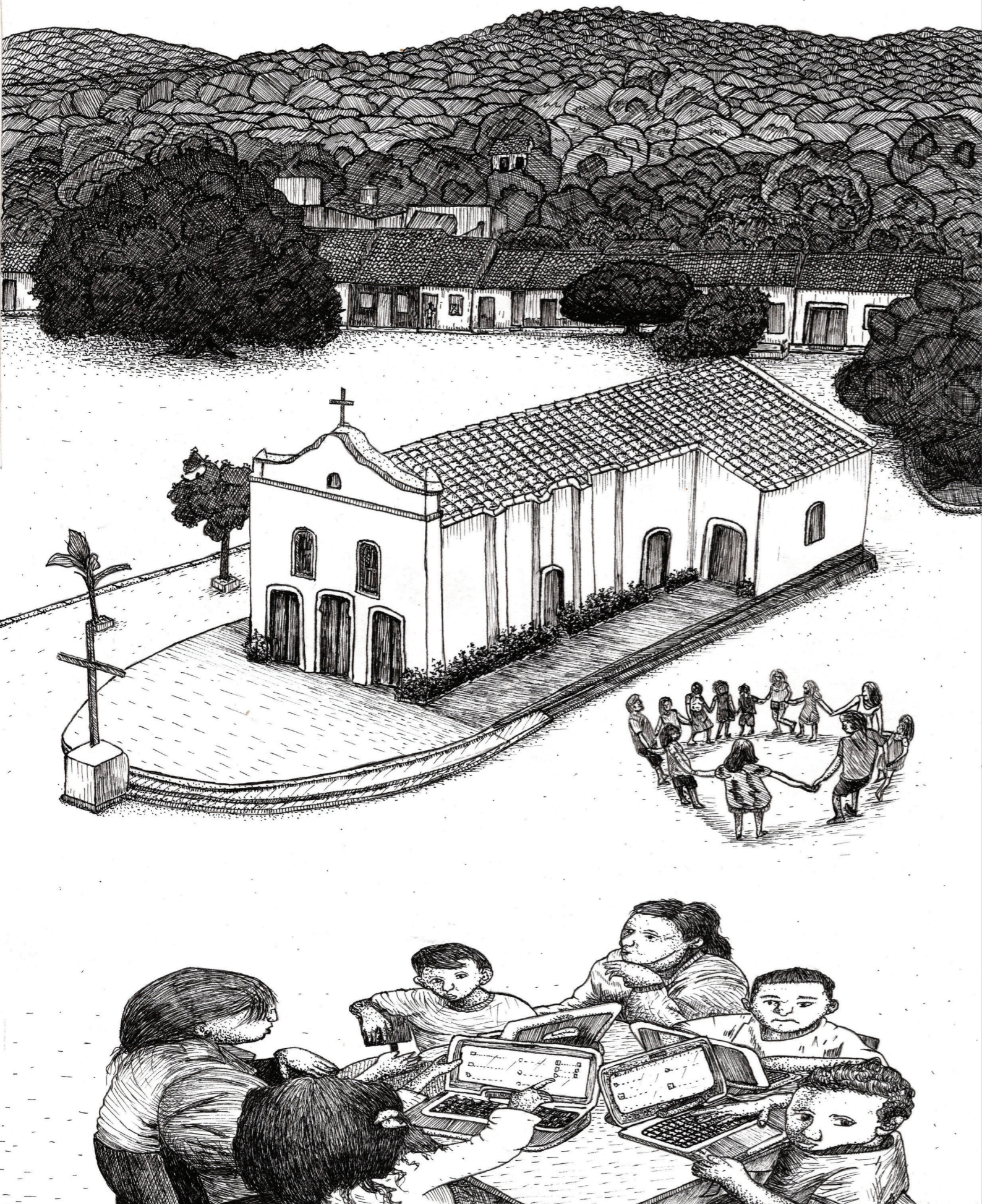


# 5. Discussão e conclusão

O objetivo deste estudo foi analisar os impactos de eventos climáticos extremos sobre crianças, adolescentes e jovens. Neste sentido, foi construído um banco de dados englobando aspectos de pluviosidade e temperatura, bem como de saúde e educação, utilizando-se análises descritivas e econométricas para mensurar esses impactos.

Como pôde ser observado, os choques climáticos e a ausência de pluviosidade estão associados a piores indicadores de saúde e educacionais. Mais especificamente, a ocorrência de secas provoca um aumento de 1,8 pontos percentuais na mortalidade infantil, de 34 pontos percentuais na taxa de crianças nascidas com prematuridade, e de 6,8 pontos percentuais na taxa de crianças nascidas com baixo peso. As secas também podem dificultar a ingestão de água potável, bem como a disponibilidade de água para higiene e manipulação adequada dos alimentos, de modo que foi encontrado um aumento de 12 pontos percentuais na mortalidade por doenças infecciosas e de 14,7 pontos percentuais na probabilidade de mortalidade por diarreia.

Também foram verificados efeitos expressivos da seca sobre o desempenho educacional. Quando a análise foi feita a partir dos dados de decretos de situação de emergência, verificou-se impacto da ocorrência de secas de -1,5% a -3% sobre as notas de matemática, e de -1% a -2% sobre as notas de português de crianças no 5º ano do ensino fundamental. Já quando a análise utilizou metodologia similar à dos impactos sobre saúde, verificou-se um impacto da ocorrência



de seca sobre a redução das notas em matemática e português na Prova Brasil com magnitude de até -4,7% e -6,7%, respectivamente.

Os achados desta pesquisa corroboram as evidências nacionais e internacionais dos impactos do clima e, em específico, de secas sobre a população. Ressalte-se que, como apresentamos na introdução, as evidências aqui apresentadas podem ser intensificadas nos próximos anos com as mudanças climáticas que afetarão os padrões de pluviosidade e temperatura em todo o mundo. Além disto, foi possível observar que a população da região Nordeste residente no Semiárido é acometida muito mais fortemente pelos impactos climáticos do que o restante da população, como um todo.

As formas como a falta de chuva e a seca afetam crianças, adolescentes e jovens são diversas. Primeiro, a falta de água dificulta a higiene, a hidratação adequada e o manejo e a produção de alimentos, o que impacta diretamente a saúde de gestantes, ocasionando problemas no nascimento e no desenvolvimento das crianças. Segundo, o menor consumo e absorção de nutrientes e a falta de uma dieta balanceada prejudicam o desenvolvimento cognitivo de crianças, adolescentes e jovens, implicando dificuldades de aprendizado. Terceiro, a escassez de água e as altas temperaturas são associadas a maior prevalência de doenças infecciosas e parasitárias. E, por fim, a escassez de água reduz o tempo disponível das famílias, o que pode levar muitas crianças a serem forçadas a ajudar no trabalho diário, impactando diretamente sua saúde e reduzindo o tempo dedicado às atividades educacionais.

Neste sentido, para combater os impactos da seca, faz-se necessário o desenho de políticas públicas que auxiliem a população das regiões mais afetadas a captar água e a armazená-la de forma adequada, tais como disponibilização de carros-

-pipa, construção de cisternas e transposição de rios. Contudo, essas políticas *per se* não garantem a superação dos choques climáticos. Portanto, elas devem vir acompanhadas de políticas estruturantes de convivência com o Semiárido e que garantam à população o acesso a serviços básicos de saúde, renda e educação de qualidade.

Governos locais e legisladores devem estar preparados para construir juntos políticas que suportem o financiamento de capital, o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias, a colaboração e coordenação de conhecimentos e o fortalecimento de lideranças locais. Desse modo, a sociedade poderá desenvolver formas de mitigar os efeitos das secas e mudanças climáticas sobre as condições de saúde e educação. Autoridades da saúde pública local têm um papel essencial de preparar a população no que se refere à resiliência e à redução da vulnerabilidade aos impactos que a saúde sofrerá por mudanças climáticas e períodos prolongados de seca.

### **5.1. COMO ESTES RESULTADOS SE RELACIONAM COM O ESTUDO DE MACHADO FILHO ET AL. (2016): “MUDANÇA DO CLIMA E OS IMPACTOS NA AGRICULTURA FAMILIAR NO NORTE E NORDESTE DO BRASIL”**

Diante do cenário apresentado, o setor agrícola é um dos mais sensíveis às variações climáticas, sobretudo a agricultura familiar, que representa grande parte da produção agrícola no Brasil. Sendo assim, as alterações climáticas podem afetar tanto a produção agrícola nacional como a segurança alimentar dos pequenos agricultores, pois parte majoritária desse grupo se encontra em situação de alta vulnerabilidade social e, por conta disso, sofre muito com as variações climáticas.

Tais fatores estão diretamente interligados com os impactos negativos sobre saúde e educação que foram encontrados nesta pesquisa, pois a redução da renda familiar em decorrência dos impactos climáticos sobre a produção agrícola tem efeitos sobre a segurança alimentar, medidas de higiene e de saneamento básico. Isto, em última instância, pode causar maiores efeitos sobre a mortalidade infantil, a desnutrição e o desempenho educacional das crianças e jovens.

Uma vez que foram encontradas evidências de que a saúde e a educação são negativamente impactadas nos períodos em que existe redução crítica dos recursos hídricos, as previsões de que nos próximos anos haverá períodos de maior variabilidade climática, secas mais frequentes e maior temperatura tornam imprescindíveis ações que busquem mitigar os prováveis efeitos negativos em consequência desses fenômenos climáticos.

Neste sentido, Machado Filho *et al.* (2016) trazem algumas sugestões de como contribuir para aumentar a resiliência dos nordestinos em relação às variações climáticas de sua região, tais como programas de transferência de renda, melhoria na qualidade do sistema educacional e investimentos em pesquisa e infraestrutura que possam auxiliar no aumento da produtividade e no acesso e aproveitamento dos recursos hídricos. Além disso, propõe-se que exista um planejamento de desenvolvimento rural mais inclusivo, que auxilie na segurança alimentar e na geração de renda e emprego a partir de estímulos à agricultura familiar.

### **5.2. RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS ENCONTRADOS E AS POLÍTICAS DE PRIMEIRA INFÂNCIA**

Diversos conceitos relacionados ao desenvolvimento infantil foram desenvolvidos nas últimas

décadas em pesquisas independentes de áreas como economia, neurociência e psicologia. Sua conclusão principal é que a arquitetura do cérebro e o processo de formação de habilidades são influenciados pela interação entre genética e experiência individual (Heckman, 2006). Mais especificamente, segundo o Unicef (2020), o desenvolvimento do cérebro requer boa nutrição, estímulos através da fala, brincadeiras e atividades que promovam o desenvolvimento, e atenção dos responsáveis. A importância de políticas de primeira infância para o desenvolvimento infantil foi também reconhecida pela revista especializada *The Lancet* no ano de 2016, quando esta lançou uma edição voltada ao tema (*The Lancet*, 2016).

O Unicef argumenta que crianças que estudam pelo menos um ano de pré-escola são mais propensas a desenvolver habilidades essenciais necessárias a um bom desempenho na escola e têm menores probabilidades de reprovação e abandono escolar (Unicef, 2017). Devido a esses fatores, a ONU desenvolve políticas e ações com foco em cumprir a meta 4 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a saber: assegurar educação de qualidade e promover oportunidades de aprendizado ao longo da vida para todos.

Assim, considerando os resultados encontrados neste estudo, as políticas focadas na primeira infância parecem fazer ainda mais sentido em um contexto de elevada vulnerabilidade social. O fato de crianças terem sua saúde e educação altamente impactadas pela seca indica que essas políticas são peça-chave para mitigar esses efeitos, que podem perdurar ao longo da vida e ter consequências sobre emprego e renda no futuro, como sugerem estudos para programas de primeira infância realizados nos EUA (Heckman *et al.*, 2013) e na Jamaica (Gertler *et al.*, 2014).

# Referências

- AMAYA, M. G. V. 2020. Chocs climatiques et capital humain: l'impact des désastres naturels de 2010 en Colombie sur les résultats académiques des étudiants. Cuad. Econ. [online]. vol.39, n.79, pp.303-328. ISSN 0121-4772
- ANDALÓN, M. et al. 2016. Weather Shocks and Health at Birth in Colombia. World Development. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.015>.
- ASA BRASIL. 2017. Articulação do Semiárido Brasileiro. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>.
- ASHRAFUZZAMAN M. D; FURINI, G. L. 2019. Climate change and human health linkages in the context of globalization: An overview from global to southwestern coastal region of Bangladesh. Environment International. p. 402-411.
- AUSTIN, S. E. et al. 2019. Enabling local public health adaptation to climate change. Social Science & Medicine. p. 236-244, Available from: <http://sisaps.saude.gov.br/sisvan/relatoriopublico/index>.
- AWANGE, J. et al. 2016. When every drop counts: analysis of droughts in Brazil for the 1901-2013 period. Science of the Total Environment. p. 1-17.
- BJÖRKMAN-NYQVIST, M. 2013. "Income Shocks and Gender Gap in education: Evidence from Uganda." Journal of Development Economics, 105: 237-253.
- BRANCO, D., & FERES, J. 2018. Weather Shocks and Labor Allocation: Evidence from Northeastern Brazil. Conference Paper, International Association of Agricultural Economists (IAAE), 2018 Conference, July 28-August 2, 2018, Vancouver, British Columbia
- BRASIL. 2018. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (Sisvan-Web) [Internet].
- BRASIL. 2011; Ministério da Saúde. Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional. Ministério da Saúde: Brasília.
- BRASIL. 2017. Ministério da Saúde. Manual Operacional para uso do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional: Sisvan Versão 3.0. Ministério da Saúde: Brasília.
- CARRILLO, B. 2017. Early Rainfall Shocks and Later-Life Outcomes: Evidence from Colombia. World Bank Econ. Rev.
- CISSÉ, G. 2019. Food-borne and water-borne diseases under climate change in low-and middle-income countries: further efforts needed for reducing environmental health exposure risks. Acta Tropica. p. 1-15.
- CRED/UNISDR (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster/United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015. The Human Cost of Weather Related Disasters 1995-2015. Geneva/Brussels, CRED/UNISDR. [www.unisdr.org/we/inform/publications/46796](http://www.unisdr.org/we/inform/publications/46796).
- CUNHA, A. P. M. A., ALVALÁ, R. C. S., NOBRE, C. A., CARVALHO, M. A. 2015. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian Semiarid Region. Agric. For. Meteorol. (214): 494-505.
- DA MATA, D; RESENDE G. 2020. Changing the Climate for Banking: The Economic Effects of Credit in a Climate-Vulnerable Area. Journal of Development Economics, Accepted.
- DESCHÊNES, O.; GREENSTONE M. 2011. "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US." American Economic Journal: Applied Economics, 3 (4): 152-85.
- Gertler, P.; Heckman, J.; Pinto, R.; Zanolini, A.; Vermeersch, C.; Walker, S.; Chang, S. M. & Grantham-McGregor, S. Labor market returns to an early childhood stimulation intervention in Jamaica. *Science, American Association for the Advancement of Science*, 2014.
- Heckman, J.; "Skill Formation and the Economics of Investing in Disadvantaged children," *Science*, 312 (5782): 1900-1902. 2006.
- Heckman, James, Rodrigo Pinto, and Peter A. Savelyev. "Understanding the Mechanisms through Which an Influential Early Childhood Program Boosted Adult Outcomes." *American Economic Review*. 2013.
- HIDALGO, F. D. NAIDU, S. NICTER, S. RICHARDSON, N. 2010. Economic Determinants of Land Invasions, *The Review of Economics and Statistics*, 92, issue 3, p. 505-523.
- KIM, N. 2010. Impact of Extreme Climate Events on Educational Attainment: Evidence from Cross-Section Data and Welfare Projection. In book: *Risk, Shocks, and Human Development*, pp.185-206.
- KROL, M. S.; BRONSTERT, A. 2007. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and usage in semi-arid Northeast Brazil. *Environmental Modelling & Software*. p. 259-268.
- LEMOS, M. C. et al. 2016. Linking development to climate adaptation: leveraging generic and specific capacities to reduce vulnerability to drought in NE Brazil. *Global Environmental Change*. p. 170-179.
- Maccini, S., and D. Yang. 2009. "Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall." *American Economic Review* 99 (3): 1006-26.
- OCDE. 2012. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Paris, OECD Publishing. [www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D4DB78962941DAA08F2B58D805](http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D4DB78962941DAA08F2B58D805).
- OLIVEIRA, J., PALIALOL, B., & PEREDA, P. 2019. Do weather shocks affect wages in the non-agriculture sectors in Brazil? Evidence from employer-employee longitudinal data. Working Paper. [Under Review, Environment and Development Economics]

ROCHA, R. SOARES, R. R. 2015. "Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid," Journal of Development Economics, Elsevier, vol. 112(C), pages 72-91.

SCHEWE, J. HEINK, J. GERTEN, D. et al. 2014. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proc Natl Acad Sci USA; 111: 3245-3250

SHAH, M. AND STEINBERG, B.M. 2013. 'Drought of opportunities: contemporaneous and long term impacts of rainfall shocks on human capital', Working Paper No. 19140, NBER, available at: <http://www.nber.org/papers/w19140> (last accessed 05 September 2013).

THAI T.Q. FALARIS E.M. 2014. Child schooling, child health, and rainfall shocks: Evidence from rural Vietnam. J Dev Stud 50(7):1025-1037

The Lancet. Advancing Early Childhood Development: from science to scale. 2016.

THE LANCET. 2018. Lancet countdown 2018 report. Disponível em: < <https://storage.googleapis.com/lancet-countdown/2019/10/2018-lancet-countdown-policy-brief-brazil.pdf>>. p. 1-18.

UDMALE, P. et al. 2014. Farmers' perception of drought impacts, local adaptation and administrative mitigation measures in Maharashtra State, India. International Journal of Disaster Risk Reduction. p. 250-269.

UNICEF. Early Childhood development. 2020. <https://www.unicef.org/early-childhood-development>

UNICEF. Early Moments Matter for Every Child. 2017.

UZÊDA, J. C. O. RIBEIRO-SILVA, R. C. SILVA, N. D. J. FIACCONE, R. L. MALTA, D. C. ORTELAN, N. et al. 2019. Factors associated with the double burden of malnutrition among adolescents, National Adolescent School-Based Health Survey (PENSE 2009 and 2015). PLoS ONE 14(6): e0218566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218566>

WHO. 2019. Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health. Geneva, WHO. [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435_eng.pdf?sequence=1).

World Health Organization. WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for age: methods and development. World Health Organization: Geneva, 2006.

WRI (World Resources Institute). 2019. WRI Aqueduct website. [www.wri.org/aqueduct](http://www.wri.org/aqueduct)

# Lista de abreviaturas e siglas

CID	Classificação Internacional de Doenças
Cidacs	Centro de Integração de Dados em Saúde
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disaster
Datasus	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
Fida	Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de massa corporal
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ME	Ministério da Economia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIA	População em Idade Ativa
Rais	Registro Anual de Informações Sociais
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
Sedec	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIHSUS	Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
Sinasc	Sistema de Informações de Nascidos Vivos
Sisvan	Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional
Sudene	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUS	Sistema Único de Saúde
UFBA	Universidade Federal da Bahia
Unesco	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
Unicef	Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
WDI	World Development Indicators
WHO	World Health Organization
WWDR	World Water Development Report

# Lista de ilustrações

## FIGURAS

Figura 1. Mapa do Semiárido na região Nordeste	12
Figura 2. Modelo lógico do impacto da seca	14
Figura 3. Variações de temperatura ocasionadas pelas mudanças climáticas	15
Figura 4. Estresse hídrico (demanda – oferta)	16
Figura 5. Índice de severidade da seca de Palmer	16
Figura 6. Precipitação ao longo do tempo no Nordeste	28
Figura 7. Distribuição de municípios por nível de pluviosidade	29
Figura 8. Precipitação média por mês (1995-2017)	30
Figura 9. Índice de pluviosidade da região Nordeste por mês (ano 2000)	31
Figura 10. Índice de temperatura da região Nordeste por mês (ano 2000)	32
Figura 11. Taxa de mortalidade infantil por ano	33
Figura 12. Taxa de mortalidade infantil por mês	33
Figura 13. Taxa de mortalidade infantil por município em 2000 (esquerda) e 2017 (direita)	34
Figura 14. Taxa de mortalidade fetal por município em 2000 (esquerda) e 2017 (direita)	35

## QUADROS

Quadro 1: Impactos potenciais da seca	13
---------------------------------------	----

## TABELAS

Tabela 1. Impactos climáticos dos últimos 12 meses sobre desfechos de saúde de crianças entre 0 e 1 ano de idade	40
Tabela 2. Impactos climáticos dos últimos três meses sobre desfechos de saúde de crianças entre 0 e 1 ano de idade	41
Tabela 3. Impactos climáticos dos últimos 12 meses sobre a mortalidade entre 0 e 1 ano de idade por causas específicas	42
Tabela 4. Impactos climáticos dos últimos três meses sobre a mortalidade entre 0 e 1 ano de idade por causas específicas	42
Tabela 5. Impactos climáticos sobre a mortalidade por diarreia em crianças entre 0 e 1 ano de idade	43
Tabela 6. Impactos climáticos sobre indicadores nutricionais	44
Tabela 7. Impacto da seca sobre o desempenho em matemática no 5º ano	46
Tabela 8. Impacto da seca sobre o desempenho em português no 5º ano	46
Tabela 9. Impacto da seca sobre o desempenho em matemática no 5º ano (2013-2015)	47
Tabela 10. Impacto da seca sobre o desempenho em português no 5º ano (2013-2015)	47
Tabela 11. Impacto da seca sobre o desempenho no Enem (2010-2018)	48
Tabela 12. Impacto da seca sobre o desempenho no Enem – efeito sobre 2013 (2010-2018)	48
Tabela 13. Impacto da seca sobre o desempenho no Enem (2012-2016)	49
Tabela 14. Impacto da seca sobre o desempenho no Enem (2012-2016)	50

