

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA

ANA LUCRÉCIA DUTRA DE SOUZA

O IMPACTO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NA
SAÚDE INFANTIL: EVIDÊNCIAS PARA O BRASIL

JUIZ DE FORA - MG

2023

ANA LUCRÉCIA DUTRA DE SOUZA

O IMPACTO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NA
SAÚDE INFANTIL: EVIDÊNCIAS PARA O BRASIL

Monografia apresentada ao curso de Ciências
Econômicas da Universidade Federal de Juiz
de Fora, como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Econômicas.

Orientadora: Prof^a Flávia Lúcia Chein Feres
Coorientador: Igor Vieira Procópio

JUIZ DE FORA - MG

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Souza, Ana Lucrecia Dutra de.

O impacto de desastres hidrológicos na saúde infantil: Evidências para o Brasil / Ana Lucrecia Dutra de Souza. -- 2023.

43 p. : il.

Orientadora: Flávia Lúcia Chein Feres

Coorientador: Igor Vieira Procópio

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2023.

1. primeira infância. 2. saúde infantil. 3. eventos hidrológicos. 4. doenças infecciosas parasitárias. I. Feres, Flávia Lúcia Chein, orient. II. Procópio, Igor Vieira, coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 08/12/2023, a Banca Examinadora, composta pelos professores

- 1 – Flávia Lúcia Chein Feres - orientador; e
- 2 – Igor Vieira Procópio, co-orientador,
- 3 – Ricardo da Silva Freguglia

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico ANA LUCRÉCIA DUTRA DE SOUZA, intitulada: O IMPACTO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NA SAÚDE INFANTIL: EVIDÊNCIAS PARA O BRASIL.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR a referida monografia

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Flavia Lucia Chein Feres, Professor(a)**, em 08/12/2023, às 17:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo da Silva Freguglia, Professor(a)**, em 08/12/2023, às 18:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Igor Vieira Procópio, Servidor(a)**, em 12/12/2023, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1618877** e o código CRC **BB44B2F3**.

Referência: Processo nº 23071.951877/2023-27

SEI nº 1618877

Agradecimentos

À minha mãe, que me incentivou nos momentos difíceis e compreendeu a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Sou extremamente grata a todos os meus professores que me ajudaram no meu progresso acadêmico, e especialmente à Flávia e ao Igor, que foram responsáveis por orientar meu trabalho. Obrigado por esclarecer inúmeras dúvidas e ser tão gentil e paciente.

Resumo

Este estudo faz uma análise dos impactos na saúde de crianças entre 0 e 2 anos em municípios afetados por eventos hidrológicos comparativamente com municípios que não foram afetados entre os anos de 2000 e 2021. São explorados a trajetória de ocorrências do choque nos municípios brasileiros, além da intensidade desses eventos através dos danos humanos e materiais causados entre anos e unidades federativas. A análise dos danos humanos e materiais revela variações notáveis, com tendências concentradas em valores mais altos, indicando danos substanciais. A avaliação das internações por doenças infecciosas e parasitárias destaca associações significativas, principalmente para diarreias e gastroenterites de origem infecciosa (A09), mas os efeitos para infecções intestinais bacterianas (A04) são negativos e não significativos. A diferenciação por gênero mostra nuances, com impactos mais acentuados para meninas em certos períodos, enquanto o efeito total médio, ao longo do tempo, é maior para meninos. Este estudo contribui para a literatura, mas sugere análises futuras explorando o período de exposição, exposição cumulativa e medidas de bem-estar infantil, enriquecendo a compreensão dos efeitos complexos dos eventos hidrológicos na saúde infantil.

Palavras-chave: primeira infância, saúde infantil, eventos hidrológicos, doenças infecciosas e parasitárias

Abstract

This study aims to examine the impact of hydrological events on the health of children aged 0 to 2 years in Brazilian municipalities between the years 2000 and 2021. The research analyzes the frequency and intensity of hydrological events in affected municipalities, as well as the associated human and material damages. The findings reveal that these events caused significant harm, with higher values concentrated in specific periods. The analysis of hospitalizations for infectious and parasitic diseases indicates that there are significant associations with events such as infectious diarrheas and gastroenteritis (A09), while there is no significant impact on bacterial intestinal infections (A04). Moreover, the impact of these events on child health varied by gender and was more pronounced in girls during certain periods. However, the overall average effect was higher for boys over time. The study suggests that future research should focus on the exposure period, cumulative exposure, and measures of child well-being to better understand the complex effects of hydrological events on child health.

Keywords: Early-life childhood, child health, hydrological events, infectious and parasitic diseases.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID-10 - Classificação Internacional de Doenças

Ceped/UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

Seped - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

UNICEF - Fundo Internacional de Emergência das Nações Unidas para a Infância (United Nations International Children's Emergency Fund)

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Descrição dos eventos hidrológicos pela Cobrade | 19 |
| Quadro 2 - Doenças causadas por enchentes | 20 |
| Quadro 3 – Variáveis do sistema de internações hospitalares (SIH) | 21 |
| Quadro 4 - Variáveis de eventos hidrológicos | 22 |
| Quadro 5 - Descrição das variáveis da base de dados final | 23 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Distribuição espacial e temporal de ocorrências dos eventos hidrológicos | 24 |
| Figura 2 – Distribuição de Danos Humanos por ano | 26 |
| Figura 3 – Distribuição de Danos Humanos por Unidade da Federação | 27 |
| Figura 4 – Distribuição de Danos Materiais por ano | 30 |
| Figura 6 – Distribuição de taxas de incidência de internações por doenças infecciosas e parasitárias | 32 |
| Figura 7 - Efeito médio dos eventos hidrológicos sobre a incidência de doenças infecciosas e parasitárias | 37 |
| Figura 8 - Efeitos médio dos eventos sobre internações por Outras Infecções Intestinais Bacterianas (A04) | 38 |
| Figura 9 – Efeito médio dos eventos sobre internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa (A09) | 39 |
| Figura 10 - Efeito médio dos eventos hidrológicos sobre a incidência de doenças infecciosas e parasitárias por sexo | 40 |
| Figura 11 - Efeito médio do evento sobre Internações por Outras Infecções Intestinais Bacterianas (A04) por sexo | 41 |
| Figura 12 - Efeito médio dos eventos sobre internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa (A09) | 41 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção de municípios expostos aos eventos.

25

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Introdução | 14 |
| 2. Revisão da literatura | 15 |
| 3. Metodologia | 20 |
| 3.1 Descrição dos dados | 20 |
| 3.2 Análise Exploratória dos Dados | 23 |
| 4. Estratégia Empírica | 34 |
| 5. Resultados | 36 |
| 6. Conclusão | 43 |
| Referências bibliográficas | 44 |

1. Introdução

A literatura que aborda as condições iniciais da vida de um indivíduo, o ambiente em que ele está inserido durante a infância e como isso afeta sua saúde física, emocional e socioeconômica na idade adulta, tem obtido cada vez mais importância nas ciências econômicas. Neste trabalho, serão apresentados estudos que apontam que o período gestacional e os primeiros anos de vida são fundamentais para o desenvolvimento físico, cognitivo e emocional, por isso, externalidades, sejam elas positivas ou negativas, podem gerar efeitos permanentes.

Crianças que cresceram em lares com condições adversas como precariedade da moradia e da alimentação, possuem maior risco de isquemia cardíaca. Adultos com infarto do miocárdio que possui altas taxas de mortalidade entre seus irmãos, são mais propensos a vir de famílias maiores e a ter pais desempregados. É apontado que a pressão alta e o risco de hipertensão são apresentados em adultos em que o peso na vida intrauterina e ao nascer são mais baixos que o esperado (Barker, 1990). Alguns desses efeitos são latentes e persistentes, aparecendo apenas na idade adulta, como a hipertensão e a diabetes, sendo que o período *in utero* possui grande importância para o desenvolvimento dessas doenças (Almond; Currie, 2011). Dependendo do momento em que o choque adverso ocorre, seja no período neonatal ou pós-natal, os indicadores de mortalidade podem refletir os respectivos ambientes de desenvolvimento e gerar consequências distintas para a saúde do indivíduo. O AVC está relacionado à mortalidade neonatal, e, portanto, ao ambiente intrauterino que também está associado ao desenvolvimento de pressão arterial alta. A bronquite está associada ao ambiente pós-natal (Barker *et al.*, 1989).

Diante disso, é essencial compreender a causa e o efeito dos eventos hidrológicos extremos na saúde infantil no contexto brasileiro, considerando a vastidão do território nacional, as diversas características climáticas e a visível desigualdade social. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo analisar os impactos das inundações, enxurradas e alagamentos registrados entre os anos de 2000 e 2021 na saúde de crianças de 0 a 2 anos de idade, comparando municípios afetados por tais eventos com aqueles que não tiveram ocorrências no período em questão. Espera-se que os municípios afetados por desastres naturais hidrológicos apresentem piora na saúde das crianças incluídas na amostra em comparação com os municípios sem

ocorrências. Além disso, eventos desse tipo podem ser mais comuns em algumas regiões do país, tornando certas condições de saúde características regionais.

A importância deste estudo reside no fato de que os impactos negativos na saúde durante a infância resultam na piora da saúde na vida adulta. Como consequência, os indivíduos terão maiores gastos com saúde e serão menos produtivos em comparação a adultos saudáveis, que supostamente não foram expostos a esses eventos, terão menor rendimento acadêmico, menores salários e poder de compra reduzido. É importante ressaltar que o investimento na saúde infantil traz retornos para o país, tanto em termos de produtividade, no que se refere ao capital humano, quanto na redução dos custos de saúde (Currie; Chorniy, 2021).

Portanto, devido aos efeitos latentes que podem ser causados pelas condições iniciais de vida, há consequências para a vida adulta do indivíduo, como menor rendimento acadêmico, salários mais baixos e redução do bem-estar em comparação com indivíduos saudáveis. Assim, é importante trazer evidências para o contexto brasileiro, uma vez que esses eventos extremos podem estar associados a problemas de infraestrutura urbana e saúde pública. Dessa forma, essa pesquisa pode contribuir para a tomada de decisão dos formuladores de políticas públicas em busca da melhoria do desenvolvimento nacional e bem-estar social.

2. Revisão da literatura

O desenvolvimento infantil é influenciado pelo ambiente em que a criança vive, porque elas são particularmente mais sensíveis ao contexto ao seu redor. Além disso, as condições socioeconômicas, infraestrutura e o acesso à saúde desempenham papéis cruciais para a exposição das crianças às doenças relacionadas aos eventos hidrológicos. Estudos sugerem que eventos estressantes que afetam as mães podem ter efeitos negativos na criança desde o nascimento, impactando sua formação cognitiva, emocional e psicológica. Por exemplo, a pesquisa de Hutch-Bocks *et al.* (2001) sobre violência doméstica, apresenta evidências de que as crianças percebem o estado emocional das mães e internalizam essas emoções, o que prejudica suas habilidades verbais e visuoespaciais. Além disso, essas mães tendem a apresentar comportamento depressivo, ser menos comunicativas e menos positivas, o que afeta negativamente o estímulo necessário para o desenvolvimento dos filhos (Downey; Coyne, 1990).

Da mesma forma, eventos adversos que causam mudanças na renda familiar afetam o desenvolvimento infantil devido a fatores como o investimento em educação e saúde, além da capacidade de garantir uma alimentação adequada e outros recursos básicos. Um estudo realizado por Adhvaryu e Fenske (2019) examinou as flutuações nos preços de produção de cacau em regiões produtoras de Gana para analisar a relação entre renda e saúde mental. O estudo revelou que as flutuações nos preços afetam a renda das famílias que dependem da produção desse produto, resultando em uma redução da capacidade de adquirir bens e serviços diversos. Os resultados indicaram que indivíduos beneficiados com aumentos nos preços no ano de seu nascimento têm menor probabilidade de apresentar sintomas de depressão, irritabilidade, desorganização ou comportamento frio e distante, demonstrando características mais "relaxadas". Políticas que protegem as famílias contra essas flutuações reduzem em 50% as chances de sofrimento mental na vida adulta. Essas flutuações nos preços podem ter um impacto significativo nos padrões de consumo e na qualidade de vida da família, afetando a saúde mental da criança na vida adulta.

No âmbito dos eventos climáticos extremos e sua relação com a saúde infantil, os estudos variam em termos de objetivo de pesquisa, incluindo o tipo de fator climático, o período de exposição da criança ao evento e a consideração de outros fatores de influência nos efeitos observados. Até o momento, foram abordados os efeitos estressantes sobre o desenvolvimento físico, mental, intelectual e emocional da criança. Agora, serão apresentadas literaturas que investigam o impacto da exposição a fatores climáticos durante a gestação e nos primeiros anos de vida, buscando compreender os diferentes efeitos desses choques na saúde infantil.

Estudos mostram que a exposição a furacões durante a gestação está associada a um aumento nas taxas de prematuridade, baixo peso ao nascer e mortalidade infantil. Além disso, gestantes expostas a furacões têm maior probabilidade de apresentar complicações durante a gravidez, como pré-eclâmpsia e diabetes. Os efeitos dos furacões podem ser mitigados ou agravados por fatores como disponibilidade de recursos médicos e capacidade de resposta dos sistemas de saúde (Currie; Rossin-Slater, 2013). Baez e Santos (2007), ao observar os efeitos dos furacões sobre a saúde infantil em áreas rurais, mostram que as crianças tinham menor probabilidade de visitas ao médico quando adoeciam devido à ocorrência de furacões. Essa probabilidade era de 55% para crianças entre 0 e 6 anos e de 40% para crianças entre 6 e 15

anos. A probabilidade das crianças estarem desnutridas aumentou em 8,7% em relação à taxa pré-choque. Em termos nutricionais, as crianças foram afetadas desproporcionalmente em relação aos adultos, sendo que o padrão de consumo dos pais não foi afetado no médio prazo.

No contexto brasileiro, um estudo de Pereda, Menezes e Alves (2014) investigou como as mudanças climáticas, como o aumento da temperatura, as variações na precipitação e eventos climáticos extremos, afetam os resultados de saúde dos recém-nascidos. Os resultados indicaram que as mudanças climáticas têm impacto significativo nos resultados dos nascimentos no Brasil, com um aumento da temperatura durante a gravidez associado a um maior risco de parto prematuro e baixo peso ao nascer. Além disso, eventos climáticos extremos, como enchentes e secas, podem levar a complicações adicionais durante a gravidez e afetar negativamente a saúde do feto. Os possíveis mecanismos pelos quais as mudanças climáticas podem afetar esses resultados incluem o estresse térmico, o impacto na disponibilidade de recursos alimentares e o aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores.

Em relação aos eventos climáticos extremos que ocorrem após o nascimento, um estudo de Dimitrova e Bora (2020) investigou os efeitos de chuvas intensas e secas prolongadas sobre a saúde infantil na Índia. Esses eventos podem resultar em contaminação da água, diminuição na produção de alimentos, ameaça aos meios de subsistência econômica e aumento da incidência de doenças infecciosas, levando à desnutrição e consequências de longo prazo no desenvolvimento da criança, como raquitismo e nanismo, afetando o desempenho acadêmico e a capacidade intelectual.

Os eventos climáticos extremos têm recebido cada vez mais atenção devido ao aumento das crises climáticas nos últimos anos, o que impacta o bem-estar das crianças. Elas são mais vulneráveis fisicamente do que os adultos para suportar e sobreviver a temperaturas extremas, inundações e secas, além de serem mais suscetíveis a substâncias tóxicas, como chumbo e outras formas de poluição, mesmo em doses baixas. Apresentam, ainda, maior mortalidade em relação a doenças decorrentes das mudanças climáticas, como malária e dengue (Unicef, 2010). Assim, ao longo do desenvolvimento deste estudo, será abordado de forma mais aprofundada os efeitos dos desastres hidrológicos sobre a saúde infantil no contexto brasileiro, que possui um clima tropical. Sendo estes eventos os que apresentaram maiores números nos quesitos mortalidade, morbidade e diretamente expostos, isto é, desabrigados e desalojados (Freitas *et al.*, 2014).

A literatura indica que as chuvas intensas e eventos similares tornam a sociedade vulnerável a diversos fatores como insegurança alimentar e desnutrição, sobrevivência e reprodução de patógenos e vetores aumentando a incidência de doenças transmitidas por águas e vetores, e o estresse ou outros transtornos mentais que podem causar o parto prematuro, prejudicar os resultados de nascimento e o desenvolvimento infantil. Esses efeitos são maiores para famílias com baixa condição socioeconômica que também são afetadas pelo prejuízo aos sistemas sociais, ao deslocamento das famílias e interrupção das mobilidades, aos empregos e acesso a serviços públicos, incluindo saúde. Existem evidências de menor peso ao nascer devido ao parto prematuro e à restrição de nascimento, principalmente em áreas de residência mais afastadas de serviços de saúde e com saneamento precário (Chacón-Montalván *et al.*, 2021).

Esses efeitos permanecem perceptíveis nos primeiros anos de vida influenciando pontuações de HAZ (*height for age* - medida de altura para a idade) que podem ser notados até os cinco anos de idade, pois refletem o desenvolvimento a longo prazo e é influenciado pelas condições *in utero*. Enquanto as pontuações WAZ (*weight for age* - peso por idade) são percebidos apenas após o primeiro ano de vida, pois refletem a perda de peso aguda devido a eventos recentes (Le; Nguyen, 2021). Os efeitos nos resultados de saúde, e os resultados de educação, estão mais associados à exposição de chuvas intensas no primeiro trimestre de gestação, período importante para o desenvolvimento cognitivo e de saúde (Carillo, 2020). Os períodos *in utero* e da infância de 0 e 1 anos de idade são os mais críticos para a exposição de chuvas intensas. Estudos demonstram que crianças afetadas por essas condições dentro deste período são menores, isto é, menor altura por idade, do que crianças que foram expostas com 2 e 3 anos, sendo que esses resultados não dependem apenas dos choques climáticos, mas também de fatores pré-existent, como desvantagens socioeconômicas (Dimitrova; Mutarak, 2020).

Para fins de contextualização, é importante introduzir uma breve descrição do que se define por enxurradas, alagamentos e inundações pela Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) publicada pelo Sedec (2012). Pela Cobrade, é possível diferenciar a capacidade de destruição de cada um desses eventos. O Quadro 1, a seguir, traz o detalhamento dos principais eventos hidrológicos.

Quadro 1 - Descrição dos eventos hidrológicos pela Cobrade

| Desastre | Descrição |
|-------------|--|
| Enxurradas | Referem-se ao escoamento superficial de alta velocidade e energia, resultante de chuvas intensas e concentradas, geralmente em pequenas bacias com terreno acidentado. Esse fenômeno é caracterizado pelo aumento repentino do fluxo de água em um determinado curso d'água, levando a transbordamentos bruscos da calha fluvial. As enxurradas apresentam um grande potencial destrutivo. |
| Alagamentos | Ocorrem quando a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem urbana é excedida, resultando no acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas. Isso ocorre devido a precipitações intensas que não podem ser adequadamente drenadas. |
| Inundações | Caracterizam-se pela submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água, afetando zonas que normalmente não ficam inundadas. Esse transbordamento ocorre de forma gradual e é geralmente causado por chuvas prolongadas em áreas de planície. |

Fonte: Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade, 2012)

No estudo de Freitas e Ximenes (2012), os autores fazem uma revisão de literatura sobre a relação de enchentes e saúde pública sintetizando causas e consequências desse desastre. É apresentado um quadro sobre as consequências das enchentes sobre a saúde evidenciando mortalidades e morbidades, sendo estas organizadas a partir da Classificação Internacional de Doenças (CID). É de interesse do atual estudo a prevalência das doenças infectocontagiosas e parasitárias no caso de ocorrência dos eventos hidrológicos, sendo assim, foram escolhidas apenas CIDs relacionadas às doenças causadas por enchentes apresentadas pelos autores, conforme descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Doenças causadas por enchentes

| Doenças | Capítulos da Classificação Internacional de Doenças 10 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> . Diarreias e gastroenterites . Cólera . Febre tifóide . Variola . Hepatites A . Hepatites E . Poliomielite . Malária . Febre amarela . Dengue . Encefalite de St Louis . Filariose linfática . Leptospirose . Esquistossomose . Shigelose . Escherichia coli [E. Coli] . Giardíase | Capítulo I – Doenças infecciosas e parasitárias |

Fonte: Freitas e Ximenes (2012).

Nota: Os autores apresentam outras doenças que podem ser causadas por enchentes, porém para este estudo foram escolhidas apenas doenças infecciosas e parasitárias.

Portanto, esses estudos destacam que eventos climáticos extremos durante a gestação e nos primeiros anos de vida podem afetar negativamente a saúde infantil, aumentando o risco de complicações no nascimento, desnutrição e doenças infecciosas (Chacón-Montalván *et al.*, 2021; Le; Nguyen, 2021; Carillo, 2020; Dimitrova; Muttarak, 2020). Os mecanismos por trás desses efeitos podem incluir estresse térmico, impacto na disponibilidade de recursos alimentares e aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores. Compreender esses efeitos é essencial para desenvolver políticas e intervenções que protejam a saúde e o bem-estar das crianças em face das mudanças climáticas e eventos climáticos extremos.

3. Metodologia

3.1 Descrição dos dados

Para atingir os objetivos deste estudo serão usadas bases de dados de corte transversal para informações de saúde, desastres hidrológicos e estimativas anuais de população de crianças

entre 0 e 2 anos para cada município entre os anos de 2000 e 2021, período escolhido devido a disponibilidade dos dados no momento do desenvolvimento da pesquisa. Para isso, as informações referentes às internações por doenças infectocontagiosas e parasitárias serão cruzadas com as informações de ocorrências de eventos hidrológicos, para calcular a probabilidade de que o evento impacte nas internações por essas doenças para esse grupo de idade.

Os dados de saúde disponibilizados pelo DATASUS no Sistema de Informações Hospitalares (SIH) são informações de internações no Sistema Único de Saúde (SUS) atualizadas mensalmente. Para o estudo, foram filtradas as internações de crianças entre 0 e 2 anos, entre os anos de 2000 e 2021, com diagnóstico de doença infecciosa e parasitária apresentadas no Quadro 2. Pelo fato de as informações de internações serem atualizadas mensalmente, existe uma replicação dos indivíduos na base, que foi percebida através da repetição do número da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). Para solucionar esse problema as datas de internação foram postas em ordem cronológica, sendo enumeradas por AIH e foi mantida apenas a primeira informação do indivíduo. O Quadro 3 apresenta a descrição das variáveis coletadas no SIH.

Quadro 3 – Variáveis do sistema de internações hospitalares (SIH)

| Variáveis | Descrição |
|-----------------------|---|
| N_AIH (original) | Número da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). |
| MUNIC_RES (original) | Município de Residência do Paciente. |
| DT_INTER (original) | Data de internação no formato aaammdd. |
| DT_SAIDA (original) | Data de alta, no formato aaaammdd. Caso o indivíduo permanecesse internado, essa variável consta o último dia do mês, até que ocorra a alta hospitalar. |
| Ano (implementada) | Referente ao ano de internação |
| Mês (implementada) | Referente ao mês de internação |
| DIAG_PRINC (original) | Código do diagnóstico principal (CID10). |

Fonte: Sistemas de informações hospitalares DATASUS (SIH-RD)

Os dados de desastres foram obtidos através do Atlas Brasileiro de Desastres da CEPED-UFSC (2012), conforme apresentado no Quadro 4. Foram usadas as informações de ocorrências para o período de 2000 a 2021 para eventos hidrológicos através da variável que especificava o grupo de desastres em que a ocorrência pertencia. Foi criada uma variável referente ao total de ocorrências mensais para cada município.

Quadro 4 - Variáveis de eventos hidrológicos

| Variáveis | Descrição |
|------------------------------|---|
| Data (original) | Data de registro do protocolo. |
| Ibge (original) | Código de identificação do município. |
| Ano (implementada) | Referente ao ano de ocorrência do evento. |
| Mês (implementada) | Referente ao mês de ocorrência do evento. |
| Grupo De Desastre (original) | Usadas apenas as informações referentes a eventos hidrológicos. |
| Ocorrências (implementada) | Atribui o valor igual a 1 para cada observação referente a evento ocorrido, para obter o total de ocorrências mensais do município ao agregar a base por município e mês. |

Fonte: Atlas Digital do Brasil

A base final utilizada nesse estudo é composta por dados em painel de municípios. Foram calculados a taxa mensal de internações por município, tanto de forma geral, independente da doença diagnosticada, quanto para cada doença específica registrada. Essa taxa é útil para comparar a incidência de internações entre os municípios por meio de uma medida padronizada, levando em consideração o tamanho da população anual de crianças entre 0 e 2 anos do município, permitindo comparabilidade das taxas entre municípios com diferentes tamanhos populacionais em termos de unidades por mil habitantes. A partir disso, os dados de saúde foram combinados com a estimativa de população para garantir que todos os municípios, anos, de 2000 a 2021, e meses estejam presentes na base de dados. Além disso, a estimativa de população foi utilizada para encontrar a taxa de internações para que o tamanho da população do município não proporcione viés aos resultados.

Por fim, a base de dados com informações de saúde foi integrada com as informações mensais de eventos hidrológicos, onde foi possível obter o total de ocorrências mensais do choque durante todo o período. A partir da variável de total de ocorrências mensais, foi criada uma variável binária, sendo igual a um se o município foi exposto ao evento em algum momento durante aquele período, e igual a zero caso contrário. Dessa forma, a base toma a estrutura representada pelo Quadro 5, a seguir.

Quadro 5 - Descrição das variáveis da base de dados final

| Variáveis | Descrição |
|-----------|--|
| ibge | Código de identificação do município |
| Ano | Ano de ocorrência do evento. Variável criada a partir da data de ocorrência. |
| Mês | Mês de ocorrência do evento. Variável criada a partir da data de ocorrência. |
| afetado | Se o município foi exposto ao evento em algum momento no ano, recebe o valor igual a 1, caso contrário é 0. Definida a partir da variável do total de ocorrências. |
| Inter | Taxa de internações mensais por mil habitantes para cada município. Sendo uma variável referente às internações para todas as doenças, e uma variável para cada doença. Foi obtida dividindo o total de internações pela população e multiplicando o resultado por mil. |

Fonte: Base elaborada

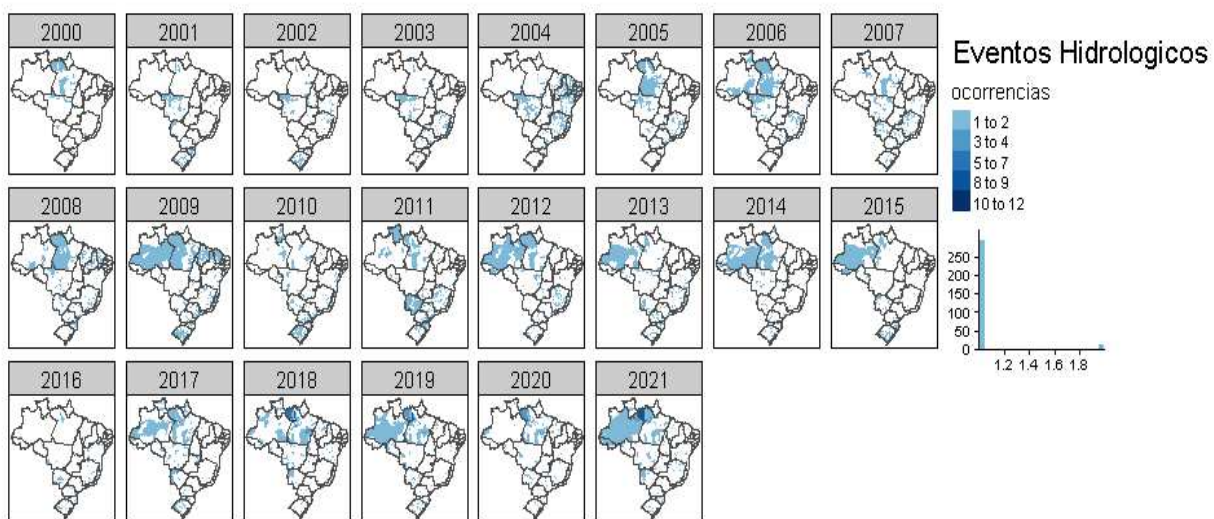
3.2 Análise Exploratória dos Dados

Antes de tudo, é fundamental compreender se há um padrão de ocorrência dos eventos em determinadas regiões do Brasil, dado o vasto território com variações climáticas

significativas. Esses eventos podem ocorrer em diferentes intensidades e frequências em várias regiões do país.

Ao agregar as ocorrências dos eventos por município e ano, pode-se observar que ao longo dos anos houve uma concentração maior dos eventos na região Norte do Brasil, mas ainda há uma variabilidade dos pontos de ocorrência desse choque, sendo estes bem espalhados ao longo do mapa do Brasil, onde algumas regiões são afetadas com mais frequência do que outras.

Figura 1 – Distribuição espacial e temporal de ocorrências dos eventos hidrológicos



Fonte: Atlas Digital do Brasil

Na tabela 1, a base do Atlas brasileiro de desastres foi combinada com a base que contém o código de todos os municípios brasileiros disponibilizados pelo IBGE, para que seja possível encontrar a proporção de municípios que foram expostos, ou não, entre 2000 e 2021. A tabela mostra que os anos de 2004, 2008, 2009, 2010, 2011 foram os que apresentaram maiores números de municípios afetados pelo choque, dentre eles, a menor proporção de 800 municípios (14,5%) afetados no ano. Em comparação com a Figura 1 esses resultados não parecem consistentes para os anos de 2004, 2010 e 2011, porém as áreas de ocorrências são mais bem distribuídas entre os municípios do país o que torna difícil a compreensão desses resultados. Para

os demais anos, pode ocorrer uma falsa impressão de maior ocorrência desses eventos, mas o que acontece é que essas ocorrências foram mais concentradas em algumas regiões, como é mais perceptível na região Norte do país. E os anos de 2000 e 2016 foram os que apresentaram menor número de municípios afetados por ano, cerca de 300 municípios (5,5%).

Tabela 1 - Proporção de municípios expostos aos eventos.

| Ano | Eventos Hidrológicos | | | |
|------|----------------------|-------|------------------|-------|
| | Afetados | | Não Afetados | |
| | Nº de municípios | (%) | Nº de municípios | (%) |
| 2000 | 306 | 5,49 | 5.266 | 94,54 |
| 2001 | 386 | 6,93 | 5.209 | 93,52 |
| 2002 | 360 | 6,46 | 5.221 | 93,73 |
| 2003 | 439 | 7,88 | 5.148 | 92,42 |
| 2004 | 1.236 | 22,19 | 4.379 | 78,62 |
| 2005 | 481 | 8,64 | 5.108 | 91,71 |
| 2006 | 430 | 7,72 | 5.165 | 92,73 |
| 2007 | 564 | 10,13 | 5.021 | 90,14 |
| 2008 | 807 | 14,49 | 4.786 | 85,92 |
| 2009 | 1.408 | 25,28 | 4.203 | 75,46 |
| 2010 | 965 | 17,32 | 4.649 | 83,46 |
| 2011 | 975 | 17,50 | 4.675 | 83,93 |
| 2012 | 441 | 7,92 | 5.137 | 92,23 |
| 2013 | 607 | 10,90 | 5.002 | 89,80 |
| 2014 | 501 | 8,99 | 5.097 | 91,51 |
| 2015 | 443 | 7,95 | 5.149 | 92,44 |
| 2016 | 304 | 5,46 | 5.276 | 94,72 |
| 2017 | 574 | 10,31 | 5.034 | 90,38 |
| 2018 | 389 | 6,98 | 5.223 | 93,77 |
| 2019 | 369 | 6,62 | 5.236 | 94,00 |
| 2020 | 326 | 5,85 | 5.270 | 94,61 |
| 2021 | 429 | 7,70 | 5.184 | 93,07 |

Fonte: Atlas Digital do Brasil e estimativas de população do DATASUS.

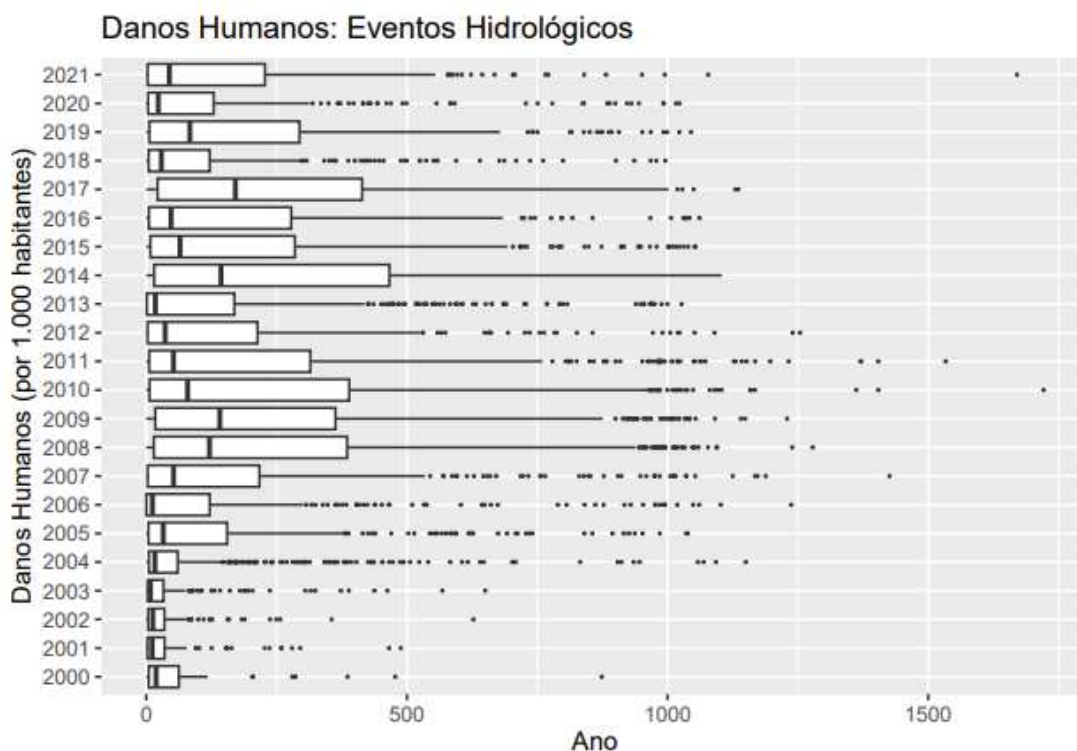
Para avaliar a magnitude dos eventos em relação aos danos humanos totais, utilizamos a variável original que contém números de óbitos, enfermos, feridos, desabrigados, desalojados e desaparecidos. As Figuras 2 e 3 representam os danos humanos agregados do evento por ano e unidade federativa. Quanto aos danos materiais, as Figuras 4 e 5 exibem valores monetários, em reais, relacionados a danos em infraestrutura, instituições de saúde e ensino, serviços de água, esgoto e energia. Na análise dos danos humanos, realizamos a ponderação dos danos para cada mil habitantes, com base na estimativa da população total por ano. Vale ressaltar que, diferentemente das análises anteriores, para esta avaliação não foi considerada a população pelo

grupo de idade de crianças entre 0 e 2 anos. Já para os danos materiais, a variável foi normalizada ao dividir o valor por mil e aplicar o logaritmo natural. Além disso, em ambas as situações, excluímos observações em que os valores dos danos eram iguais a zero. Essa abordagem garante a visualização apenas das ocorrências que apresentaram algum tipo de dano.

Figura 2 – Distribuição de Danos Humanos por ano

Danos Humanos (por 1.000 habitantes):

Por ano:

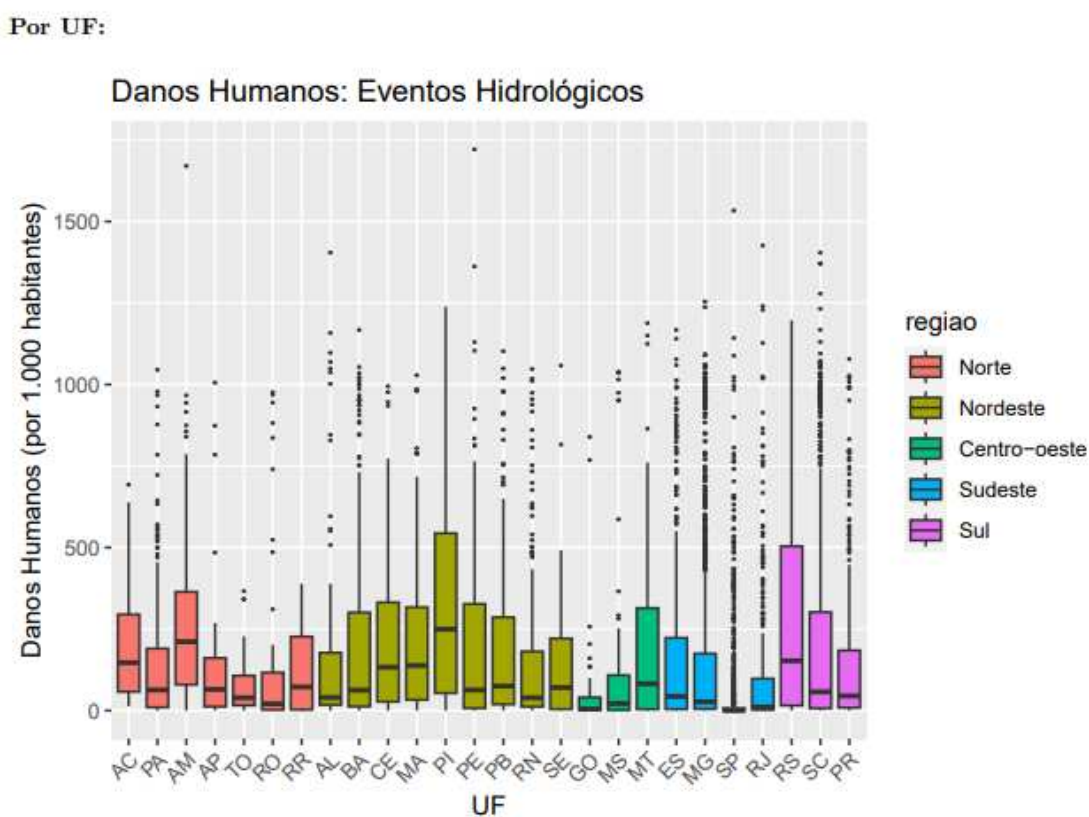


Fonte: Atlas de Desastres no Brasil (UFSC-CEPED)

Na Figura 2, é evidente que, no período entre 2000 e 2021, os danos humanos apresentaram uma notável variabilidade em seus valores. É possível visualizar uma assimetria à direita para todos os anos, indicando uma concentração notável para valores mais altos de danos humanos. Isso sugere uma maior densidade no terceiro quartil, demonstrando que os valores de

danos humanos, relativos à ocorrência de eventos hidrológicos, podem variar desde valores próximos a zero até cerca de 500 danos humanos para cada mil habitantes. Além disso, observa-se uma variação significativa dos danos dentro do intervalo interquartil, indicando uma ampla dispersão dos valores medianos nos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2014, 2017 e 2019, com 75% das observações dos valores de danos humanos próximos a 500 pessoas afetadas de alguma forma pelo evento hidrológico a cada mil habitantes. A Figura 2 também revela a presença de muitos valores extremos (outliers), indicando que algumas ocorrências apresentaram valores para danos humanos bastante significativos, chegando a 1.750 danos humanos para cada mil habitantes.

Figura 3 – Distribuição de Danos Humanos por Unidade da Federação



Fonte: Atlas de Desastres no Brasil (UFSC- CEPED)

Nota: Os valores de danos humanos por unidade de federação estão agregados para os anos de 2000 a 2021.

Na Figura 3, ao avaliar os danos humanos por unidade federativa em decorrência do evento, é perceptível a variabilidade desses danos entre regiões e entre estados. Essa variação se deve às características distintas de cada região do país como a frequência e a intensidade das ocorrências dos choques, além da qualidade da infraestrutura que acomete sistemas de drenagem insuficientes ou obstruídos que podem levar a acumulação de água em determinadas áreas, o excesso de impermeabilização do solo, aumentando o risco de escoamento superficial e risco de enxurradas, localização de habitações próximos a áreas de risco, remoção de vegetação e a canalização de rios, chuvas intensas e prolongadas, manutenção insuficiente de sistemas de drenagem, diques e barragens, desmatamento de florestas e vegetação natural que reduz a capacidade do solo de absorver água e o crescimento urbano desordenado.

Na região Norte, os valores de danos humanos são bem homogêneos, concentrados dentro do terceiro quartil, caracterizando uma assimetria à direita da distribuição para os estados dessa região. Os danos humanos variam de valores próximos a zero até cerca de 300 pessoas afetadas de alguma forma pelo evento para cada mil habitantes. Os estados do Acre e Amazonas possuem 25% das observações mais distantes de zero, comparados aos demais estados da região Norte, e 75% dos valores de danos humanos mais próximos de 300 pessoas afetadas por cada mil habitantes. Já nos demais estados, 75% dos valores não passam de 250 pessoas afetadas por cada mil habitantes.

Na região Nordeste, os valores dos danos humanos são mais dispersos dentro do intervalo interquartil, sendo que dentre os estados, o Piauí apresenta 75% dos dados estão um pouco acima de 500 pessoas afetadas por cada mil habitantes, configurando em valores maiores em relação aos demais estados. Os estados do Ceará, Maranhão e Piauí possuem valores do primeiro quartil mais distantes de zero em relação aos demais estados. No estado de Piauí é o que apresenta maior limite superior em relação aos demais estados do Brasil, chegando próximo a 1.250 afetados por cada mil habitantes, desconsiderando os valores extremos.

No Centro-Oeste, os estados do Mato Grosso do Sul e Goiás possuem valores de danos humanos menos dispersos, indicando homogeneidade dentre os danos frente às ocorrências dos eventos, onde 25% das observações estão bem próximas de zero, e 75% dos valores estão próximos a 100 afetados por cada mil habitantes. O estado de Mato Grosso apresenta valores mais dispersos, indicando que 75% dos valores de danos humanos são cerca de 250 pessoas

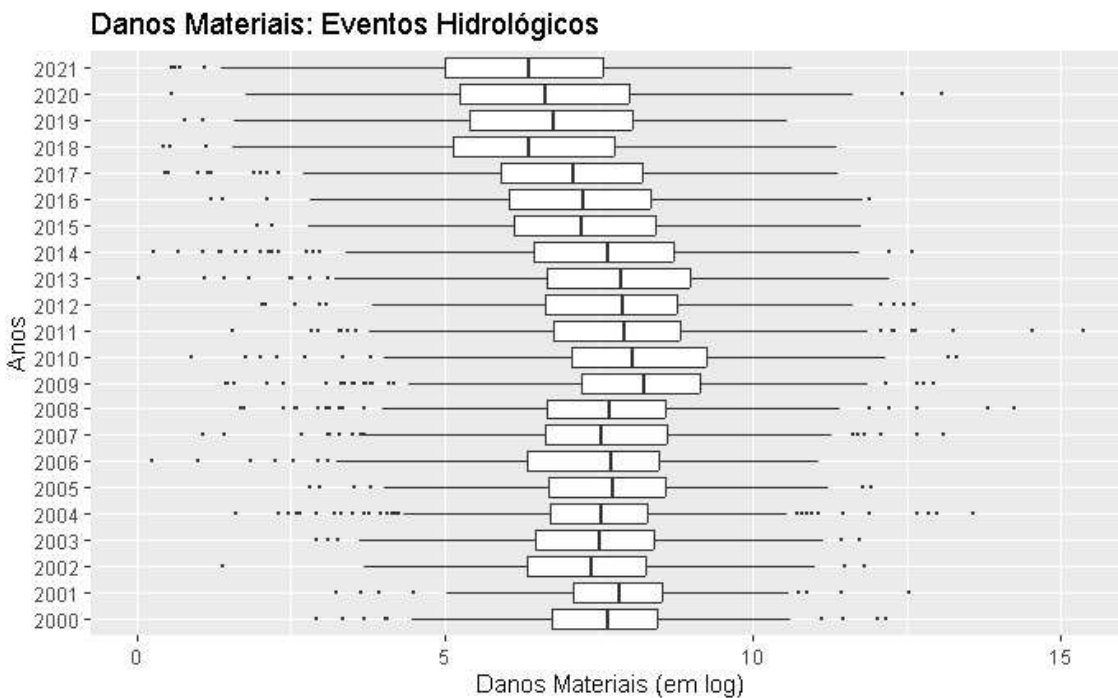
afetadas, e o limite superior, desconsiderando os valores extremos, chegam a 750 pessoas afetadas por cada mil habitantes.

No Sudeste, os valores de danos humanos são pouco dispersos entre os estados, porém apresentam bastante *outliers*, principalmente em São Paulo e Minas Gerais. Em São Paulo, 75% dos valores de danos humanos estão bem próximos a zero, entretanto, apresenta muitos valores atípicos. Para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo 75% dos valores estão mais próximos de 500 pessoas afetadas por cada mil habitantes em relação aos outros estados, com muitos valores extremos. E, no estado do Rio de Janeiro, 75% dos dados apresentam valores de cerca de 100 afetados por cada mil habitantes.

Para a região Sul, os valores para os três estados são relativamente dispersos dentro do intervalo interquartil, apresentando uma assimetria à direita. O estado do Rio Grande do Sul tem valores bem semelhantes ao Piauí, com valores interquartis bem dispersos, os valores do terceiro quartil são aproximadamente 500 afetados por cada mil habitantes, com o limite superior chegando a 750 afetados por mil habitantes. Já para Santa Catarina e Paraná, os valores são bem próximos, chegando a cerca de 250 afetados para cada mil habitantes.

Contudo, existe uma notável variabilidade entre as regiões e intra regiões, mesmo que cada estado brasileiro apresenta características regionais, sociais, climáticas e de infraestrutura bastante distintas, foi notada a proximidade de valores de danos humanos para estados localizados em regiões das extremidades do país. A região Nordeste, com muitas ocorrências de secas, poderia ter como explicação os altos valores de danos humanos à questão da infraestrutura, que não daria conta de ocorrências desses eventos. A região Sul pode ser um problema de infraestrutura juntamente com muitas ocorrências de chuvas intensas e prolongadas. A região Norte é evidentemente afetada com esses eventos hidrológicos, mas não é tão afetada como nessas outras regiões, talvez devido a sua menor densidade populacional. A região Sudeste apresentou valores mais concentrados, porém, uma explicação para muitos valores extremos pode estar associada ao desenvolvimento urbano que não acompanha o crescimento populacional, levando a dificuldades para o enfrentamento de eventos hidrológicos.

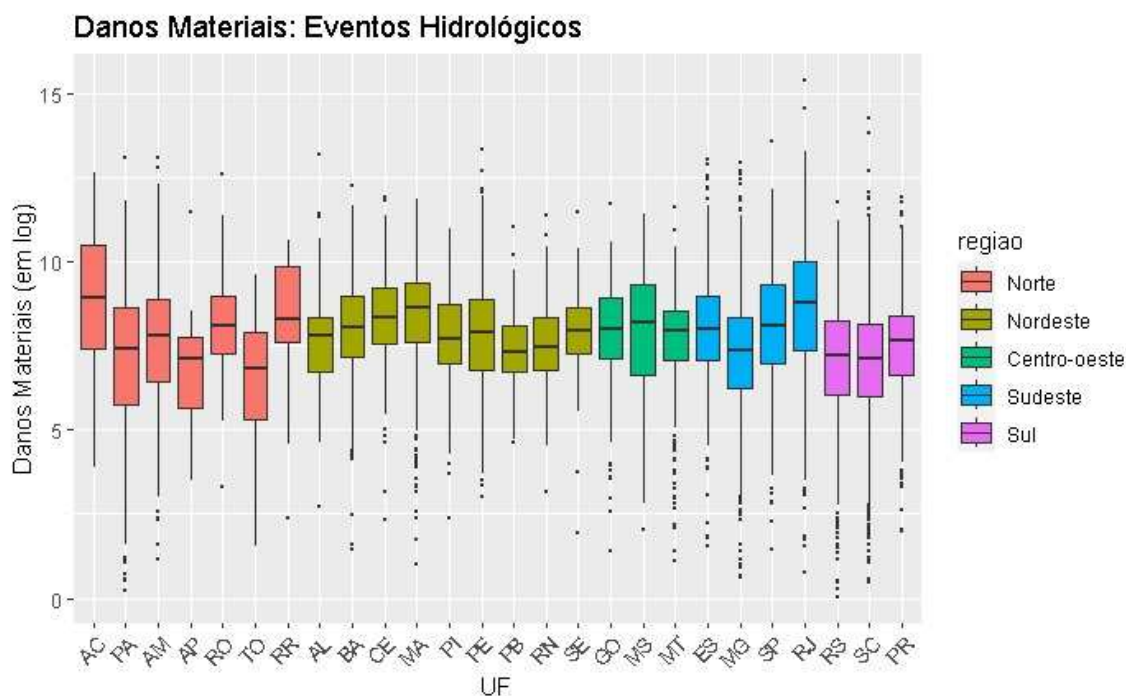
Figura 4 – Distribuição de Danos Materiais por ano



Fonte: Atlas de Desastres no Brasil (UFSC- CEPED)

Os danos materiais referentes aos eventos hidrológicos são bastante homogêneos entre os anos durante o período de 2000 a 2021 (Figura 4), diferentemente dos danos humanos entre anos. E mesmo que o número de municípios afetados seja muito baixo em alguns anos, como por exemplo, em 2020 (5,7% municípios afetados), a variabilidade dos danos para esse período foi maior do que para o ano de 2009 (25,28% municípios afetados), isto é, os valores de danos materiais ainda tendem a ser elevados.

Figura 5 – Distribuição de Danos Materiais por Unidade da Federação



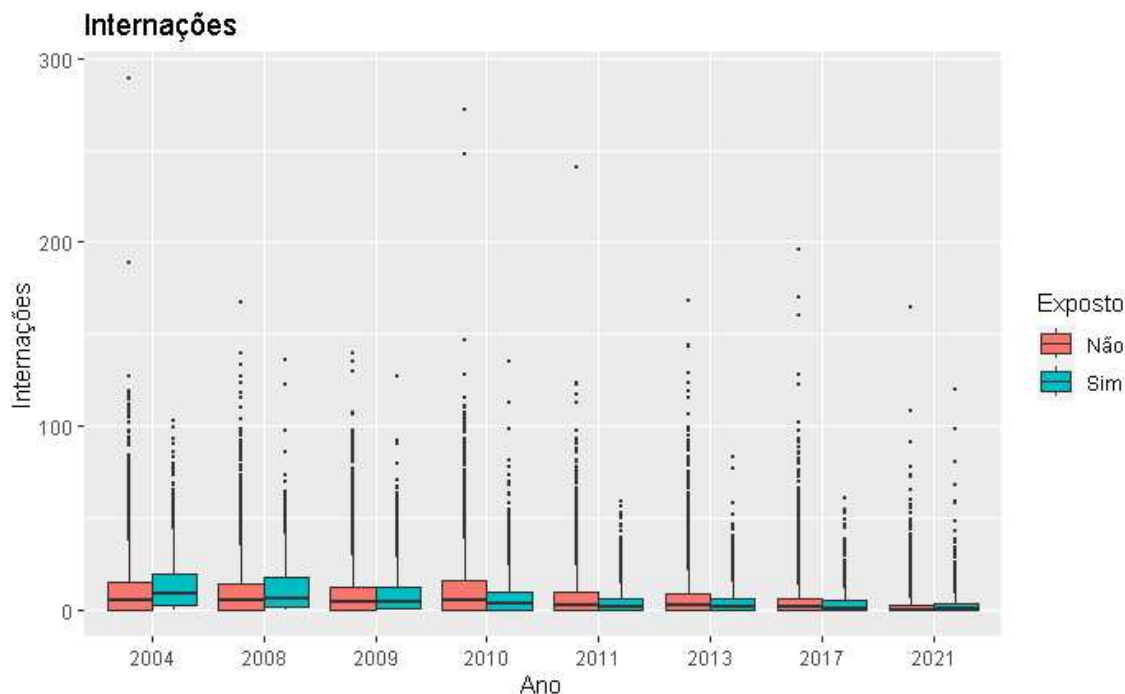
Fonte: Atlas de Desastres no Brasil (UFSC- CEPED)

Nota: Os valores de danos materiais estão agregados para todos os anos entre 2000 e 2021.

A análise dos danos materiais revela, também, uma notável variabilidade entre as regiões e estados do Brasil, refletindo características distintas em cada localidade (Figura 5). Na Região Norte, por exemplo, observa-se uma diversidade significativa nos danos entre os estados. Acre, Roraima e Tocantins destacam-se ao apresentar concentração em valores mais elevados. Já Tocantins, Amapá, Amazonas e Pará exibem uma assimetria à esquerda. No Nordeste, a variabilidade entre os estados é menos pronunciada, com uma tendência à homogeneidade nos danos materiais. Bahia e Ceará concentram-se em valores mais altos, enquanto Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas apresentam concentração em valores mais baixos. O Piauí, por sua vez, destaca-se pela maior dispersão nos valores de danos, contrastando com a tendência regional. A Região Centro-Oeste exibe contrastes notáveis, onde Mato Grosso do Sul destaca-se pela maior dispersão nos valores de danos, enquanto o Mato Grosso apresenta valores mais concentrados. Na Região Sudeste, os danos materiais são dispersos em valores mais elevados, diferenciando-se dos padrões observados nos danos humanos, que eram

predominantemente baixos. Em contraste, Minas Gerais e Espírito Santo concentram seus valores em patamares mais baixos, revelando uma heterogeneidade entre eles. Na Região Sul, observa-se uma similitude entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina em termos de tendência. No Paraná, entretanto, os valores de danos são mais concentrados em níveis mais altos. Enfatiza-se a complexidade das dinâmicas regionais e destaca a influência crucial de fatores locais, como infraestrutura e planejamento urbano, na variabilidade dos danos materiais. Assim como nos danos humanos, a generalização dos valores específicos para cada estado torna-se mais complexa, dada a diversidade de contextos.

Figura 6 – Distribuição de taxas de incidência de internações por doenças infecciosas e parasitárias



Fonte: Sistema de Internações Hospitalares (DATASUS)

As internações de crianças por doenças infectocontagiosas e parasitárias não apresentaram uma relação clara com a ocorrência de eventos hidrológicos, conforme evidenciado na Figura 6. Os anos de 2004 e 2008, apresentaram uma maior variabilidade nas taxas de internações em municípios que foram expostos ao evento em comparação com municípios não

expostos, porém, municípios não expostos manifestaram maiores valores extremos de internações. Para o ano de 2009, período com a maior proporção de municípios afetados pelo evento indicado na Tabela 1, as variabilidades nas internações são semelhantes em ambos os casos, mas municípios não afetados também possuem outliers situados em valores maiores. Municípios expostos a tais eventos demonstraram menor variabilidade em comparação aos municípios não expostos para os anos entre 2010 e 2017. Entretanto, em 2021, 75% dos valores estão bem próximos de zero, mas ainda assim, municípios expostos aos eventos possuem maior variabilidade de internações em relação aos não expostos. Contudo, basear conclusões exclusivamente nesses dados não permite afirmar definitivamente que os eventos não influenciam um aumento nas internações por essas doenças. A aparente discrepância pode ser atribuída a diversos fatores. Na Tabela 1, destaca-se uma diferença notável entre a quantidade de municípios afetados e não afetados ao longo do tempo, sendo que o número de amostras é significativamente maior para municípios não afetados. Em municípios com condições de infraestrutura menos favoráveis, casos de internações por essas doenças poderiam ser mais graves. Nesse contexto, observaríamos uma assimetria em favor de incidências mais altas, que evidencia uma maior densidade de dados no terceiro quartil, indicando uma concentração considerável nessa faixa, como é perceptível para os anos analisados na Figura 6, tanto para municípios expostos ao evento quanto para aqueles que não foram expostos ao evento naquele ano.

Os anos de 2004 e 2008 revelaram maiores medianas de internações por doenças infecciosas para municípios expostos aos eventos. Além disso, seus valores máximos, desconsiderando valores extremos, chegam próximos a 50 internações por essas doenças para cada mil habitantes. A proporção de municípios afetados, conforme apresentado na Tabela 1, foi de 22,19% e 14,49% para esses anos, respectivamente. Para os anos de 2009, 2017 e 2021, com proporções de 25,28%, 10,31% e 7,7% de municípios afetados, a variabilidade das internações mostra-se semelhante entre municípios afetados e não afetados, em que 75% das internações atingem no máximo 20 internações para essas doenças a cada mil habitantes. Entretanto, nos anos de 2010 (17,32%), 2011 (17,5%) e 2013 (10,90%), as internações para municípios não expostos apresentaram-se superiores às de municípios expostos.

4. Estratégia Empírica

Para o presente estudo veremos o impacto dos eventos hidrológicos extremos sobre a saúde infantil entre os anos de 2000 e 2021. Para tanto, serão usadas as internações no SUS por doenças infectocontagiosas e parasitárias de crianças entre 0 e 2 anos no Brasil. Como os eventos hidrológicos extremos podem não ser exógenos às condições de saúde de crianças, uma vez que podem estar correlacionados com outros fatores que também afetam a ocorrência de doenças, a estratégia empírica adotada é baseada no estudo de eventos, em que exploramos a variação entre municípios e temporal da ocorrência desses eventos.

A metodologia que será aqui empregada é uma extensão do modelo de diferenças em diferenças (DiD) tradicional, no qual sua versão canônica não levaria em consideração algumas características importantes para se ter resultados confiáveis. Dentre elas, a possibilidade de que os municípios estejam expostos ou não a eventos climáticos em diferentes períodos e os impactos dos eventos são heterogêneos, segundo o momento de exposição ao evento.

Por isso, serão usados os estimadores propostos por Chaisemartin e D'Haultfoeuille (2022) que são robustos para efeitos de tratamento heterogêneos entre grupos e/ou ao longo do tempo, onde o tratamento é não binário ou não escalonado, em que a presença de tratamento em períodos anteriores afeta o resultado. O estimador permite que as unidades entrem e saiam do tratamento ao longo do período, além de considerar efeitos de tratamento heterogêneos e variáveis no tempo, tornando-o um dos estimadores mais flexíveis.

O tratamento $(d_{2000}, \dots, d_{2021})$, é considerado binário, sendo definido como a exposição do município (g) ao evento hidrológico em qualquer ano específico ($t = 2000, \dots, 2021$), se exposto (1), caso contrário (0). Ademais, o tratamento pode ser considerado escalonado porque pode ocorrer em momentos distintos para alguns municípios ao longo dos anos. A interação entre o total de internações e a exposição aos eventos é definido como, $Y_{g,t}(d_1, \dots, d_t)$. Além disso, os resultados de internações de cada municípios são independentes entre si, ou seja, é preciso que o resultado atual não dependa dos tratamentos futuros. Para a referência do primeiro período em que o status de tratamento do grupo muda é denotado por F_g . E a quantidade de períodos em que o grupo foi exposto, l .

A proposta do estimador é comparar a evolução do resultado no período anterior a primeira mudança do status de tratamento, $F_g - 1$, para a última mudança de status de tratamento, $F_g - 1 + l$, entre grupos que foram tratados e grupos que o tratamento não ocorreu ainda no período $F_g - 1 + l$. Esse requisito baseia-se na suposição de tendências paralelas, descartando os efeitos dos tratamentos anteriores e os efeitos que variam ao longo do tempo no resultado. Isto é, o estimador, $\delta_{g,t}$, é a esperança da comparação dos resultados entre municípios que sofreram o tratamento no mesmo período. Dessa forma, $\delta_{g,t}$ representa a média de internações totais causadas por eventos hidrológicos nos períodos em que ocorreu.

$$\delta_{g,l} = E\left(Y_{g,F_g-1+l} - Y_{g,F_g-1+l}(D_{g,1}, \dots, D_{g,l})\right)$$

Não existe um período definido para início do tratamento para todos os grupos, ou seja, existem municípios que são expostos logo no primeiro período, no primeiro mês do ano de 2000, podendo permanecer, ou não, sem alterações no status de tratamento, e outros que se enquadram em grupos nunca tratados, isto é, não foram expostos em nenhum momento durante todo o período. Essa é uma condição mínima para que os estimadores sejam consistentes e assintoticamente normais.

$$Y_{g,t} = \alpha_g + \alpha_t + \delta_{g,t} \text{afetado} + \varepsilon$$

Para testar a hipótese de que as tendências são paralelas foram usados testes placebo. Os estimadores placebo comparam a evolução dos resultados de grupos tratados e não tratados antes das mudanças de tratamento dos grupos tratados. Para assumir tendências paralelas, os estimadores placebos não devem ser estatisticamente significativos, isto é, deve-se não rejeitar a hipótese nula $\delta_{g,t-1}, \dots, \delta_{g,t-l} = 0$. A validade dessa suposição implica que, na ausência do tratamento, as unidades tratadas e não tratadas teriam evoluído de maneira semelhante ao longo do tempo. Em outras palavras, as tendências observadas nos municípios que foram expostos ao

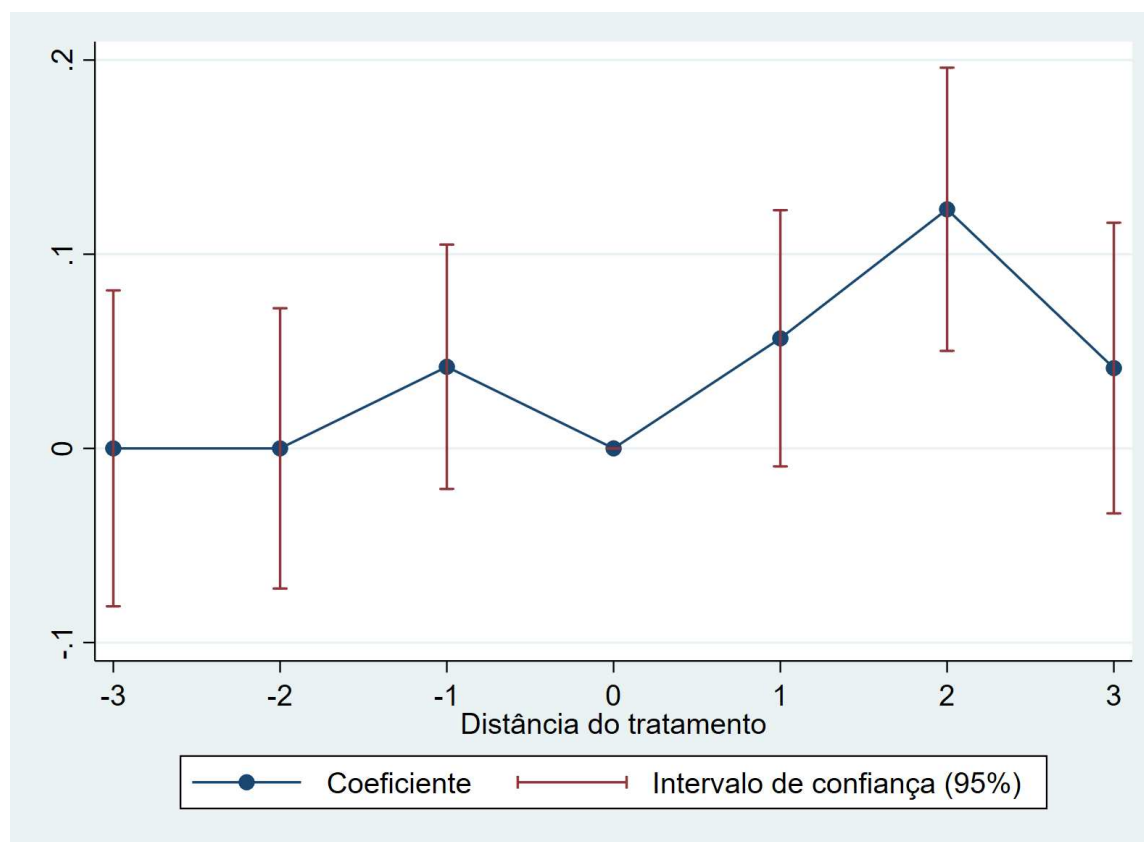
evento hidrológico seriam paralelas às tendências dos municípios nunca expostos. Isso é importante para isolar o efeito causal do choque nas internações, e que nenhum desvio nas tendências seja confundido com o efeito, e cause algum viés nos estimadores.

5. Resultados

Para estimar o efeito médio dos eventos hidrológicos sobre as internações de crianças de 0 a 2 anos nos municípios, foram usados três períodos pré e três períodos pós-tratamento, já que estamos tratando de doenças que se manifestam rapidamente, e geralmente, apresentam uma melhora dos sintomas em um curto período. Nesse caso, os três períodos pré e pós-tratamento referem-se aos três primeiros meses antes do evento ocorrer e três meses após o evento ocorrer. Destaca-se a importância de avaliar os efeitos dos choques na saúde de crianças nesta faixa etária, onde as crianças ainda estão passando por uma fase crucial para o desenvolvimento físico e cognitivo, e tendem a ser mais sensíveis aos efeitos dos eventos do que os adultos.

Das doenças infecciosas e parasitárias apontadas pela literatura (Freitas; Ximenes, 2012), às que a taxa de incidência por mil habitantes sobressaiu em relação às outras foram as de Outras infecções intestinais bacterianas (CID-10: A04) e Diarreias e Gastroenterites de origem infecciosa (CID-10: A09), dessa forma, estimamos os efeitos apenas para essas duas CIDs já que para as demais as taxas de incidência foram bastante pequenas. Essas doenças podem causar desidratação por conta da eliminação de líquidos e eletrólitos nos episódios de diarreia e vômitos, e desnutrição em episódios de diarreia cumulativos, pois pode comprometer absorção de nutrientes, levando a déficits no crescimento e dificultando o desenvolvimento cognitivo (Checkley et al., 2008; Dimitrova; Bora, 2020; Dimitrova; Muttarak, 2020)

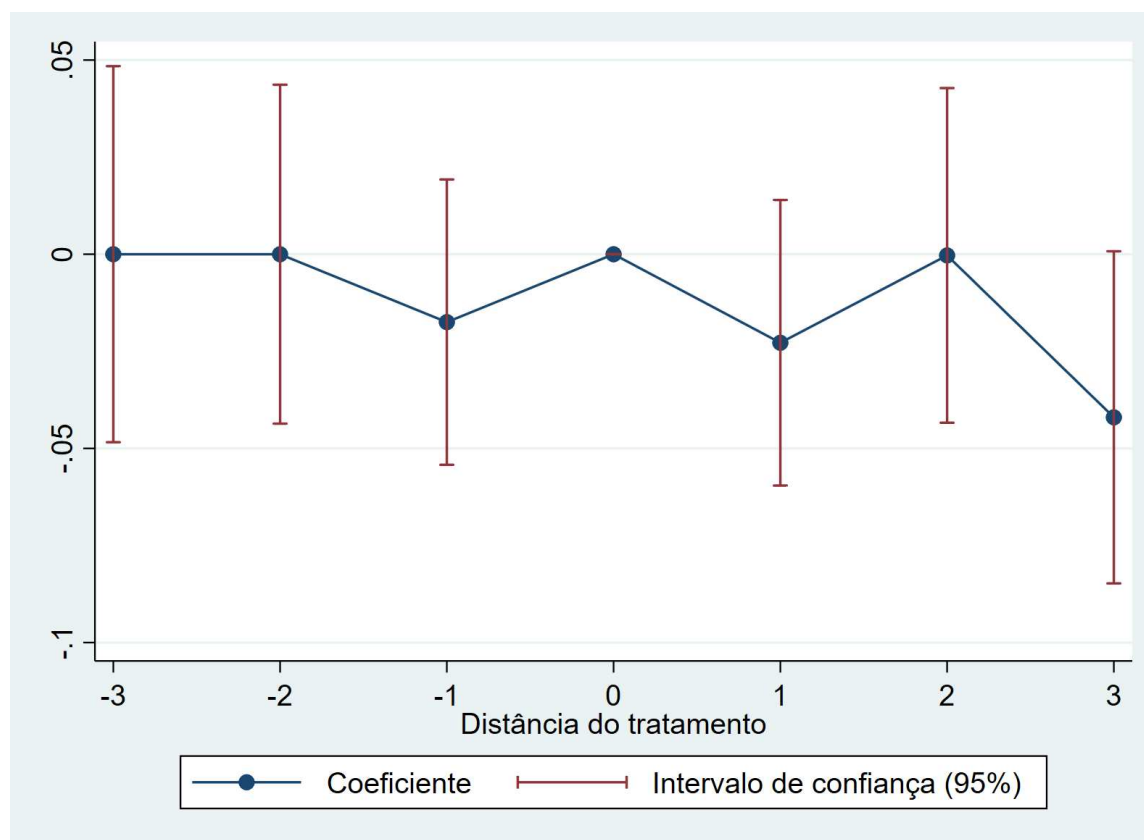
Figura 7 - Efeito médio dos eventos hidrológicos sobre a incidência de doenças infecciosas e parasitárias



Nota: Estimado a partir da base elaborada.

A Figura 7 apresenta os efeitos estimados de eventos hidrológicos extremos sobre a incidência de doenças infecciosas e parasitárias. A taxa de internação fica, em média, acima em 0,1231 por mil habitantes no segundo mês em municípios que foram afetados em relação aos municípios que não foram afetados. Há um indício, portanto, de que haja um efeito de curto prazo nas internações em função dos eventos hidrológicos extremos, para os demais meses os efeitos sobre as internações são nulos. As suposições de tendências paralelas e não antecipações foram validadas por testes de hipóteses que mostram efeitos nulos prévios aos eventos.

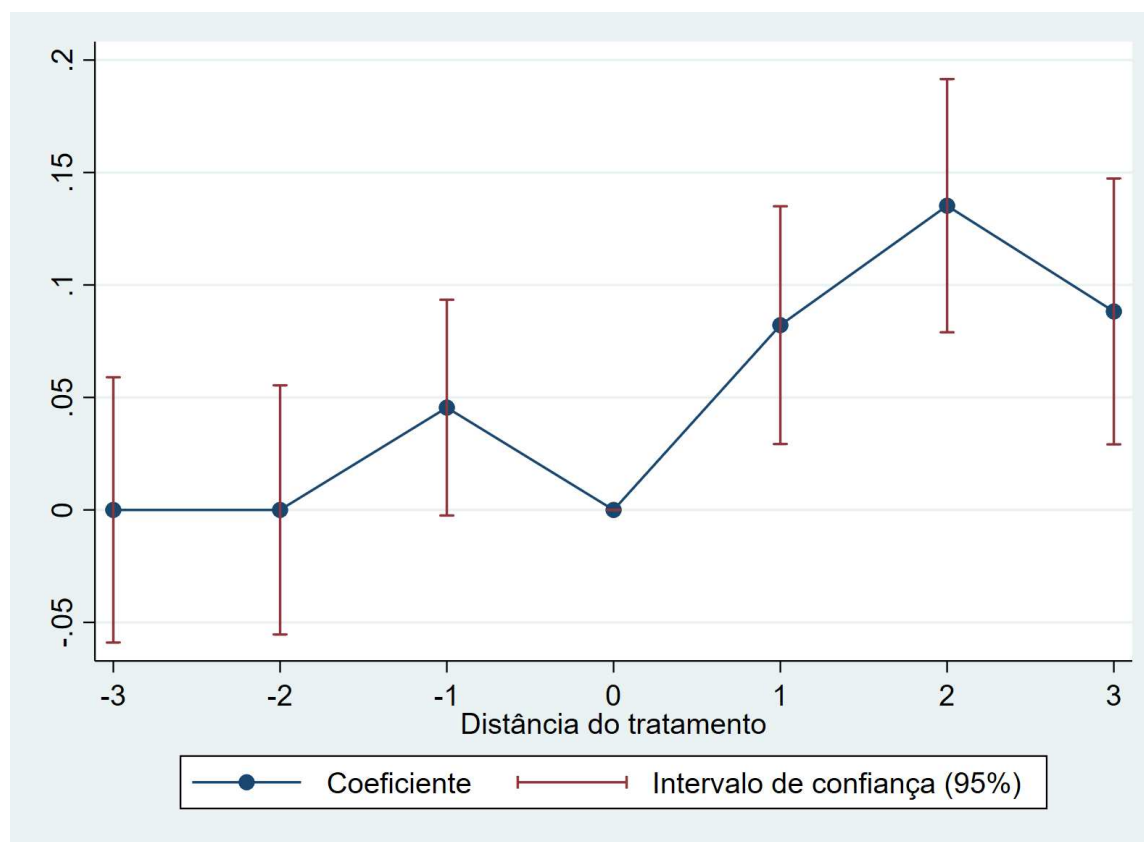
Figura 8 - Efeitos médio dos eventos sobre internações por Outras Infecções Intestinais Bacterianas (A04)



Nota: Estimado a partir da base elaborada.

Para as internações por Infecções Intestinais Bacterianas (Figura 8), os coeficientes dos efeitos médios se mostraram não significativos, indicando um efeito nulo nas internações por essa CID devido a ocorrência dos eventos hidrológicos em municípios afetados em relação aos municípios nunca afetados.

Figura 9 – Efeito médio dos eventos sobre internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa (A09)



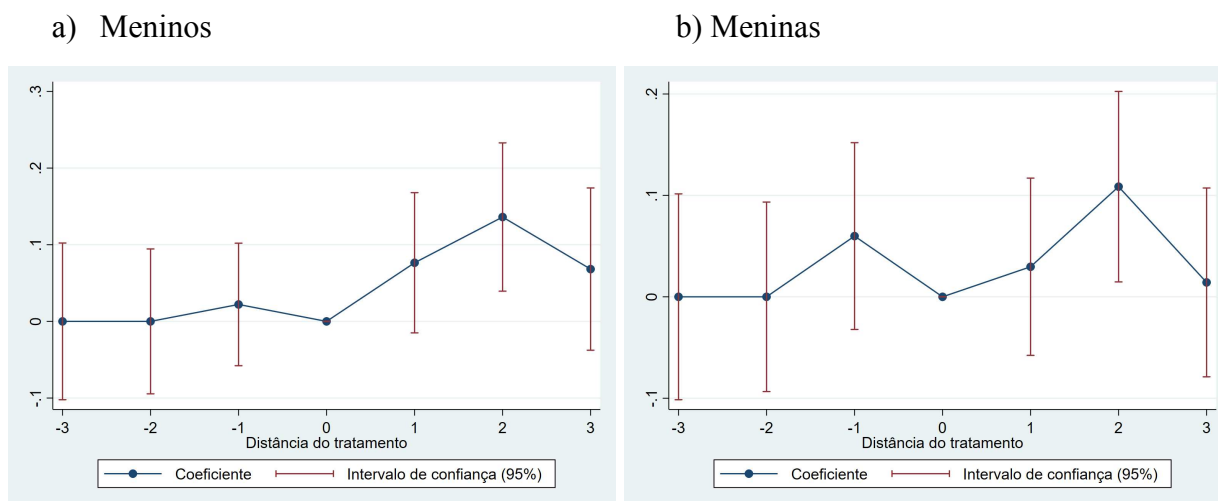
Nota: Estimado a partir da base elaborada.

Os efeitos do evento nas internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa, representados na Figura 9, foram positivos e estatisticamente significativos para os três meses após o evento, esse resultado era esperado para essa CID. No primeiro mês, o diferencial foi de 0,0821 internação por mil habitantes (aproximadamente 18%), no segundo mês foi de 0,1352 (30%) e para o terceiro mês foi de 0,0882 (20%). As hipóteses de suposição de tendências paralelas e não antecipação se sustentam.

A associação entre os eventos e as internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa é dada pela contaminação da água e condições sanitárias precárias. As ocorrências de enxurradas, inundações e alagamentos podem criar um ambiente propício para reprodução de agentes patogênicos, como bactérias, vírus e parasitas, contaminando a água e alimentos. E ainda, sistemas de esgotos podem ser prejudicados, levando ao transbordamento de esgotos e à

contaminação do ambiente, aumentando o risco de propagação de doenças transmitidas por água. Pode-se citar danos em habitações e em infraestruturas de saúde, levando a habitações temporárias, dificultando a práticas adequadas de higiene e saneamento, e reduzindo o acesso a serviços de saúde, atrasando o diagnóstico e tratamento dessas doenças.

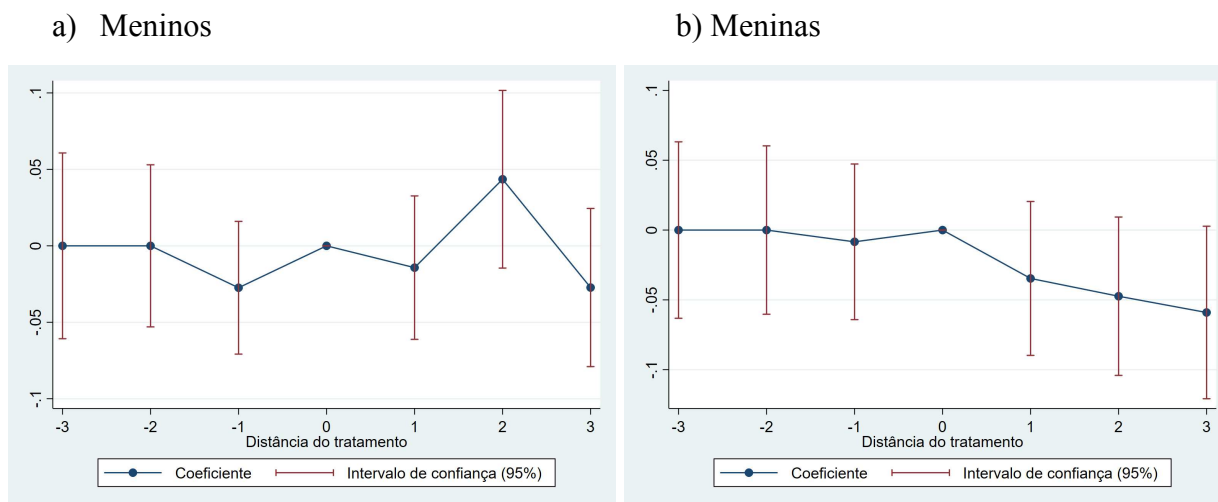
Figura 10 - Efeito médio dos eventos hidrológicos sobre a incidência de doenças infecciosas e parasitárias por sexo



Nota: Estimado a partir da base elaborada.

As trajetórias dos efeitos dos eventos sobre as internações para meninos e meninas são semelhantes (Figura 10), apresentando efeitos estatisticamente significativos apenas no segundo mês após a ocorrência do choque. Assim, o diferencial da variação na taxa de internação para meninos é, em média, 0,1361 e para meninas, 0,1086 no segundo mês após a ocorrência do evento comparativamente com municípios em que o evento não ocorreu. O efeito é estatisticamente nulo para os demais períodos.

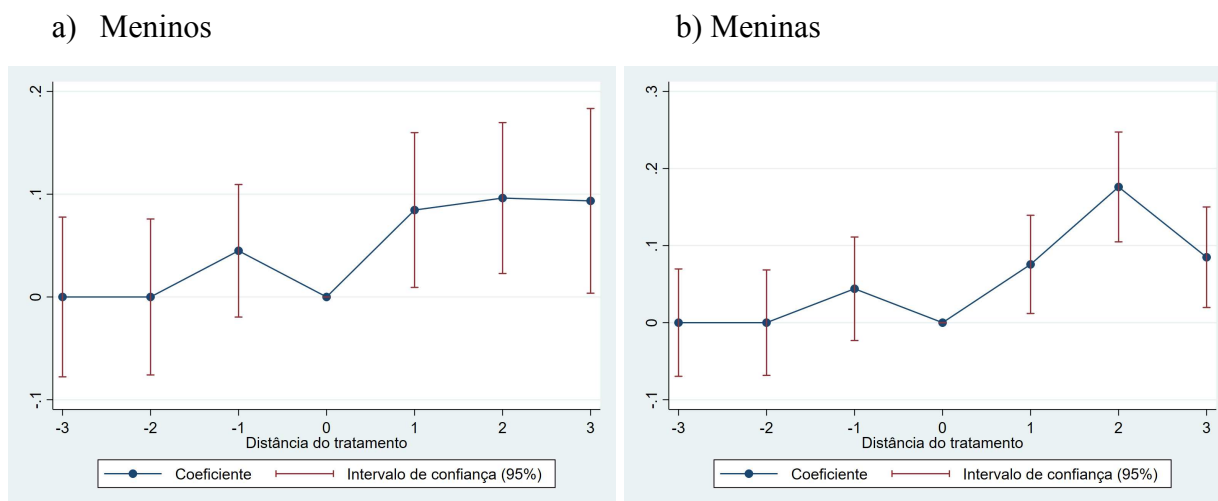
Figura 11 - Efeito médio do evento sobre Internações por Outras Infecções Intestinais
Bacterianas (A04) por sexo



Nota: Estimado a partir da base elaborada.

Os efeitos por infecções intestinais (Figura 11), para ambos os sexos, os efeitos são nulos para as internações por essa CID para todos os períodos pós-tratamento.

Figura 12 - Efeito médio dos eventos sobre internações por Diarreia e Gastroenterite de origem infecciosa (A09)



Nota: Estimado a partir da base elaborada.

Para internações por Diarreias e Gastroenterite de origem infecciosa (Figura 12), os efeitos se mostraram significativos nos três períodos pós-tratamento comparando municípios afetados com não afetados. Para meninos, os diferenciais das internações são, em média, 0,0845 para o primeiro mês, 0,0962 no segundo mês e 0,0934 no terceiro mês, comparativamente aos municípios de controle. As suposições de tendências paralelas e não antecipação se mantêm. Para meninas, as internações se diferenciam em relação ao grupo de controle, em média, em 0,0755, 0,1760 e em 0,0848, para os meses após o evento, respectivamente. Os efeitos dos eventos nas internações são mais acentuados para meninas, principalmente no segundo mês após o evento ocorrer.

Nas internações por doenças infecciosas e parasitárias, de maneira geral, sua transmissão sendo por vetores, demandam um tempo de incubação e propagação dessas doenças. De certa forma, isso pode explicar o aumento significativo das internações no segundo mês em municípios expostos ao evento em comparação com os municípios que não foram expostos no período. Adicionalmente, é possível comparar os efeitos entre meninos e meninas, onde meninas se apresentaram mais sensíveis aos impactos dos eventos em relação aos meninos para os efeitos no segundo mês após o evento.

Dentre as doenças analisadas, as internações por diarreia e gastroenterite (A09) mostraram sofrer mais com os efeitos dos eventos hidrológicos do que as causas de internações por Infecção Intestinal bacteriana, com o efeito permanecendo em até três meses após a ocorrência do evento. Isso é devido ao fato de que essa CID abrange uma variedade de infecções do trato intestinal que podem resultar em sintomas de diarreia e gastroenterite, incluindo infecções de origem viral e parasitária, além de infecções bacterianas. A CID relacionada a infecção intestinal bacteriana inclui bactérias específicas que afetam o trato intestinal. Isso pode ter influenciado o resultado, pois as contaminações tanto por infecções de origem viral e parasitária podem ser causadas por água e alimentos contaminados, e ainda, a infecção viral é mais comum e altamente contagiosa. Portanto, crianças nesta faixa de idade estão mais expostas a esse tipo de contaminação ao frequentar creches e entrar em contato com outras crianças, ou até adultos, contaminados com essa doença, por contato com alguma superfície contaminada e levar a mão para boca e olhos.

As internações por infecções intestinais bacterianas apresentam um efeito nulo para todos os períodos e para ambos os sexos. Já os efeitos do evento nas internações por diarreias e gastroenterite de origem infecciosa reforça a sensibilidade de meninas, observa-se um considerável aumento no efeito entre o primeiro e segundo mês pós-evento, de 0,1005, possivelmente um pico gerado passado o tempo de incubação do agente e propagação da doença com aumentos menores das internações no terceiro mês. Contudo, os efeitos para meninos se mostraram bem distribuídos entre os três primeiros meses após o evento, não apresentando aumentos substanciais nas internações, como observado para meninas.

6. Conclusão

É fato a importância de compreender o efeito causal de eventos hidrológicos na saúde infantil, considerando que as condições iniciais de vida influenciam de maneira positiva ou negativa no desenvolvimento infantil, onde o indivíduo pode ser afetado por esses resultados ao longo da vida. No Brasil, onde eventos hidrológicos, como enxurradas, alagamentos e inundações, são mais frequentes em determinadas regiões, há necessidade de se avaliar o impacto desses choques na saúde de crianças entre 0 e 2 anos. Crianças nessa faixa etária são mais vulneráveis a doenças infecciosas e parasitárias devido a hábitos como levar a mão à boca e aos olhos e ter contato com outras crianças em creches e escolas. Além disso, esses eventos podem ser responsáveis pelo aumento da incidência dessas doenças, pois contribui para formação de ambientes propícios para a reprodução de vírus, bactérias e protozoários que propagam essas doenças, através de água e alimentos contaminados.

Os resultados de efeitos médios dos eventos hidrológicos sobre condições de saúde de crianças revelam um efeito positivo nas internações por doenças infecciosas no segundo mês após a exposição ao evento. Ademais, para internações associadas a diarreias e gastroenterite de origem infecciosa, o efeito do choque nas internações se mostrou significativo para os três meses após a ocorrência do evento, evidenciando um diferencial positivo nos dois primeiros meses pós-evento. No entanto, para infecções intestinais bacterianas, os efeitos são nulos. Os efeitos dos choques para cada gênero revelaram resultados interessantes que valem a pena ser

investigados mais profundamente. Os efeitos se mantiveram significativos no segundo mês após a ocorrência do evento, porém os efeitos neste período foram mais acentuados para as meninas nos resultados para as doenças infecciosas de maneira geral. O mesmo acontece para internações por diarreias e gastroenterite, os efeitos para meninas são mais pronunciados no segundo mês, enquanto para meninos os efeitos nos três períodos apresentam uma curva mais suave, indicando uma maior propensão de contágio em meninas.

É importante ressaltar que o estudo possui certas limitações que podem ser exploradas em trabalhos futuros, como a falta de controle sobre variáveis de infraestrutura do município, como o acesso à saúde e saneamento. Ademais, estudos futuros devem considerar a heterogeneidade de efeitos nas diversas fases da vida intrauterina e ao longo dos primeiros meses de vida.

Referências bibliográficas

ADHVARYU, Achyuta; FENSKE, James; NYSHADHAM, Anant. Early life circumstance and adult mental health. **Journal of Political Economy**, v. 127, n. 4, p. 1516-1549, 2019.

ALMOND, D., & CURRIE, J. (2011). Killing me softly: The fetal origins hypothesis. **Journal of economic perspectives**, 25(3),153–72.

BAEZ, Javier E.; SANTOS, Indhira V. Children's vulnerability to weather shocks: A natural disaster as a natural experiment. **Social science research network, New York**, p. 1-28, 2007.

BARKER, David J. The fetal and infant origins of adult disease. **BMJ: British Medical Journal**, v. 301, n. 6761, p. 1111, 1990.

BARKER DJ, OSMOND C, LAW CM. The intrauterine and early postnatal origins of cardiovascular disease and chronic bronchitis. **J Epidemiol Community Health**. 1989 Sep;43(3):237-40. doi: 10.1136/jech.43.3.237. PMID: 2607302; PMCID: PMC1052843.

CARRILLO, Bladimir. Early rainfall shocks and later-life outcomes: Evidence from Colombia. **The World Bank Economic Review**, v. 34, n. 1, p. 179-209, 2020.

CHACÓN-MONTALVÁN, Erick A. et al. Rainfall variability and adverse birth outcomes in Amazonia. **Nature Sustainability**, v. 4, n. 7, p. 583-594, 2021.

CHECKLEY, William et al. Multi-country analysis of the effects of diarrhoea on childhood stunting. **International journal of epidemiology**, v. 37, n. 4, p. 816-830, 2008.

CURRIE, Janet; ROSSIN-SLATER, Maya. Weathering the storm: Hurricanes and birth outcomes. **Journal of health economics**, v. 32, n. 3, p. 487-503, 2013.

DE CHAISEMARTIN, Clément; D'HAULTFOEUILLE, Xavier. **Difference-in-differences estimators of intertemporal treatment effects**. National Bureau of Economic Research, 2022.

DIMITROVA, Anna; BORA, Jayanta Kumar. Monsoon weather and early childhood health in India. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0231479, 2020.

DIMITROVA, Anna; MUTTARAK, Raya. After the floods: Differential impacts of rainfall anomalies on child stunting in India. **Global Environmental Change**, v. 64, 2020.

DOWNEY, G., and Coyne, J. C. (1990). Children of depressed parents: An integrative review. **Psychol. Bull.** 108: 50–76.

FREITAS, Carlos Machado de et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1601-1616, 2012.

HUTH-BOCKS, Alissa C.; LEVENDOSKY, Alytia A.; SEMEL, Michael A. The direct and indirect effects of domestic violence on young children's intellectual functioning. **Journal of family violence**, v. 16, n. 3, p. 269-290, 2001.

LE, Kien; NGUYEN, My. In-utero exposure to rainfall variability and early childhood health. **World Development**, v. 144, p. 105485, 2021.

Ministério da Saúde. Notas técnicas. População residente - estudo de estimativas populacionais para os municípios brasileiros, desagregadas por sexo e idade, 2000-2021. 2022. Acessado em set 2023. Disponível em: [NT-POPULACAO-RESIDENTE-2000-2021.PDF \(datasus.gov.br\)](https://datasus.gov.br/NT-POPULACAO-RESIDENTE-2000-2021.PDF)

Ministério do Desenvolvimento Regional. Classificação e codificação brasileira de desastres (Cobrade): categoria, grupo, subgrupo, tipo, subtipo. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2012. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Códigos dos Municípios. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/codigos-dos-municipios.php>. Acesso em: 20 de junho de 2023

PEREDA, Paula Carvalho; MENEZES, Tatiane; ALVES, Denisard CO. Climate change impacts on birth outcomes in Brazil. **IDB Working Paper Series**, 2014.

SALDANHA, Raphael de Freitas; BASTOS, Ronaldo Rocha; BARCELLOS, Christovam. Microdatasus: pacote para download e pré-processamento de microdados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro , v. 35, n. 9, e00032419, 2019 . Disponível em: <http://ref.scielo.org/dhcq3y>.

Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (UFSC-CEPED). Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: CEPED -UFSC; 2012.