



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
CURSO CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Laura Beatriz Medeiros Rataichesk

As mudanças climáticas e o crescimento econômico: uma análise por meio dos
municípios brasileiros (2002-2021).

Florianópolis

2024

Laura Beatriz Medeiros Rataichesck

As mudanças climáticas e o crescimento econômico: uma análise por meio dos municípios brasileiros (2002-2021).

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Centro Socioeconômico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharela em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Guilherme Valle Moura, Dr.
Coorientador: Prof. Guilherme de Oliveira, Dr.

Florianópolis

2024

Rataichesk, Laura Beatriz Medeiros

As mudanças climáticas e o crescimento econômico : uma análise por meio dos municípios brasileiros (2004-2019) / Laura Beatriz Medeiros Rataichesk ; orientador, Guilherme Valle Moura, coorientador, Guilherme de Oliveira, 2024.
60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico, Graduação em Ciências Econômicas, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Econômicas. 2. Economia Ambiental. 3. Crescimento econômico. 4. Mudanças climáticas. I. Moura, Guilherme Valle. II. de Oliveira, Guilherme . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Econômicas. IV. Título.

Laura Beatriz Medeiros Rataichesck

As mudanças climáticas e o crescimento econômico: uma análise por meio dos municípios brasileiros (2002-2021).

Florianópolis, 9 de setembro de 2024.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Helberte João França Almeida, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Eva Yamila Amanda da Silva Catela, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a **versão original e final** do Trabalho de Conclusão de Curso que foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Economia por mim e pelos demais membros da banca examinadora.

Prof. Guilherme Valle Moura, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2024.

*Ao meu pai (em memória), que em 20 anos me deu amor
suficiente para me proteger por uma vida inteira.*

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi feito por mim e por todos que por seus próprios meios me cercaram de zelo. À minha família, meu companheiro de vida Vitor e minhas queridas amigas Rafaela e Rebeca, partes intrínsecas de mim e de quem precisei ser – que todo o meu amor e carinho os encontre, os ampare e os proteja. Aos meus amigos do curso: Magaly, Murilo, Arthur Calza, Arthur Ballejo, Matheus, Joesley, Willian, Carlos e João, devo a vocês a leveza que trouxeram para a nossa graduação – nem todo o sucesso do mundo é suficiente desejar a vocês. À Patricia e sua dedicação diária em ser sua melhor versão para mim, você sempre vai ser uma mãe ainda melhor do que eu conseguiria imaginar. Todos os sentimentos que já tive sei que existiram em dobro porque você os sentiu comigo.

Ao meu orientador e professor Guilherme, que me inspirou, guiou e incentivou muito mais do que imagina. Ao coorientador e professor Guilherme de Oliveira, que introduziu a economia ambiental na minha jornada acadêmica e teve participação essencial nesse trabalho. Os admiro e agradeço. À Universidade Federal de Santa Catarina por me receber, me capacitar e ser minha segunda casa nesses anos – os quais vivi profundamente e os vivo agora em nostalgia. Agradeço imensamente à Friedrich-Alexander-Universitat por me acolher durante meu período de mobilidade acadêmica, especialmente aos professores Johan e Almut – por instigarem e extraírem o melhor de mim.

A todos que se fizeram presentes nesse período, mesmo com todas as suas limitações e individualidades, meu mais sincero amor e gratidão - esse trabalho foi escrito com e inspirado por vocês. Aos que dolorosamente me despedi no caminho, minhas fontes de amor indelével, meu pai Rafael e minha avó Risoleta (em memória), minha mais sincera e eterna saudade. Não houve sequer um dia em que eu não amanheci e anoiteci pensando em vocês.

Os homens fazem sua própria história, mas não a fazem como querem; não a fazem sob circunstâncias de sua escolha e sim sob aquelas com que se defrontam diretamente, legadas e transmitidas pelo passado (MARX, 1852).

RESUMO

As mudanças climáticas conhecidamente formam a realidade com a qual nos defrontamos hoje. Sua ocorrência clama cada vez mais por estudos que abordem seus potenciais efeitos, tendo em vista a formação de relações complexas com os demais fatores que formam a sociedade como conhecemos – aspectos físicos, financeiros, sociais, e assim por diante – muitos dos quais permanecem como incógnitas. Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo expandir a literatura de mudanças climáticas na economia brasileira, de modo a estimar o efeito que tiveram no crescimento econômico. A análise foi conduzida a partir de dados climáticos representados pelo Standardised Precipitation Evapotranspiration Index e do crescimento econômico pelo Produto Interno Bruto *per capita* por meio de estatísticas descritivas e o modelo de longas diferenças. Os resultados demonstram que de 2002 a 2021 houve uma tendência brasileira a um clima mais seco associados aos aumentos de temperatura que se mostrou benéfico em termos de crescimento econômico, com exceção da região Centro-Oeste. Ademais, a região Sul se mostrou estatisticamente não significativa. O trabalho conclui com base na revisão de literatura que possivelmente os efeitos negativos das mudanças climáticas ainda não foram sentidos em maior grau pela economia brasileira como um todo, com exceção de estados cuja economia é altamente dependente de atividades agrícolas como os que formam a região Centro-Oeste.

Palavras-chave: economia ambiental; mudanças climáticas; crescimento econômico.

ABSTRACT

Climate change is known to be the reality we face today. Its occurrence is increasingly calling for studies that address its potential effects, given the development of complex relationships with the various other factors that make up society as we know it - physical, financial, social, and so on - many of which remain unknown. Therefore, this research aims to expand the literature on climate change in the Brazilian economy, in order to estimate the effect it has had on economic growth. The analysis was conducted using climate data represented by the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index and economic growth by Gross Domestic Product *per capita* using descriptive statistics and the long differences model. The results show that from 2002 to 2021 there was a Brazilian trend towards a drier climate associated with increases in temperature which proved beneficial in terms of economic growth, except for the Midwest region. In addition, the South region proved to be statistically non-significant. The study concludes, based on the literature review, that the negative effects of climate change may not yet have been felt to a greater degree by the Brazilian economy as a whole, except for states whose economies are highly dependent on agricultural activities, such as those in the Midwest region.

Keywords: environmental economics; climate change; economic growth.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dispersão da variação do SPEI e variação do PIB <i>per capita</i> nacionais ajustadas por MQO	43
Gráfico 2 - Dispersão da variação do período a e b do PIB <i>per capita</i> e SPEI no Nordeste ajustadas por MQO	44
Gráfico 3 - Dispersão da variação do período a e b do PIB <i>per capita</i> e SPEI no Norte ajustadas por MQO	44
Gráfico 4 - Dispersão da variação do período a e b do PIB <i>per capita</i> e SPEI no Centro-Oeste ajustadas por MQO	45
Gráfico 5 - Dispersão da variação do período a e b do PIB <i>per capita</i> e SPEI no Sudeste ajustadas por MQO	45
Gráfico 6 - Dispersão da variação do período a e b do PIB <i>per capita</i> e SPEI no Sul ajustadas por MQO	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da variável SPEI	28
Tabela 2 - Classificação alternativa ao SPEI	29
Tabela 3 - Municípios emancipados após 2002	31
Tabela 4 - Evolução do PIB <i>per capita</i> das macrorregiões nos períodos a e b.....	35
Tabela 5 - Evolução do PIB <i>per capita</i> dos estados nos períodos a e b.....	36
Tabela 6 - Evolução e classificação do SPEI das macrorregiões nos períodos a e b	38
Tabela 7 - Evolução e classificação do SPEI dos estados nos períodos a e b.....	39
Tabela 8 - Resultado da regressão para as macrorregiões brasileiras	41
Tabela 9 - Resultado da regressão para os estados brasileiros	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferença da razão do PIB <i>per capita</i> dos municípios entre 2002 e 2021	37
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Produto Interno Bruto <i>per capita</i>
SPEI	Standardised Precipitation Evapotranspiration Index

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL	19
1.1.1	Objetivos Específicos	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1	DELINEAMENTO.....	26
3.1.1	Formas de Operacionalização do Estudo	26
3.1.2	Categorias de Variáveis	27
3.1.2.1	<i>MODELO ECONOMETRICO</i>	31
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS	35
4.1.1	Crescimento econômico	35
4.1.2	Mudanças climáticas	38
4.2	RESULTADOS DO MODELO.....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO A – MUNICÍPIOS SEM BASE DE DADOS NO ÍNDICE SPEI	57
	ANEXO B – MUNICÍPIOS EMANCIPADOS DE 1997 A 2002	59

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre as mudanças climáticas e seus impactos não é novo. Foi em 1972 que a Organização das Nações Unidas (ONU) - dando um pontapé inicial na questão climática e inserindo-a na agenda global - organizou a Conferência de Estocolmo, o primeiro encontro internacional de representantes mundiais a fim de questionar a interferência da ação humana e respectivos impactos na natureza já contemporâneos à sua realização.

Vinte anos após Estocolmo, em 1992, ocorria a Eco-92, no Rio de Janeiro - deixando um marco importante ao popularizar o debate sobre o desenvolvimento sustentável e se fazendo presente até hoje com a criação das Agendas 21 locais por todo o mundo (OLIVEIRA; 2012). Entretanto, a Eco-92 não significa o nascimento e muito menos a culminação da problemática ambiental: mais de cinquenta anos após Estocolmo e 30 anos após a Eco-92, já temos ciência de perdas irreversíveis no planeta devido ao avanço do aquecimento global e suas interferências no clima (IPCC, 2022).

Além dos aumentos de temperatura, são também esperados como resultados da ação antrópica a mudança na frequência e intensidade de estiagens, precipitações e nível do mar, bem como seus respectivos resultados, como enchentes e ondas de calor. Vale pontuar que as comunidades mais vulneráveis que contribuíram historicamente menos para as atuais mudanças climáticas são desproporcionalmente afetadas (IPCC, 2023; MILLNER;DIETZ, 2014). Corroborando com essa ideia, Dell, Jones e Olken (2012) estima que cada aumento marginal de 1°C na temperatura média em um dado ano teria um efeito de redução do crescimento econômico de 1,3% em países pobres - o que não se verifica com a mesma robustez em países ricos.

De acordo com Millner e Dietz (2014), são três os principais fatores que explicam esse desafio maior frente às mudanças climáticas enfrentados por países não desenvolvidos: localização geográfica, sensibilidade e carência de capacidade adaptativa. O primeiro fator, a condição geográfica, gera um extenso debate sobre a dimensão do seu papel nos resultados econômicos que questiona se os impactos atingem direta ou indiretamente o produto nacional (HSIANG, 2014), uma vez que muitos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento são situados em áreas tropicais ou subtropicais e propensos à atividades agrícolas, como a exportação de

alimentos e commodities, altamente vulneráveis a alterações no clima (CUADRA et al, 2018; DELL; JONES; OLKEN, 2012; MILLNER; DIETZ, 2014; SANTOS; OLIVEIRA; FERREIRA FILHO, 2022; TOL, 2018).

Isso leva ao segundo fator explicativo dos maiores desafios enfrentados por países não desenvolvidos frente à problemática das mudanças climáticas: seus níveis de sensibilidade e vulnerabilidade. Vimos anteriormente que regiões com essas características são desproporcionalmente afetadas pelas alterações no clima, e o caso brasileiro não é exceção à regra. No Brasil, o agronegócio tem participação expressiva no produto nacional: de acordo com Barros (2022), ao longo do século 21 o setor teve uma participação de 25% no PIB nacional ao considerarmos também, além da metodologia tradicional que considera apenas a agropecuária e seus insumos (em torno de 6% do produto brasileiro), a agroindústria e agrosserviços.

A perda mais significativa economicamente seria relativa à safra de soja, com produção majoritariamente concentrada nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, dado que altas temperaturas são desfavoráveis ao seu cultivo (SANTOS; OLIVEIRA; FERREIRA FILHO, 2022; MORAES, 2010). Fatores como a disponibilidade de água e a intensificação de períodos de seca também são determinantes: Oliveira e Medeiros (2019) indicam que as perdas de capital humano oriundas desses fatores projetados no estado do Ceará no Nordeste brasileiro podem atingir até 1,5% do PIB da região até o final do século.

Por fim, o terceiro fator é o de capacidade adaptativa deficiente. Motivos como falta de infraestrutura, instabilidade política, acesso limitado à tecnologia moderna e recursos financeiros escassos fazem com que o nível de investimentos em países não desenvolvidos seja potencialmente prejudicado, de forma a limitar as tentativas de mitigação das alterações climáticas e do próprio desenvolvimento e crescimento econômico da região (MILLNER; DIETZ, 2014; IPCC, 2022). Adicionado a isso, quanto mais postergadas são as políticas de mitigação, menores são as estratégias disponíveis para redução de danos e adaptação e maiores são os impactos sociais e ecológicos devido aos aumentos marginais de temperatura e seus reflexos (IPCC,2023).

Tol (2018) corrobora com essa visão e argumenta que os impactos das mudanças climáticas são diversos, sendo que sua dimensão e natureza benéfica/maléfica variam de acordo com setor, localização e período a serem

considerados – mas sendo severos em países menos desenvolvidos, efeito este causado essencialmente pela vulnerabilidade advinda da condição de pobreza.

Afinal, seria a profunda e contínua devastação do meio-ambiente compatível com o crescimento econômico? A insuficiência de indicadores que quantifiquem e analisem o impacto real das alterações climáticas na economia brasileira para esclarecer esse questionamento constitui o princípio motivacional dessa pesquisa, especialmente em vista de um cenário mundial de concentração (por mais que iminente) em políticas de mitigação e uma preocupação latente em evitar (ainda) maiores catástrofes ao meio ambiente. Destarte, o presente estudo busca provocar um estímulo ao debate de questões vitais da economia ambiental, fornecendo recursos científicos adicionais para quantificar, estimar e analisar de que forma e em que proporção as alterações no clima impactam a riqueza e a taxa de crescimento econômico no Brasil.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta monografia é analisar de que maneira e proporção as mudanças climáticas afetaram o PIB *per capita* dos municípios brasileiros no período 2002 a 2021.

1.1.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, citam-se:

- a) Revisar literatura de economia das mudanças climáticas a fim de compreender sua atual conjuntura.
- b) Realizar um levantamento e tratamento de dados secundários de PIB *per capita* e clima dos municípios brasileiros.
- c) Analisar e discutir o efeito das mudanças climáticas na renda da população brasileira nos anos de 2002 a 2021.

Por meio dos quais o trabalho busca contribuir para a literatura da economia ambiental brasileira, considerando a latente relevância do tema e a ainda pouco estimada interação destes complexos fatores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A história da economia ambiental é relativamente nova quando consideramos como parâmetro a história da economia. De toda forma, desde seu princípio as implicações do clima no crescimento econômico são preocupações e alvos de debate ativos – todavia, os resultados são plurais e há um longo caminho pela frente a fim de estabelecer um firme consenso. Até meados da década de 60, a eficiência alocativa dos fatores se mostrava suficiente e sustentável ao longo do tempo e, de maneira geral, o meio ambiente e os recursos naturais em geral eram vistos como uma externalidade de pouca importância no impacto dos sistemas de produção.

É evidente que a preocupação com a escassez de recursos fósseis surgiria em algum momento. Isso se concretizou na década de 70, momento que contamos com a realização da Conferência de Estocolmo em 1972 organizada pela ONU onde Maurice Strong¹ cunhou o termo “ecodesenvolvimento”, provocado pela ausência de um termo que representasse a necessidade de preservação do meio ambiente conjugada com a melhoria das condições socioeconômicas da população. De acordo com Ignacy Sachs, outro precursor da economia ambiental e contemporâneo a Strong, o termo “ecodesenvolvimento” foi posteriormente conhecido, disseminado e popularizado na Eco-92 como “desenvolvimento sustentável”, servindo como um princípio orientador de ações a partir daquele momento (ARAÚJO; BARROSO; SOUZA, 2017).

Sachs (1986) já trazia em sua obra o papel do “terceiro mundo” no desenvolvimento sustentável. Em estudos mais recentes, Tol (2018) indica que o subdesenvolvimento e a vulnerabilidade às mudanças climáticas andam lado a lado. Estima-se ainda que além da vulnerabilidade, a contribuição histórica para as mudanças climáticas tem essa mesma relação inversa em relação aos impactos climáticos, de forma que os países que menos contribuíram para a emissão de gases do efeito estufa são os mais suscetíveis a seus resultados (IPCC, 2023).

Na seção anterior vimos que o fenômeno acima pode ser um reflexo de três principais fatores de acordo com Millner e Dietz (2014): localização geográfica, sensibilidade e debilitada capacidade adaptativa, sendo uma das mais notórias

¹ Secretário-geral da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano (Conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972).

justificativas a economia ser baseada em sistemas agrícolas. Além do autor, Nordhaus (2019) também indica que os efeitos potenciais serão provavelmente concentrados em sistemas naturais, assim como em regiões tropicais e de baixa renda, tal qual a América Latina.

No estudo de Tol (2018), argumenta-se que os impactos das mudanças climáticas são diversos, sendo que sua dimensão e natureza benéfica/maléfica variam de acordo com setor, localização e período a serem considerados – mas sendo severos em países menos desenvolvidos, efeito este causado essencialmente pela vulnerabilidade advinda da condição de pobreza. Deryugiana e Hsiang (2014) trazem a hipótese de que países serem pobres e terem sua renda fortemente atrelada ao meio ambiente é uma relação de correlação e não de causa, podendo ocorrer porque os mesmos fatores que condicionam os indivíduos à pobreza são os que fazem com que sua renda seja sensível ao clima. Ainda propõe que se o alto custo marginal de adaptação da agricultura for o que os tornam mais vulneráveis ao clima, ao invés da pobreza, que se diminuam os custos de adaptação agrícola para criar uma resiliência climática nesses países.

Apesar de essa ser uma narrativa (não equivocada) extremamente difundida na literatura da economia ambiental, há de se considerar que por mais que os efeitos de temperatura encontrem maior espaço de alastramento em ecossistemas naturais e daqueles deles dependentes, seria imprudente relevar que, além de os impactos climáticos serem muito mais abrangentes que os aumentos de temperatura, não só a agricultura seria afetada e não seria só essa a preocupação dos subdesenvolvidos.

Foge do escopo deste trabalho – para não dizer que seria improdutivo – destacar as potenciais consequências englobadas pelas mudanças no clima. No entanto, observando a relevância de destacar que essa pesquisa engloba os impactos causados não se limita a um estudo das altas temperaturas sobre os efeitos econômicos, nos cabe por citar alguns dos resultados provenientes desses aumentos. Para citar alguns: mudanças nos padrões de precipitação, ondas de calor, enchentes, aumento dos níveis do mar, secas, erosões florestais, escoamento de rios, ciclones tropicais, insegurança alimentar, entre outros. Em particular, é perceptível que suas atribuições a influência antrópica e respectiva contribuição aos aumentos de temperatura tem se fortalecido com o tempo, sendo que a dimensão e magnitude

desses eventos são ainda maiores do que previstas em estudos anteriores (IPCC, 2023).

Nordhaus (2019) traz a reflexão abaixo:

A melhor evidência é a de que impactos das mudanças climáticas serão não lineares e cumulativos. Estudos iniciais (EPA 1989)² de diferentes setores da economia indicaram que os primeiros 1 ou 2°C de aquecimento dificilmente irão causar maiores efeitos disruptivos na agricultura e na maioria do restante dos setores da economia, particularmente se o aquecimento for gradual e agricultores e outros participantes puderem adaptar suas tecnologias. No entanto, evidências mais recentes, como por exemplo no relatório de 2018 do IPCC (IPCC, 2014, 2018), sugerem que até mesmo um aquecimento de 2°C tem um potencial altamente disruptivo à humanidade, particularmente em sistemas naturais. (NORDHAUS, 2019, p. 449, tradução nossa).³

O apontamento de que os impactos esperados são não lineares e cumulativos apontados acima por Nordhaus nos leva a crer que, por exemplo, caso as mudanças climáticas dobrem, seus impactos mais que dobrarão (TOL, 2018). Melhorias tecnológicas são cruciais para aumentar a adaptabilidade de sistemas agrícolas às mudanças climáticas (CARTER et al., 2018), sendo um aliado indispensável do crescimento econômico (SOLOW, 1956). No entanto, mesmo considerando que o aumento das temperaturas seja gradual, a adaptação dos países à tecnologia moderna necessária para mitigar os efeitos dessas mudanças encontra limitação nos menos desenvolvidos (TOL, 2018), atribuída a sua débil capacidade adaptativa apontada por Millner e Dietz (2014).

Apesar de parte da literatura de economia ambiental promover a redução de emissões de CO₂, originária da queima de combustíveis fósseis, Tol (2018) aponta

² Estudo publicado pela Environmental Protection Agency (EPA) (Agência de Proteção do Meio Ambiente) em 1989 intitulado Potential Effects of Global Climate Change on the United States (Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas Globais nos Estados Unidos).

³ “Impacts have been carefully studied in reports of the IPCC as well as by private scholars. The best evidence is that impacts of climate change will be non-linear and cumulative. Early studies (EPA 1989) of the economics of different sectors indicated that the first 1 or 2°C of warming are unlikely to have major disruptive effects on agriculture and most other economic sectors, particularly if warming is gradual and farmers and other participants can adapt their technologies. More recent evidence, for example in the 2018 IPCC report on 1.5°C (IPCC 2014, 2018), suggests that even 2°C warming can be highly disruptive to human and particularly natural systems” (NORDHAUS, 2019, p. 449).

que políticas climáticas globais de mitigação tem potencial de aumentar os impactos das mudanças climáticas em países pobres por conta da sua menor parcela de recursos disponível. O trade-off que tragicamente enfrentamos como país não desenvolvido é o de eventualmente ter de escolher entre um menor crescimento ou uma menor pegada ambiental em vista das maneiras alheias de amenização dos efeitos extremos das mudanças climáticas. O Relatório de Desenvolvimento Humano de 2007: combatendo a mudança climática: solidariedade humana em um mundo dividido ilustra a desigualdade de contribuição ao aquecimento global: de acordo com o relatório, os 23 milhões de habitantes do Texas contribuem em mesma intensidade para emissões de gás carbônico que os 690 milhões de habitantes da África subsaariana (PNUD, 2007).

Se imaginarmos que nossos (exíguos) recursos forem destinados a solucionar a problemática global do clima, problemática essa a qual os não desenvolvidos tiveram menor participação em originar⁴ (IPCC, 2023), restariam ainda menos recursos suficientes para investir em nosso próprio crescimento e desenvolvimento – o qual, inclusive, pode ser considerado determinante da própria condição de vulnerabilidade (MILLNER; DIETZ, 2014; CUADRA et al., 2018; IPCC, 2023; DERYUGIANA; HSIANG, 2014; DELL; JONES; OLKEN, 2012; TOL, 2018). Apesar disso, o Brasil corre sérios riscos ao escolher não se posicionar frente a essa realidade: a falta de ações imediatas para a mitigação das mudanças climáticas já culminou e pode culminar em mais danos irreversíveis ao território brasileiro.

Por mais que tenhamos percebido um avanço na literatura brasileira sobre heterogeneidade regional e climática, além de choques em regiões específicas, estes não são suficientes para analisarmos a evolução da economia ao longo do tempo. Santos, Oliveira e Ferreira Filho (2022) apontam três principais motivos para o Brasil ser um interessante caso de estudo, sendo eles a localização em um território tropical e subtropical – identificado como mais vulnerável –, a importância da agricultura na geração de empregos e renda e, finalmente, a relevância no mercado internacional pela exportação de produtos agrícolas. A pesquisa ainda exprimiu que as mudanças climáticas devem causar uma retração no PIB nacional,

⁴ Com exceção da China, que até 2015 era responsável por 22% das emissões globais de CO₂ na atmosfera (MILLNER; DIETZ, 2014).

sendo mais severa em regiões mais agrícolas – particularmente os especializados na produção de soja como o Centro-Oeste e o Nordeste. Ademais, os impactos negativos serão mais intensos em trabalhadores e famílias mais pobres, prejudicando seu poder de consumo e bem-estar (SANTOS; OLIVEIRA; FERREIRA FILHO, 2022; MARENGO; 2014).

O estudo de Cuadra et al. (2018) indica que os recursos hídricos ainda poderão ser afetados de diversas maneiras pelas mudanças climáticas. As elevações nos níveis de evapotranspiração e redução de precipitação projetadas para o semiárido nordestino apontam para um aumento da demanda hídrica, potencializando um processo análogo ao de desertificação dos solos (CUADRA et al; 2018; MORAES; 2010; MARENGO, 2014).

Moraes (2010) destaca a heterogeneidade dos impactos dos aumentos de temperatura ao redor do Brasil e estima que de 2010 a 2020 os estados nordestinos tenham uma queda de 4,07% do PIB real, enquanto o Brasil teria uma queda de 0,28% nas mesmas condições⁵. Para efeitos de comparação, isto equivaleria a um montante de R\$ 5,158 bilhões se o cenário pesquisado ocorresse no ano de 2005. O Centro-Oeste sofreria com uma queda de 10,08% no volume de exportações, majoritariamente decorrente da repercussão na cultura da soja, de modo que o PIB regional sofreria uma queda de 2,98%. De forma alternativa, o Sudeste, particularmente São Paulo, teria o produto impactado positivamente pelos aumentos de temperatura, explicado pela relevância da cana-de-açúcar no perfil agrícola da região.

Ainda que esses resultados positivos economicamente sejam vistos no Sudeste, é de relevância apontar que o aumento projetado dos extremos de precipitação na região, assim como no Sul, pode ser associado ao aumento de frequência de desastres naturais, como deslizamentos e enchentes. A segregação residencial de forte presença na região acaba produzindo uma vulnerabilidade das classes de menor poder aquisitivo a eventos climáticos extremos pela inviabilidade econômica de residirem em localidades mais seguras (REIS, 2015). Análises de vazões de rios no Brasil apontaram aumentos entre 2-30% na Bacia do Rio Paraná e regiões vizinhas, condizente com as tendências de chuvas da região, de forma a

⁵ Considerando o cenário A2 elaborado pelo IPCC, sendo esse o mais pessimista e indicando altas projeções de gases do efeito estufa na atmosfera.

potencialmente mudar a frequência de enchentes e secas. Esses eventos acabam por afetar a produção de alimentos, geração de energia, segurança hídrica, padrões de migração, enfim, a economia da região como um todo (MARENGO, 2014).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas aponta que até 2040 o Nordeste pode vir a sofrer um aumento médio de 0,5°C até 1°C na temperatura média, tendo ainda um decréscimo médio de até 20% no nível de precipitação pluviométrica (PBMC, 2012). Souza et al (2013) estima que a perda do bem-estar relacionada a saúde devido às mudanças climáticas atinjam até 4,7% do PIB por meio de eventos climáticos extremos, mudanças determinantes da saúde (insegurança alimentar, aumento do risco de doenças infecciosas etc.) e os efeitos climáticos sobre os processos sociais (como por exemplo migrações advindas de secas prolongadas). Ademais, Oliveira e Medeiros (2019) determinam que no estado do Ceará cada um mês adicional de seca severa representa um aumento da taxa de mortalidade em aproximadamente um óbito de criança menor de 5 anos para cada mil nascidas com vida.

Podemos ver que de diferentes formas e dimensões somos afetados pelas mudanças no clima, cada região com sua particularidade. O presente estudo busca se aprofundar nos dados acerca dos impactos econômicos causados pelas mudanças climáticas no Brasil a fim de quantificá-los e analisar sua influência no produto nacional, de forma a contribuir para futuras pesquisas e principalmente evidenciar as severas consequências potenciais da negligência ao meio ambiente no Brasil.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente seção busca detalhar a abordagem metodológica selecionada para a pesquisa, definindo as categorias das variáveis de mudanças climáticas e crescimento econômico a fim de relacioná-las entre si e, finalmente, descrevendo o modelo econométrico o qual se utilizou no trabalho.

3.1 DELINEAMENTO

Nesta seção serão abordados os métodos e técnicas de pesquisa utilizados na confecção do presente trabalho. Inicialmente a pesquisa será delimitada em termos de complexidade, método, caráter e tipo e depois serão discorridas as formas de operacionalização, tais como a coleta de dados, definição da amostra, população e período.

Em termos de complexidade, adota-se a metodologia descritiva, visto que busca estimar a relação entre as mudanças climáticas e o crescimento de riqueza do Brasil. Para Gil (2017), o objetivo principal dessa forma de pesquisa é a descrição das características de uma população, fenômeno ou estabelecimento de relação entre as variáveis. Utiliza-se o método indutivo, de forma que são feitas observações particulares para afirmar uma veracidade de modo geral (LASTA, 2018). De acordo com Lakatos e Marconi (2005), “o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam”.

Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa caráter aplicado e tipo quantitativo, dado que é caracterizada pela coleta e análise de dados numéricos com o objetivo de mensurar metricamente os resultados entre as variáveis, sendo também constituída da aplicação prática do conhecimento em uma circunstância específica (GIL, 2017).

3.1.1 Formas de Operacionalização do Estudo

Em um primeiro momento, realizou-se uma pesquisa e revisão bibliográfica nas áreas que concernem a economia do meio ambiente, avaliando estudos que

abordam as mudanças climáticas, seu histórico de impactos e de tentativas de mitigação e sua (cor)relação com o crescimento econômico, dando um enfoque inicial aos países não desenvolvidos como um todo e posteriormente evidenciando o caso brasileiro. Como referência, foram utilizadas monografias, teses e dissertações de graduação, mestrado e doutorado, relatórios científicos, periódicos e artigos publicados em revistas e jornais conceituados, majoritariamente selecionados a partir de fontes como o portal da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Repositórios Institucionais, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Google Acadêmico.

Em um segundo momento, foi realizado o levantamento de dados secundários, sendo estes dados oficiais que representem as mudanças climáticas e o crescimento econômico, formando duas categorias de análise da pesquisa representadas na próxima subseção.

3.1.2 Categorias de Variáveis

As categorias de variáveis serão divididas em:

a) Mudanças climáticas

Atividades antrópicas têm indubitavelmente causado aumentos médios de temperatura global, majoritariamente causados pela alta, contínua e historicamente desigual emissão de gases do efeito estufa advindas de padrões insustentáveis de consumo e produção. Tais fatores implicam em eventos extremos de temperatura e clima, assim como na difusão de efeitos adversos – para não dizer potencialmente catastróficos - nas economias e populações em todas as regiões do globo (IPCC, 2023).

Com a finalidade de mensurar as alterações no clima, a variável selecionada para representar a presente categoria será The Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) desenvolvida por Vicente-Serrano (2010) e disponibilizado pela Universidade de East Anglia, um índice com a proposta de detectar, monitorar e analisar períodos de secas, levando em consideração potenciais efeitos de variações e extremos de temperatura na avaliação de secas.

Semelhante ao índice Standardised Precipitation Index (SPI), que leva em consideração apenas os dados de precipitação, o SPEI se diferencia por se tratar de um índice aprimorado para estudar as consequências dos aumentos de temperatura na gravidade das secas e demanda hidrológica. Tem como base a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, variando em valores entre -5 e 5, no qual valores menores indicam graus mais fortes de seca e valores maiores graus mais altos de umidade (FARZANEGAN; FEIZI; GHOLIPOUR, 2020). O estudo de Vicente-Serrano (2010) assinala ainda que os progressivos aumentos de temperatura em um contexto de aquecimento global são captados pelo SPEI por meio de crescentes incidências de secas e suas respectivas durações, o que não foi verificado para o índice SPI. O SPEI ainda captou com sucesso os principais eventos de seca registrados pelo SPI, apresentando uma evolução muito similar.

Será utilizado como categorização do SPEI a escala presente na Tabela 1, baseada o estudo de Vicente-Serrano (2010), de forma a classificar os diferentes níveis de seca e umidade da região por meio do índice.

Tabela 1 - Classificação da variável SPEI

SPEI	Categoria
>=2	Extremamente úmido
1.5 a 1.99	Muito úmido
1.0 a 1.49	Moderadamente úmido
-0.99 a 0.99	Normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muito seco
<= -2.0	Extremamente seco

Fonte: elaborado pela autora a partir de Vicente-Serrano (2010).

O Monitor de Secas⁶ brasileiro, coordenado pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, também utiliza o SPEI para classificar e acompanhar o grau de severidade das secas no Brasil. A metodologia de classificação difere da utilizada por Vicente-Serrano (2010) e fora adaptada do Centro Nacional de Mitigação de Secas dos

⁶ Iniciado em 2014 por iniciativa do Ministério da Integração Nacional e assistência técnica do Banco Mundial, o projeto teve como foco o estudo das secas no Semiárido, iniciando pelo Nordeste. Hoje, o monitor aborda a nível nacional o monitoramento de secas, divulgando mensalmente mapas a nível estadual para acompanhamento.

Estados Unidos⁷, de forma que classificam o SPEI em termos de secas (GONÇALVES *et al.*, 2021), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação alternativa ao SPEI

SPEI	Categoria
>= -0,49	Normal/úmido
-0,5 a -0,79	Seca Fraca
-0,8 a -1,29	Seca Moderada
-1,3 a -1,59	Seca Grave
-1,6 a -1,99	Seca Extrema
<= -2,0	Extremamente seco

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Gonçalves *et al.*, 2021.

Os dados foram disponibilizados por meio da Climatic Research Unit of the University of East Anglia⁸, sendo coletados, padronizados e ajustados pelo Observatório Regional de Energia e Economia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Santa Catarina (ROEEE, UFSC) e estão inseridos em uma base anual em nível municipal durante o período de 2002 a 2021. O Anexo A contempla todos os 39 municípios que foram excluídos da análise por não existirem dados do índice SPEI disponíveis no período analisado.

b) Crescimento Econômico

Uma das maneiras de quantificar o crescimento econômico é por meio de mensuração da riqueza. Neste estudo, será utilizado como métrica o PIB *per capita* como forma de mensurar a renda brasileira total e individual, sendo estimado pelo quociente entre o valor do PIB do município por sua população residente. Os dados foram extraídos a partir do Censo Agropecuário disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), provendo dados em base anual do Produto Interno Bruto *per capita* a nível municipal durante o período de 2002 a 2021.

O período do estudo foi delimitado pela disponibilidade de dados do IBGE. Além disso, levou-se em consideração que para os períodos anteriores a 2010 o Instituto realizou uma retropolação de dados anteriores a 2010 até 2002, levando em conta as alterações propostas pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas 2.0

⁷ National Drought Mitigation Center, agência de planejamento e monitoramento de secas dos Estados Unidos.

⁸ Unidade de Pesquisa climática da Universidade de East Anglia, no Reino Unido

(CNAE 2.0) de 2010. Dessa forma, tendo em vista a disponibilidade de informações para o período, houve uma mudança de metodologia nos dados divulgados a partir de 2002.

Ainda nesse sentido, faz-se importante destacar que muitos municípios foram emancipados no período de 1991-2000 e oficialmente elevados a categoria de município por fim no ano de 2001, ano a partir do qual se fizeram presentes na base de dados. Lê-se:

O período 1991-2000 expõe outro momento de significativo aumento do número de municípios em quase todas as unidades federativas, o que, em boa medida, reflete o período de descentralização política oferecido pela Constituição Federal de 1988. Entretanto, na década seguinte – 2000-2010 – poucos foram os estados onde se observou aumentos expressivos no montante de municípios, dentre esses se destacam o Rio Grande do Sul e Tocantins, nos demais praticamente não houve novas emancipações. (IBGE, 2011, p. 18)

Destaco ainda que, de acordo com o mesmo autor, no período de 1991 a 2000 foram emancipados 1.016 municípios, representando um acréscimo de 18% no total nacional, e que em 2001-2002 surgiram apenas 58 novos municípios, representando 1% do total – com foco para o ano de 2001 que representou 55 desses novos municípios. Com a finalidade de analisar o máximo número de municípios possível e evitar a necessidade de desconsideração municípios, o período determinado para o presente estudo contempla os anos de 2002 a 2021. O Anexo B contempla todos os 58 municípios que se emanciparam até 2002 que seriam desconsiderados do estudo caso a determinação do período do estudo fosse diferente.

Também pontuo que essa menor parcela de municípios emancipados após 2002 serão desconsiderados no presente estudo, visto que fica impossibilitado o cálculo da média necessária para a realização do modelo econométrico na comparação dos dois períodos. A Tabela 3 traz os 10 municípios que foram emancipados após 2002 e, portanto, desconsiderados do estudo.

Tabela 3 - Municípios emancipados após 2002

Estado	Município	Ano de Emancipação
Mato Grosso	Ipiranga do Norte	2005
	Itanhangá	2005
Mato Grosso do Sul	Figueirão	2005
	Paraíso das Águas	2013
Pará	Mojuí dos campos	2013
Piauí	Aroeiras do Itaim	2005
	Nazária	2009
Santa Catarina	Balneário Rincão	2013
	Pescaria Brava	2014
Rio Grande do Sul	Pinto Bandeira	2013

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2011).

Sendo assim, por motivo de padronização de metodologia e de divisão territorial nacional, o presente estudo delimita a amostra de 2002 até 2021, totalizando assim 5.521 municípios brasileiros.

3.1.2.1 *MODELO ECONOMÉTRICO*

A partir do levantamento de dados descrito na seção anterior, será adotado um modelo econométrico no formato de longas diferenças, de forma a estimar mudanças no crescimento econômico como uma função das mudanças climáticas em um nível municipal. Utiliza-se como referência o estudo de Burke e Emerick (2016), que opta por um modelo de longas diferenças para estimar os impactos das mudanças de temperatura na agricultura estadunidense.

O modelo de longas diferenças tem por objetivo analisar a mudança de uma variável entre dois períodos possivelmente provocada pela ocorrência de um evento ou fenômeno, estimando o efeito causado. O modelo é uma variação estimada por um estimador convencional linear, sendo o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários o utilizado no trabalho. Esse método nos permite quantificar o efeito da ocorrência das mudanças climáticas (medidas pelo SPEI) no crescimento econômico (medido pelo PIB *per capita*) do primeiro período para o segundo.

Assim sendo, no presente estudo os dados são divididos em dois períodos e categorizados pelas duas variáveis. A fim de evitar valores atípicos na série, visto que o objetivo do estudo não é analisar o efeito de desastres ambientais extraordinários

sobre o crescimento econômico, calcular-se-á a média dos cinco primeiros e os cinco últimos anos do período, determinando as médias de 2004 e 2019.

Logo, o primeiro período será determinado pelas médias das variações do PIB *per capita* (variável dependente) por município e do índice SPEI (variável independente) por município de 2002 a 2006. Seguindo no mesmo sentido, o segundo período determinado pelas médias das variações de 2017 a 2021 da mesma amostra, formando as médias de 2004 e 2019 respectivamente. Então, considerando os dois períodos plurianuais como a e b, cada um abrangendo n anos:

t é o período completo de 2002 a 2021

a é o período de 2002 a 2006

b é o período de 2017 a 2021

n é a quantidade de anos contidos no período

Portanto, consideramos que a média do PIB *per capita* (y) dos municípios

(i) de 2002 a 2006 (a) é calculada por:

$$\overline{y_{ia}} = \frac{\sum_{t \in a} y_{it}}{n} \quad (1)$$

Sendo o mesmo para o período de 2017 a 2021 (b):

$$\overline{y_{ib}} = \frac{\sum_{t \in b} y_{it}}{n} \quad (2)$$

Da mesma forma que o SPEI médio (λ) dos municípios (i) será $\overline{\lambda_{ia}}$, representando a média $\overline{\lambda_{it}}$ no período de 2002 a 2006 (a) e 2017 a 2021 (b):

$$\overline{\lambda_{ia}} = \frac{\sum_{t \in a} \lambda_{it}}{n} \quad (3)$$

$$\overline{\lambda_{ib}} = \frac{\sum_{t \in b} \lambda_{it}}{n} \quad (4)$$

Sendo assim, o modelo de regressão definirá a média do PIB *per capita* dos municípios como variável dependente e a média do SPEI dos municípios como

variável independente. Aplicando o MQO para ambos períodos a fim de estimar o modelo de longas diferenças, o período a respeita a seguinte equação:

$$\overline{y_{ia}} = \beta_0 + \beta_1 \overline{\lambda_{ia}} + \overline{\mu_{ia}} \quad (5)$$

O período b similarmente definido por:

$$\overline{y_{ib}} = \beta_0 + \beta_1 \overline{\lambda_{ib}} + \overline{\mu_{ib}} \quad (6)$$

Aplicando o modelo de longas diferenças de maneira a calcular a diferença das médias de cada variável durante o período a e b , obtemos que:

$$\overline{y_{ib}} - \overline{y_{ia}} = \beta_0 + \beta_1 (\overline{\lambda_{ib}} - \overline{\lambda_{ia}}) + (\overline{\mu_{ib}} - \overline{\mu_{ia}}). \quad (7)$$

Também reescrita como:

$$\Delta \overline{y}_i = \beta_0 + \beta_1 \Delta \overline{\lambda}_i + \Delta \overline{\mu}_i. \quad (8)$$

em que:

y é a renda *per capita*

β_0 é uma constante positiva que representa o intercepto da função

β_1 é o coeficiente de regressão

λ é o índice SPEI

μ é o termo de erro aleatório

i é o indexador dos municípios

De maneira que a diferença das médias do SPEI $\Delta \overline{\lambda}_i$ terão seu efeito captado na diferença das médias do PIB *per capita* $\Delta \overline{y}_i$ por meio do coeficiente de regressão β_1 .

O modelo será aplicado a nível nacional, utilizando-se de toda a amostra de municípios brasileiros da pesquisa, assim como a nível macrorregional a fim de

assegurar a análise de particularidades de cada região. Serão utilizadas no estudo as cinco macrorregiões brasileiras, sendo estas Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste⁹. O modelo também será estimado para os estados brasileiros, a fim de captar particularidades regionais.

A partir do modelo, espera-se verificar uma relação negativa entre a variável dependente (PIB *per capita*) e a variável independente (SPEI), de maneira a indicar que existe um efeito inverso entre crescimento econômico e impacto da ocorrência de secas lideradas pelos constantes aumentos de temperatura média nos municípios brasileiros no período de 2002 a 2021. Por mais que a ocorrência de eventos extremos como desastres ambientais pontuais decorrentes de fortes chuvas tenham potencial de depreciar o produto e a renda, não se espera que esses efeitos sejam captados por meio da metodologia linear aplicada, visto que o cálculo de médias dos anos tende a suavizar valores extremos e os impactos possivelmente apresentam características não lineares.

Reitera-se que o PIB *per capita* nacional é uma variável cujas influências de maior escala se devem a fatores macroeconômicos, como índice de atividade econômica, formação bruta de capital fixo, gastos governamentais, entre outros (BLANCHARD, 2007). Portanto, para fins de análise quantitativa, as mudanças climáticas serão tratadas como externalidades na economia. Espera-se ainda que o impacto da variável independente tenha um potencial explicativo modesto sobre as mudanças no crescimento econômico, de modo que as proporções de impacto sejam limitadas, mas não ínfimas.

⁹ A definição destas cinco regiões brasileiras foi elaborada em 1968 e publicada em 1970 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na publicação *Divisão do Brasil em microrregiões homogêneas: 1968*, substituindo a divisão geográfica vigente desde 1942 a fim de levar em consideração aspectos de natureza fisiográfica e de posição geográfica. A principal alteração foi a criação do Centro-Oeste e exclusão da região Leste (IBGE, 2017).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises estatísticas realizadas no trabalho. A primeira parte aborda a análise descritiva dos dados, analisando as variáveis representativas do crescimento econômico e mudanças climáticas, tal qual sua evolução do primeiro período para o segundo. A segunda e última parte é referente a análise do modelo de longas diferenças estimado e seus resultados.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

4.1.1 Crescimento econômico

A etapa inicial da análise conta com o estudo das mudanças nas variáveis na média de 2004, representado pelo período *a* (média simples durante os anos de 2002 a 2006), a média de 2019, representado pelo período *b* (média simples de 2017 a 2021). Na base do estudo, na média de 2004 o PIB *per capita* mais elevado pertenceu à região Sul, seguido do Centro-Oeste, Sudeste, Norte e, por fim, Nordeste. Na média de 2019, o Centro-Oeste liderou, ultrapassando a região Sul em segundo lugar, seguida do Sudeste, Norte e Nordeste, permanecendo novamente em última posição.

Tabela 4 - Evolução do PIB *per capita* das macrorregiões nos períodos *a* e *b*

	PIB <i>per capita</i>	
	<i>a</i>	<i>b</i>
Brasil	R\$ 6.829,07	R\$ 26.265,14
Nordeste	R\$ 3.308,83	R\$ 13.233,62
Norte	R\$ 4.436,90	R\$ 20.223,93
Centro-Oeste	R\$ 9.468,30	R\$ 39.080,83
Sudeste	R\$ 8.483,82	R\$ 29.395,68
Sul	R\$ 9.691,25	R\$ 38.815,31

Fonte: elaborado pela autora a partir de IBGE.

Abaixo da média nacional, restaram as macrorregiões Nordeste e Norte em ambos os períodos. A fim de representar as individualidades econômicas dos estados para além das macrorregiões, estão listados na Tabela 5 os estados brasileiros e respectivos PIB *per capita* nos dois períodos.

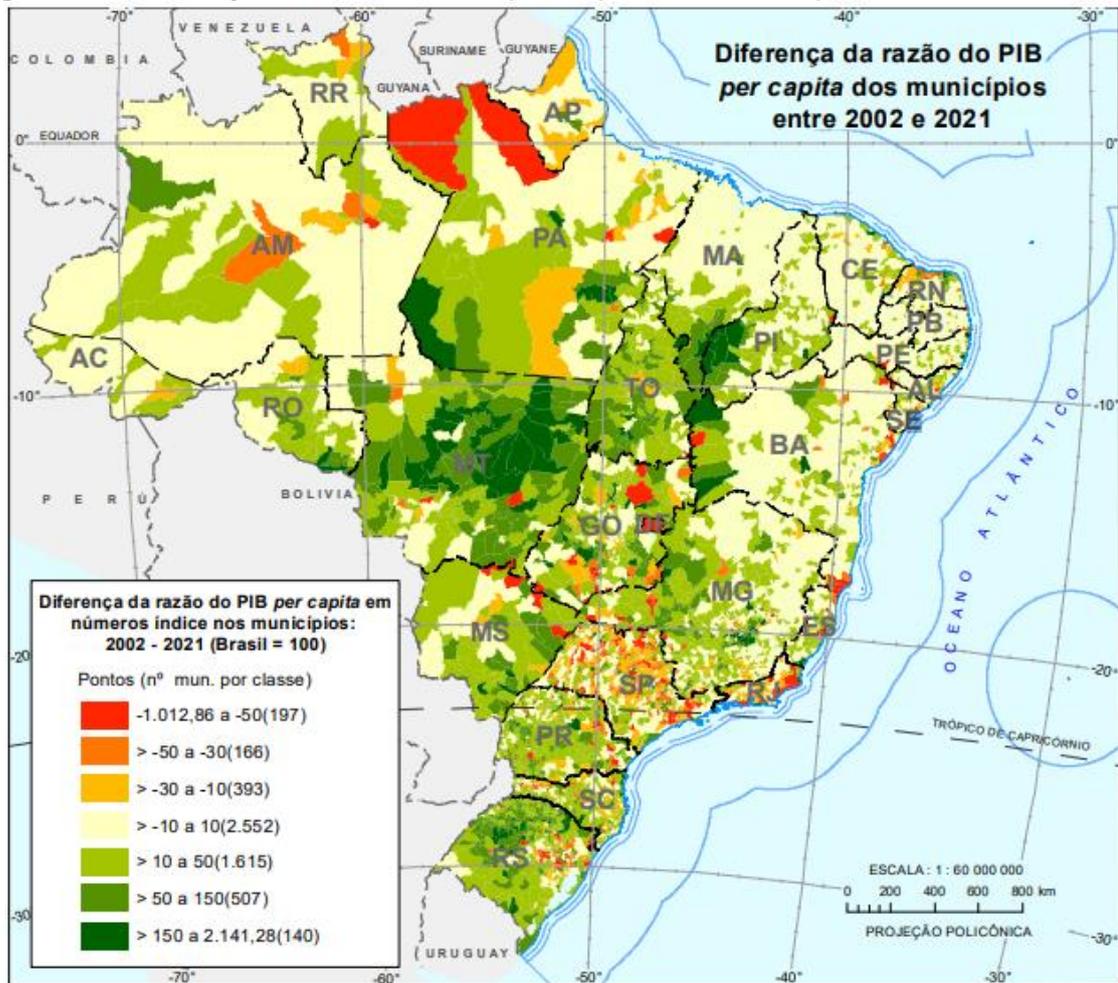
Tabela 5 - Evolução do PIB *per capita* dos estados nos períodos a e b

Estado	Macrorregião	Período	
		a	b
Acre	Norte	R\$ 4.412,99	R\$ 15.564,83
Alagoas	Nordeste	R\$ 3.711,96	R\$ 15.607,02
Amapá	Norte	R\$ 5.553,35	R\$ 19.548,20
Amazonas	Norte	R\$ 3.112,38	R\$ 11.742,39
Bahia	Nordeste	R\$ 3.822,23	R\$ 13.829,74
Ceará	Nordeste	R\$ 2.774,42	R\$ 11.996,05
Distrito Federal	Centro-Oeste	R\$ 29.657,76	R\$ 87.333,61
Espírito Santo	Sudeste	R\$ 7.748,35	R\$ 29.879,86
Goiás	Centro-Oeste	R\$ 8.304,37	R\$ 32.193,92
Maranhão	Nordeste	R\$ 2.470,96	R\$ 11.513,50
Mato Grosso	Centro-Oeste	R\$ 10.105,08	R\$ 45.090,81
Mato Grosso do Sul	Centro-Oeste	R\$ 10.987,00	R\$ 45.304,66
Minas Gerais	Sudeste	R\$ 5.886,65	R\$ 22.930,92
Pará	Norte	R\$ 4.136,52	R\$ 20.411,08
Paraíba	Nordeste	R\$ 3.037,15	R\$ 11.264,34
Paraná	Sul	R\$ 8.707,15	R\$ 35.393,78
Pernambuco	Nordeste	R\$ 3.164,22	R\$ 13.111,81
Piauí	Nordeste	R\$ 2.132,09	R\$ 12.384,96
Rio de Janeiro	Sudeste	R\$ 16.144,73	R\$ 41.230,36
Rio Grande do Norte	Nordeste	R\$ 4.223,82	R\$ 16.348,11
Rio Grande do Sul	Sul	R\$ 10.209,58	R\$ 41.991,49
Rondônia	Norte	R\$ 5.787,50	R\$ 24.580,82
Roraima	Norte	R\$ 5.437,50	R\$ 19.204,50
Santa Catarina	Sul	R\$ 10.327,76	R\$ 38.325,59
São Paulo	Sudeste	R\$ 10.910,92	R\$ 36.220,31
Sergipe	Nordeste	R\$ 6.008,80	R\$ 15.574,44
Tocantins	Norte	R\$ 4.625,90	R\$ 23.277,35

Fonte: elaborado pela autora a partir de IBGE.

Além dos estados que compõe o Centro-Oeste, liderando a lista de maiores PIB *per capita* do país, logo em seguida estão os estados do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, seguido de Santa Catarina. A Figura 1 traz visualmente as maiores mudanças ocorridas no PIB *per capita* entre 2002 e 2021, período de amostra do presente estudo, chamando novamente atenção para o Centro-Oeste.

Figura 1 - Diferença da razão do PIB *per capita* dos municípios entre 2002 e 2021¹⁰



Fonte: IBGE (2023b)

O estudo de IBGE 2023a destaca que em 2021 que os grandes Centros Urbanos do Centro-Sul são responsáveis pelos maiores valores do PIB *per capita* observados, assim como regiões em que vemos uma combinação de atividade Agropecuária substancial e pequena população, como a região central do Mato Grosso, municípios do sul de Goiás e leste do Mato Grosso do Sul, de modo que o Centro-Oeste passou a liderar entre as macrorregiões em termo de crescimento.

A região com crescimento nominal no PIB *per capita* mais enxuto dentre as analisadas ao longo do período foi o Sudeste. Se faz importante notar que as capitais e agregações municipais de grande participação no PIB foram substancialmente afetadas em decorrência das medidas restritivas de isolamento, resultado da

¹⁰ "A razão do PIB *per capita* corresponde à proporção do PIB *per capita* local ante o PIB *per capita* do Brasil num dado ano. Assim, para o mapa, foi calculada a razão do PIB *per capita* dos municípios ante o PIB *per capita* do Brasil em 2002 e em 2021 e extraída a diferença entre os valores de cada data" (IBGE, 2023b).

pandemia COVID-19 em 2020. Nesse sentido, destacam-se os municípios de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) nos registros de maiores quedas de participação no PIB nacional, sendo estes as duas maiores concentrações urbanas do país. Por sua atividade econômica ser altamente concentrada em serviços e atividades financeiras, verificou-se uma tendência desde 2020 de desconcentração econômica municipal, que foi mantida em 2021 - o que pode ser verificado na Figura 1 (IBGE, 2023a).

4.1.2 Mudanças climáticas

No que tange o SPEI, a Tabela 6 traz o comportamento do SPEI no período nas macrorregiões brasileiras com suas respectivas classificações.

Tabela 6 - Evolução e classificação do SPEI das macrorregiões nos períodos a e b

		SPEI	Vicente-Serrano (2010)	Gonçalves (2021)
Brasil	<i>a</i>	-0,29	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,73	Normal	Seca Fraca
Nordeste	<i>a</i>	-0,24	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,43	Normal	Normal
Norte	<i>a</i>	-0,67	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-0,74	Normal	Seca Fraca
Centro-Oeste	<i>a</i>	-0,46	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,41	Moderadamente Seco	Seca Grave
Sudeste	<i>a</i>	-0,26	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,15	Moderadamente Seco	Seca Moderada
Sul	<i>a</i>	-0,22	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,31	Normal	Normal

Fonte: elaborado pela autora.

Com base em Vicent-Serrano (2010), durante o período analisado duas regiões tiveram suas classificações alteradas: Centro-Oeste e Sudeste, mostrando uma tendência a um clima seco. Em Gonçalves (2010), as mesmas regiões sofreram as alterações de classificação, somado à mudança de classificação do SPEI a nível nacional. A Tabela 7 aborda os dados referente aos estados brasileiros e respectivas classificações a fim de captar os efeitos granulares que compõe a variável das macrorregiões.

Tabela 7 - Evolução e classificação do SPEI dos estados nos períodos a e b

Estado	Período	SPEI	Vicente-Serrano (2010)	Gonçalves (2021)
Acre	<i>a</i>	-0,68	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-0,90	Normal	Seca Moderada
Alagoas	<i>a</i>	-0,17	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,55	Normal	Seca Fraca
Amapá	<i>a</i>	-0,79	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-1,28	Moderadamente seco	Seca Moderada
Amazonas	<i>a</i>	-0,93	Normal	Seca Moderada
	<i>b</i>	-0,05	Normal	Normal
Bahia	<i>a</i>	-0,10	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,70	Normal	Seca Fraca
Ceará	<i>a</i>	-0,19	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,06	Normal	Normal
Distrito Federal	<i>a</i>	0,01	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,46	Moderadamente seco	Seca Grave
Espírito Santo	<i>a</i>	-0,14	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,36	Normal	Normal
Goiás	<i>a</i>	-0,34	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,42	Moderadamente seco	Seca Grave
Maranhão	<i>a</i>	-0,49	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,38	Normal	Normal
Mato Grosso	<i>a</i>	-0,53	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-1,91	Muito seco	Seca Extrema
Mato Grosso do Sul	<i>a</i>	-0,85	Normal	Seca Moderada
	<i>b</i>	-0,83	Normal	Seca Moderada
Minas Gerais	<i>a</i>	-0,03	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,76	Normal	Seca Fraca
Pará	<i>a</i>	-0,45	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,32	Normal	Normal
Paraíba	<i>a</i>	-0,09	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,39	Normal	Normal
Paraná	<i>a</i>	-0,58	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-0,56	Normal	Seca Fraca
Pernambuco	<i>a</i>	-0,16	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,56	Normal	Seca Fraca
Piauí	<i>a</i>	-0,51	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-0,26	Normal	Normal
Rio de Janeiro	<i>a</i>	-0,05	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,01	Moderadamente seco	Seca Moderada
Rio Grande do Norte	<i>a</i>	-0,14	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,29	Normal	Normal
Rio Grande do Sul	<i>a</i>	0,11	Normal	Normal
	<i>b</i>	0,03	Normal	Normal
Rondônia	<i>a</i>	-0,47	Normal	Normal
	<i>b</i>	-1,60	Muito seco	Seca Extrema

Roraima	<i>a</i>	-1,12	Normal	Seca Moderada
	<i>b</i>	-0,37	Normal	Normal
Santa Catarina	<i>a</i>	-0,29	Normal	Normal
	<i>b</i>	-0,55	Normal	Seca Fraca
São Paulo	<i>a</i>	-0,60	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-1,79	Muito seco	Seca Extrema
Sergipe	<i>a</i>	-0,54	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-0,55	Normal	Seca Fraca
Tocantins	<i>a</i>	-0,79	Normal	Seca Fraca
	<i>b</i>	-1,13	Moderadamente seco	Seca Moderada

Fonte: elaborado pela autora.

Destacam-se na relação acima as mudanças de classificação do Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Rondônia, indicando fortemente uma tendência de seca com o passar dos anos. Na média, não houveram no período estados ou regiões que passaram para uma classificação de “úmido” – apesar de que os municípios apresentem extremos. É importante destacar que por mais que as regiões estudadas apresentem biomas e características geográficas que, além de serem divergentes entre si, tendem a períodos de seca ou chuva, sejam eles breves ou extensos, a classificação do SPEI neste estudo é aplicada a partir da média simples calculada de cinco anos do índice, prezando por estimar um escopo geral de mudanças climáticas nas regiões. Não foi tratado, por mais relevante que seja, eventos extremos de clima e temperatura como eventos climáticos pontuais ou desastres ambientais de impacto no curto prazo nesse estudo, de forma que o que é analisado é a média ocorrida no período dos cinco anos iniciais e cinco anos finais.

A partir dos resultados explicitados e da elaboração da modelagem estatística, a evolução do PIB *per capita* e variável SPEI no período *a* (média de 2002 a 2006) e no período *b* (média de 2017 a 2021) são abordadas na próxima seção do capítulo.

4.2 RESULTADOS DO MODELO

O número total de observações na amostra selecionada, dada a limitação de disponibilidade de dados, totaliza 5.521 municípios brasileiros. As equações do modelo de longas diferenças foram estimadas por MQO, tratando-se, portanto, de um modelo linear de regressão. A Tabela 8 traz os resultados da regressão da variável dependente PIB *per capita* pela variável independente SPEI, seguido da significância estatística¹¹, estatística t e coeficiente de determinação R².

Tabela 8 - Resultado da regressão para as macrorregiões brasileiras

Variável dependente: PIB <i>per capita</i>					
	SPEI	P-valor		Estatística t	R²
Brasil	-2892.08	3.90e-11	***	-6.621	0.0078
Nordeste	-1264.29	0.0139	**	-2.461	0.0033
Norte	-3479.68	0.0068	***	-2.719	0.0163
Centro-Oeste	3484.48	0.0318	**	2.154	0.0103
Sudeste	-4905.25	0.0003	***	-3.656	0.0079
Sul	-162.672	0.8819		-0.1486	0.0000

Fonte: elaborado pela autora.

Nota: Os três asteriscos “***” representam 99% de confiança, enquanto “**” e “*” representam 95% e 90% de confiança, respectivamente. Espaços em vazio representam menos de 90% de confiança.

Há uma relação inversa entre PIB *per capita* e SPEI a nível nacional e nas regiões Nordeste, Norte e Sudeste com pelo menos 95% de confiança, de modo que um acréscimo no SPEI resultaria a uma perda de produto nas regiões; com exceção do Centro-Oeste, que demonstra se beneficiar de um acréscimo no SPEI e do Sul, que não atingiu um nível de confiança estatística. O Centro-Oeste obteve a maior média de PIB *per capita* no período b dentre as macrorregiões e apresentou o menor SPEI do mesmo período, sendo classificado como “moderadamente seco” e “seca grave” – no entanto, o modelo indica que há uma tendência da região de se beneficiar de um SPEI elevado, sugerindo que um clima menos seco favoreceria o produto do estado no período.

O Norte e Nordeste, representando os menores PIB *per capita* a nível regional, se mostram prejudicados por um acréscimo no SPEI. O Sudeste apresentou

¹¹ Os três asteriscos “***” representam 99% de confiança, enquanto “**” e “*” representam 95% e 90% de confiança, respectivamente. Espaços em vazio representam menos de 90% de confiança.

resultados similares, mas mais intensos – indicando que essa seria a região mais negativamente afetada por um acréscimo no SPEI. Analisados individualmente, apenas 10 estados apresentaram resultados de significância estatística de pelo menos 95% na regressão, sendo que o único deles a se beneficiar de um SPEI maior é o Mato Grosso. Os demais 9 estados são prejudicados por um aumento na variável.

Tabela 9 - Resultado da regressão para os estados brasileiros

Variável dependente: PIB <i>per capita</i>					
Estado	SPEI	P-valor		Estatística t	R2
Acre	-1392.33	0.1679		-1.431	0.0928
Alagoas	-10021.4	0.0054	***	-2.847	0.0749
Amapá	10998.8	0.3175		1.037	0.0712
Amazonas	554.277	0.2552		1.149	0.0215
Bahia	-203.969	0.8278		-0.217	0.0001
Ceará	-7033.83	0.0030	***	-3.012	0.0477
Espírito Santo	4530.02	0.7907		0.266	0.0009
Goiás	-741.256	0.8537		-0.184	0.0001
Maranhão	-2559.79	0.3525		-0.931	0.0040
Mato Grosso	8312.96	0.0031	***	3.014	0.0672
Mato Grosso do Sul	-5597.01	0.3468		-0.947	0.0130
Minas Gerais	-7239.86	0.0002	***	-3.690	0.0157
Pará	-15366.40	0.0309	**	-2.180	0.0330
Paraíba	-2287.12	0.0138	**	-2.483	0.0271
Paraná	525.648	0.6165		0.512	0.0006
Pernambuco	-6996.99	0.0072	***	-2.720	0.0397
Piauí	-5324.45	0.0419	**	-2.047	0.0186
Rio de Janeiro	-1121.40	0.8692		-0.165	0.0003
Rio Grande do Norte	997.168	0.7482		0.3216	0.0006
Rio Grande do Sul	4640.02	0.1522		1.434	0.0042
Rondônia	72.7727	0.9694		0.0385	0.0000
Roraima	2935.69	0.0899	*	1.832	0.2052
Santa Catarina	-7958.79	0.0059	***	-2.774	0.0257
São Paulo	2722.80	0.2593		1.129	0.0019
Sergipe	12482.8	0.0169	**	2.446	0.0757
Tocantins	-2035.81	0.2367		-1.188	0.0102

Fonte: elaborado pela autora

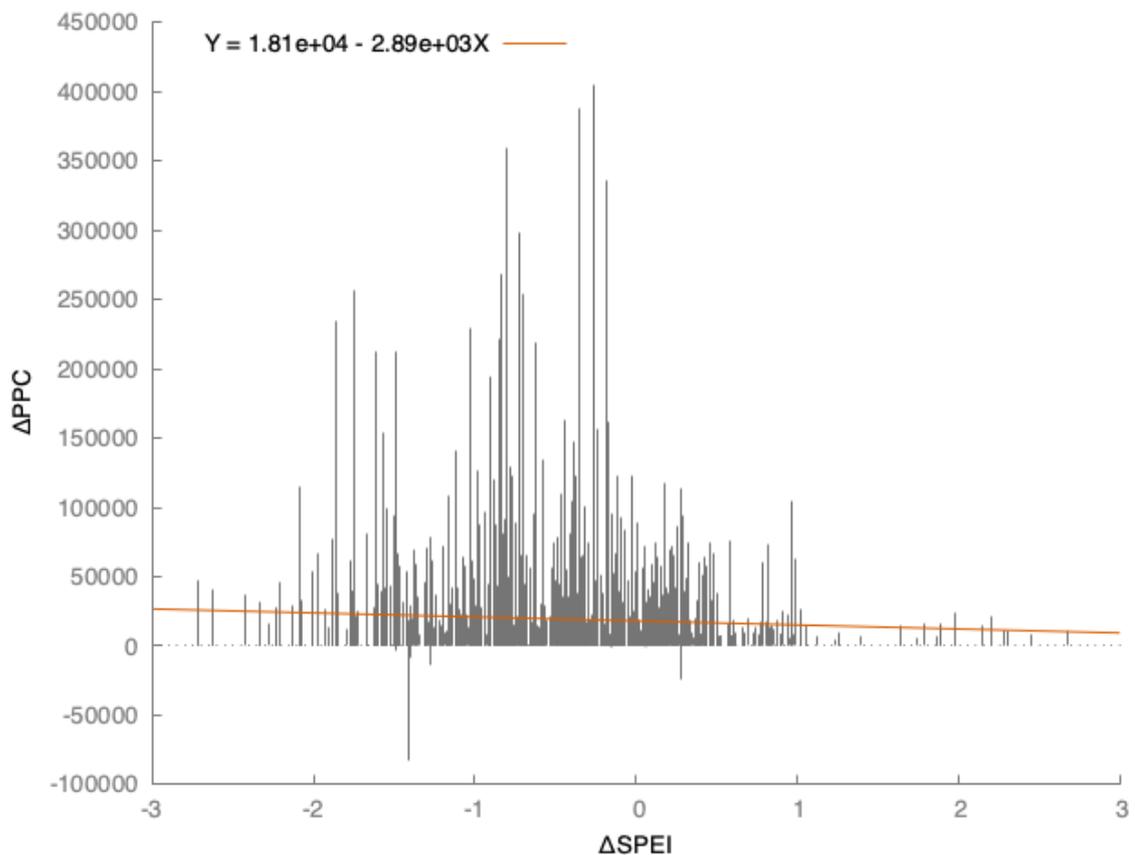
Nota: Os três asteriscos “***” representam 99% de confiança, enquanto “**” e “*” representam 95% e 90% de confiança, respectivamente. Espaços em vazio representam menos de 90% de confiança.

Por mais que o Sul tenha se mostrado não estatisticamente significativo como região, o estado de Santa Catarina apresentou uma relação altamente negativa com o aumento do índice SPEI no período.

Buscando captar efeitos não lineares na relação entre crescimento econômico e mudanças climáticas, foi incluída no modelo a variável SPEI elevada ao quadrado, de modo que o efeito benéfico da variável no Centro-Oeste e maléfico no restante das regiões seja limitado a valores não considerados extremos. No entanto, não houve resultado significativo e contributivo ao modelo. Além deste, foram criadas duas variáveis *dummy* no modelo, representando a região da Amazônia Legal e Semiárido a fim de captar os efeitos do SPEI nestas regiões, que igualmente não tiveram valor significativo suficiente para apoiar a análise.

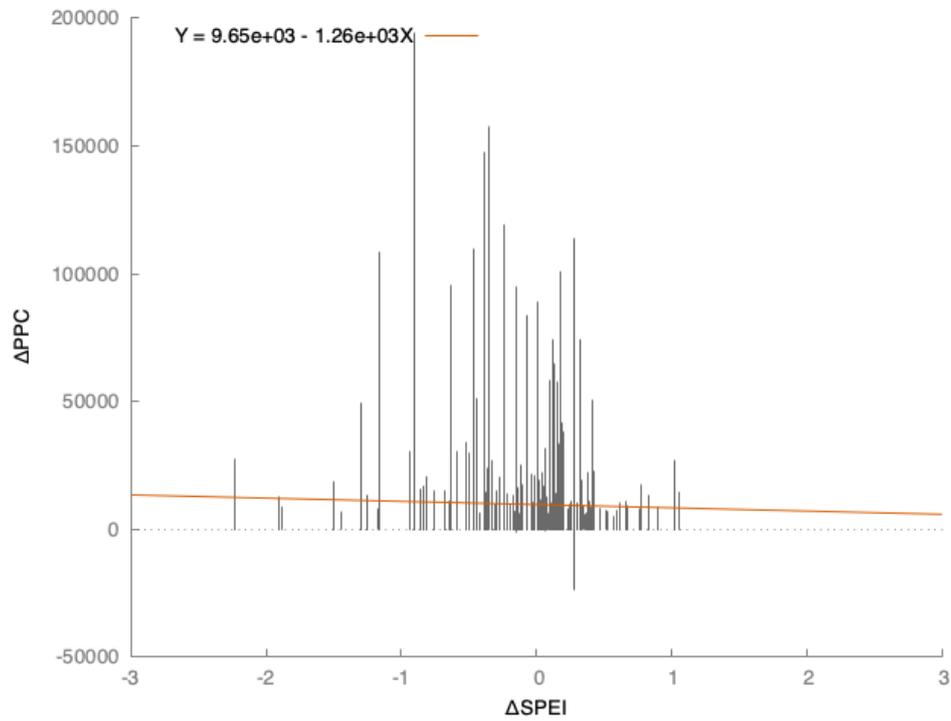
O Gráfico 1 ao Gráfico 6 representa a dispersão do SPEI em função do PIB *per capita* à nível nacional e macrorregional.

Gráfico 1 - Dispersão da variação do SPEI e variação do PIB *per capita* nacionais ajustadas por MQO



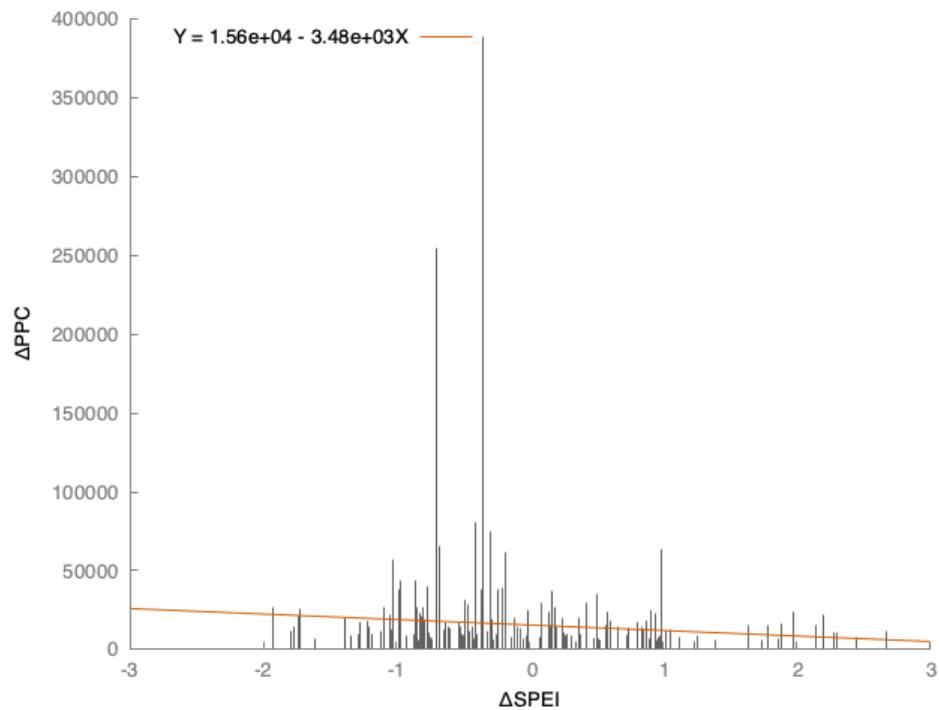
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 2 - Dispersão da variação do período a e b do PIB *per capita* e SPEI no Nordeste ajustadas por MQO



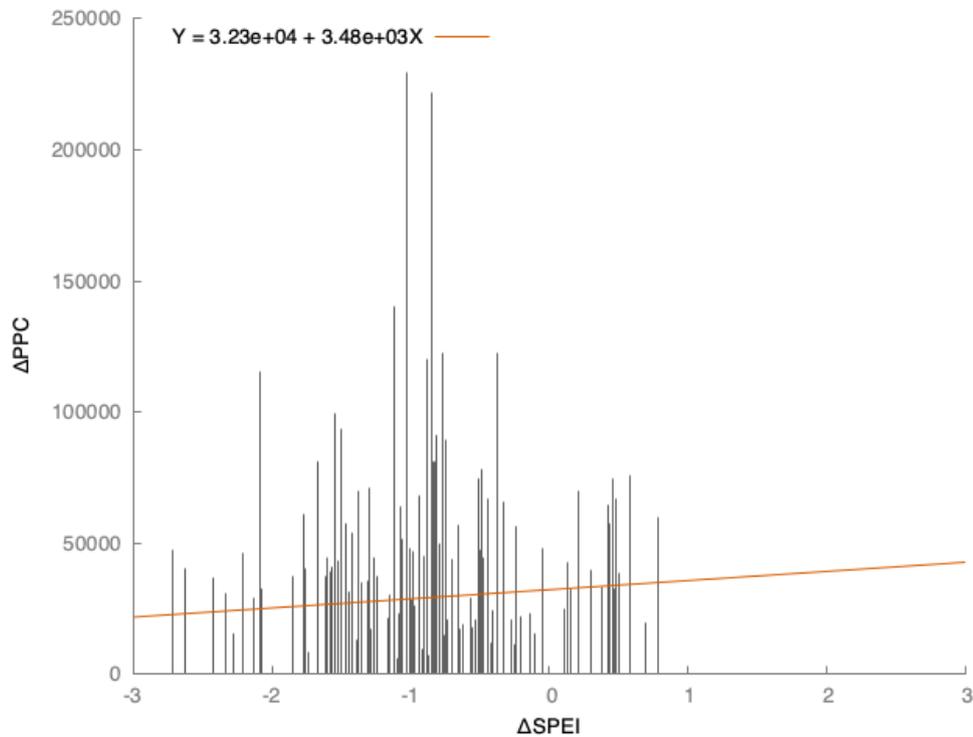
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 3 - Dispersão da variação do período a e b do PIB *per capita* e SPEI no Norte ajustadas por MQO



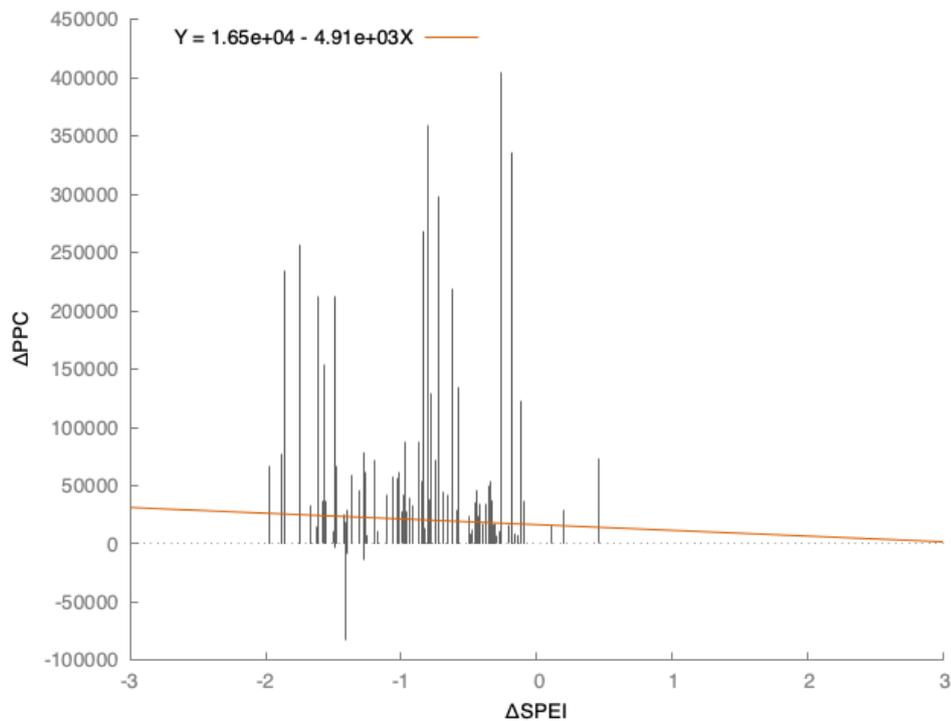
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 4 - Dispersão da variação do período a e b do PIB *per capita* e SPEI no Centro-Oeste ajustadas por MQO



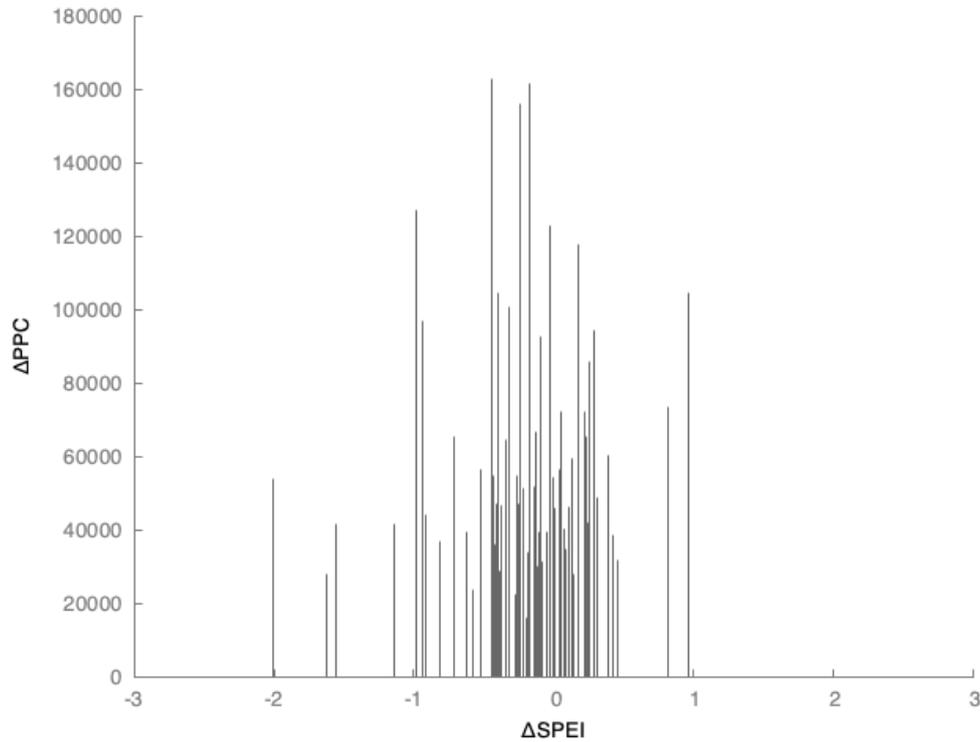
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 5 - Dispersão da variação do período a e b do PIB *per capita* e SPEI no Sudeste ajustadas por MQO



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 6 - Dispersão da variação do período a e b do PIB *per capita* e SPEI no Sul ajustadas por MQO



Fonte: elaborado pela autora.

Infere-se por meio dos gráficos e resultados acima explicitados que um crescimento do PIB *per capita* se mostra inversamente proporcional ao comportamento do SPEI, de modo que um PIB *per capita* maior está atrelado com uma média SPEI diminutiva e com valores cada vez mais baixos – representando estados com secas mais intensas, frequentes ou ambos – ainda atrelado com um aumento frequente de temperaturas.

Não houve resultado estatisticamente significativo para a região Sul no período proposto pelo estudo, sugerindo que 1. o período não foi longo o suficiente e o modelo não captou relação clara entre as duas variáveis durante o período em análise ou 2. os efeitos das alterações no clima ainda não foram sentidos pelo produto regional e poderão ser sentidos futuramente ou, ainda, 3. não há relação entre as mudanças climáticas e o produto da região Sul.

As macrorregiões Norte, Nordeste e Sudeste que resultaram (de forma significativa estatisticamente) na relação inversa entre as duas variáveis seguem a tendência nacional de se beneficiar de variações negativas no SPEI, com o produto preferindo climas mais secos. Ademais, os resultados vistos no Sudeste,

particularmente São Paulo, estão em linha com o estimado por Moraes (2010): o produto impactado positivamente pelos aumentos de temperatura, possivelmente explicado pela relevância da cana-de-açúcar no perfil agrícola da região. Levemos também em consideração que 1. esse resultado não capta extremos de temperatura, 2. com exceção do Sudeste as variações no índice foram sucintas e 3. mesmo com uma maior variação nesta região a classificação ainda se manteve como uma seca “moderada”.

Esse padrão só é quebrado pelo Centro-oeste, cujo SPEI variou em -0,95 no período analisado, a maior variação dentre as macrorregiões: mostrando uma relação do PIB *per capita* diretamente proporcional ao índice, de forma que um aumento no SPEI indicando um clima menos seco é favorável ao crescimento econômico. Visto que se trata de uma região com intensa atividade agrícola (IBGE, 2023a), tal comportamento é condizente com o estudo de Burke e Emerick (2016) que, em uma análise das adaptações da agricultura estadunidense às mudanças climáticas, verificou uma resposta muito negativa das principais culturas agrícolas à exposição ao calor.

Mostramos que a produtividade das duas principais culturas dos EUA, milho e soja, respondeu de forma muito negativa às mudanças multi-decais na exposição ao calor extremo. Essas estimativas de respostas de longo prazo são indistinguíveis das estimativas de como as mesmas culturas responderam à variação de curto prazo (anual) no calor extremo durante o mesmo período, sugerindo que os agricultores não foram mais capazes de mitigar os efeitos negativos do clima do clima no longo prazo do que no curto prazo (BURKE; EMERICK, 2016, tradução nossa).¹²

Em linha com o estudo de Santos, Oliveira e Ferreira Filho (2022), que apontou os três principais motivos para o Brasil ser um interessante caso de estudo (localização em território tropical e subtropical, importância da agricultura no produto e relevância no mercado internacional na exportação de produtos agrícolas) e que estimou que mudanças climáticas causariam uma retração do PIB nacional mais severa em regiões agrícolas, o resultado da regressão pode ser analisado pela ótica

¹² “We show that the productivity of the two main US crops, corn and soy, responded very negatively to multi-decadal changes in exposure to extreme heat. These estimates of longer run responses are indistinguishable from estimates of how the same crops responded to short-run (annual) variation in extreme heat over the same period, suggesting that farmers were no more able to mitigate the negative effects of climate in the long run than they were in the short run.”

de que simplesmente não houve tempo suficiente no período analisado para que os impactos fossem vistos fora do agro.

Isso pode ser corroborado por estudos como de Millner e Dietz (2014) e Nordhaus (2019), que indicavam a dependência na agricultura como fator causal da alta vulnerabilidade a mudanças climáticas – de modo que essas seriam as economias mais afetadas. Ademais, Nordhaus (2019) sugere que os impactos das mudanças climáticas serão “não lineares e cumulativos”, de forma que os primeiros aumentos marginais de temperatura dificilmente irão ter efeito disruptivo no funcionamento da agricultura e na maior parte dos setores restantes, ainda mais se este aquecimento tiver comportamento gradual.

Ainda corroborando com o autor, as capacidades adaptativas e mudanças de produtividade são fatores influentes e essenciais para compreender as alterações no produto nacional: exposição a extremos de temperatura, aumento na intensidade e frequência de desastres naturais são condições advindas do aquecimento global e não fizeram parte da análise conduzida nesse estudo, podendo não só afetar as condições de produção como também as condições de trabalho gerador do produto, sendo este medido pelo capital humano e bem-estar previamente discutidos nesse trabalho.

Portanto, os resultados obtidos nesse trabalho permitem acreditar que existe uma relação entre o produto nacional e as mudanças climáticas nesse período com nível suficiente de confiança estatística. A nível nacional, tivemos que durante o período de 2002 a 2021 o produto brasileiro demonstrou uma tendência positiva aos climas mais secos relacionados aos aumentos de temperatura – mesmo que existam razões para acreditar que essa relação seja temporária e que os impactos maiores ainda não foram sentidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As implicações quantitativas das mudanças climáticas são uma maneira importante de avaliar as melhores formas de mitigação, de modo a auxiliar diferentes economias a se adaptar a esse quadro. O anseio de realizá-lo e contribuir para a literatura crescente da economia do meio ambiente no Brasil surgiu a partir da percepção da gradativa relevância do tema a nível global, de forma a disseminar esse debate. Há uma ampla gama de literatura do caso brasileiro que foi utilizada como referencial no decorrer deste trabalho – estudos que estimaram perdas econômicas regionais, decréscimo em fatores determinantes de bem-estar e capital humano etc. No entanto, ainda se nota uma carência na literatura na estimação dos impactos quantitativos do meio ambiente na economia brasileira como um todo.

Visto esse cenário moldador dos objetivos da pesquisa, a revisão de literatura do trabalho também foi amplamente circundada por estudos elaborados em outros países, nos quais o Brasil aparecia apenas como parte da amostragem ou sequer aparecia. Por outro lado, a literatura é ampla na economia ambiental de países não desenvolvidos e os impactos econômicos vem sendo estimados há certo tempo, sendo de muito interesse mundialmente estimar de que forma tendem essas economias a responder a choques.

Tendo os eventos climáticos percebidos como externalidades econômicas, optou-se pela abordagem metodológica embasada por Burke e Emerick (2016) utilizando o modelo de longas diferenças para estimar os impactos no crescimento do produto. Apesar de os resultados encontrados indicarem que existem potencialmente efeitos não lineares entre as variáveis não captados pelo modelo, os resultados obtidos agregaram valor à conclusão do estudo. As limitações causadas pela definição do período do estudo visto a ausência de dados climáticos em alguns municípios e as alterações na base de dados referente ao crescimento econômico estabelecidos na metodologia do estudo impossibilitou a análise integral e prolongada dos estados e macrorregiões, mas ainda assim o modelo apresentou resultados condizentes com as expectativas apresentadas no início deste estudo e com a literatura previamente existente na economia do meio-ambiente.

Em suma, os esforços dedicados a esse trabalho levaram a concluir que os impactos das mudanças climáticas são certamente sentidos pelo produto nacional a ponto de provocar alterações no seu comportamento, seguindo as individualidades econômicas de cada região. Isso reforça a importância de permanecermos avaliando e quantificando os impactos climáticos e ambientais no Brasil, visto que o estudo de IPCC (2023) assinala que os países não desenvolvidos são os que menos contribuíram para o aquecimento global e também são os mais vulneráveis a suas consequências. A negligência frente aos impactos climáticos e ambientais, tal qual suas formas de mitigação, já resultaram e podem resultar em cada vez mais danos irreversíveis ao seu território.

Como sugestão para demais estudos, cabe aqui a urgência de permanecermos acompanhando os efeitos do clima no produto brasileiro incessantemente. Trabalhos que englobem um maior período em análise, que contemplem os impactos municipais e intrarregionais a fim de captar granularidades e individualidades espaciais e econômicas serão de grande valor para o estudo da economia ambiental. Para além destes, a estimação de um modelo não-linear a fim de captar os diferentes efeitos “não lineares e cumulativos” sugeridos por Nordhaus (2019) teriam um grande potencial participativo na evolução constante da mitigação dos efeitos negativos das alterações no clima causadas pelo aquecimento global.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Kássia Karina Silva de; BARROSO, Carlos Maurício Rocha; SOUZA, Éder Júnior Cruz de. Os paradigmas da sustentabilidade: entre o ecodesenvolvimento e o desenvolvimento sustentável. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 2, n. 3, p. 76-85, jul. 2017.
- BARROS, Geraldo Sant'ana de Camargo. **Agronegócio**: conceito e evolução. Piracicaba: Cepea - Esalq/Usp, 2022. 10 p.
- BERG, Kimberly; CURTIS, Chadwick; MARK, Nelson. GDP and Temperature: evidence on cross-country response heterogeneity. **National Bureau Of Economic Research**, [S.L.], p. 1-46, jun. 2023. [Http://dx.doi.org/10.3386/w31327](http://dx.doi.org/10.3386/w31327).
- BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 603 p.
- BURKE, Marshall; EMERICK, Kyle. Adaptation to Climate Change: evidence from us agriculture. **American Economic Journal: Economic Policy**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 106-140, 1 ago. 2016. American Economic Association. <http://dx.doi.org/10.1257/pol.20130025>.
- CARTER, Colin et al. Identifying the Economic Impacts of Climate Change on Agriculture. **Annual Review Of Resource Economics**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 361-380, 5 out. 2018. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-022938>.
- CALLAWAY, Brantly; SANT'ANNA, Pedro H.C.. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal Of Econometrics**, [S.L.], v. 225, n. 2, p. 200-230, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.12.001>.
- CUADRA, Santiago Vianna et al. Mudanças climáticas e a agropecuária brasileira. In: CUADRA, Santiago Vianna et al. **Ação contra a mudança global do clima**: contribuições da Embrapa. Brasília: Embrapa, 2018. Cap. 2. p. 21-30.
- DELL, Melissa; JONES, Benjamin F; A OLKEN, Benjamin. Temperature Shocks and Economic Growth: evidence from the last half century. **American Economic Journal: Macroeconomics**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 66-95, 1 jul. 2012. American Economic Association.
- DERYUGINA, Tatyana; HSIANG, Solomon. Does the Environment Still Matter? Daily Temperature and Income in the United States. **National Bureau Of Economic Research**, Cambridge, n. 20750, p. 1-48, dez. 2014. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w20750>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- FARZANEGAN, Mohammad Reza; FEIZI, Mehdi; GHOLIPOUR, Hassan F.. Drought and Property Prices: empirical evidence from provinces of iran. **Economics Of Disasters And Climate Change**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 203-221, 28 dez. 2020.

Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s41885-020-00081-0>.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. Editora Atlas. São Paulo. 2017

GONÇALVES, Suellen Teixeira Nobre *et al.* Índices e Metodologias de Monitoramento de Secas: uma revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 495-511, set. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863630007>.

HSIANG, Solomon; JINA, Amir. The Causal Effect of Environmental Catastrophe On Long-Run Economic Growth: evidence from 6,700 cyclones. **National Bureau Of Economic Research**, [S.L.], p. 1-68, jul. 2014. <Http://dx.doi.org/10.3386/w20352>.

IBGE. **Evolução da divisão territorial do Brasil: 1872-2010**. 17. ed. Rio de Janeiro: Ibge, 2011. 261 p.

IBGE. **Produto interno bruto dos municípios: 2002 -2005**. Rio de Janeiro: Ibge, 2007.

IBGE. **Produto interno bruto dos municípios: 2021**. Rio de Janeiro: Ibge, 2023a.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE. **Plataforma Geográfica Interativa (PGI)**. Rio de Janeiro, 2023b.

IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**: 2017. Rio de Janeiro: Ibge, Coordenação de Geografia, 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.

LASTA, T. T. **Metodologia e Técnicas de Pesquisa em Economia**. Indaial: UNIASSELVI, 2018.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MARENGO, José A.. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 1-25, 22 nov. 2014.

MILLNER, Antony; DIETZ, Simon. Adaptation to climate change and economic growth in developing countries. **Environment And Development Economics**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 380-406, 25 nov. 2014. Cambridge University Press (CUP).

MORAES, Gustavo Inácio de. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira**: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável. 2010. 267 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

NORDHAUS, William. Climate Change: the ultimate challenge for economics. **American Economic Review**, [S.L.], v. 109, n. 6, p. 1991-2014, jun. 2019. American Economic Association. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.109.6.1991>.

OLIVEIRA, Leandro Dias de. Da Eco-92 à Rio+20: uma breve avaliação de duas décadas. **Boletim Campineiro de Geografia**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 479-499, fev. 2013.

OLIVEIRA, Victor Hugo de; MEDEIROS, Cleyber Nascimento de. Regime de chuvas e saúde infantil no estado do Ceará: evidências para os municípios em anos censitários (1991- 2010). **Nova Economia**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 307-338, abr. 2019.

PBMC. Sumário Executivo do Volume 1 – Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1. **1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Volume Especial para a Rio+20. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 2012, 34 pp.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008**. Nova York, 2007.

REIS, Rafael Vianna. **Desastres naturais na região sudeste associados a eventos climáticos extremos**. 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2015.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento crescer sem destruir**. Terra dos Homens. 1ª ed. São Paulo: Editora Vértice, 1986, 207p.

SANTOS, Cárilton Vieira dos; OLIVEIRA, Aryeverton Fortes de; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza. Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 1-24, 2022.

SOLOW, Robert M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **The Quarterly Journal Of Economics**, Cambridge, v. 70, n. 1, p. 65-94, fev. 1956.

SOUZA, Elvanio Costa de et al. Impactos das mudanças climáticas sobre o bem-estar relacionado à saúde no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 49-87, abr. 2013.

TOL, Richard S. J.. The Economic Impacts of Climate Change. **Review Of Environmental Economics And Policy**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 4-25, 1 jan. 2018. University of Chicago Press. <http://dx.doi.org/10.1093/reep/rex027>.

VICENTE-SERRANO, S.M.; BEGUERIA, S.; LOPEZMORENO, J.I. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. **Journal of Climate**, v. 23, p. 1696-1718, 2010.

ANEXO A – MUNICÍPIOS SEM BASE DE DADOS NO ÍNDICE SPEI

Estado	Município
Bahia	Itacaré
Ceará	Itarema
	Campo Verde
	Colíder
	Itaúba
	Nova Guarita
	Nova Santa Helena
Mato Grosso	Nova Ubiratã
	Novo Mundo
	Santa Carmem
	Santa Rita do Trivelato
	Terra Nova do Norte
	Vera
	Amambai
	Dois Irmãos do Buriti
	Laguna Carapã
Mato Grosso do Sul	Maracaju
	Paranhos
	Sete Quedas
	Tacuru
	Aveiro
Pará	Curuá
	Camaragibe
Pernambuco	Olinda
	Recife
	Fernando de Noronha
	Dezesseis de Novembro
Rio Grande do Sul	Itacurubi
	Manoel Viana
	Mostardas

Pirapó
Porto Lucena
Porto Xavier
Roque Gonzales
Santo Antônio das Missões
São Francisco de Assis
São Nicolau
Unistalda
Cananéia

São Paulo

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO B – MUNICÍPIOS EMANCIPADOS DE 1997 A 2002

Estado	Município	Ano de Emancipação
Alagoas	Jequiá da Praia	2001
	Barrocas	2001
Bahia	Érico Cardoso	2000
	Luís Eduardo Magalhães	2001
Espírito Santo	Governador Lindenberg	2001
	Campo Limpo de Goiás	2001
Goiás	Gameleira de Goiás	2001
	Ipiranga de Goiás	2001
	Lagoa Santa	2001
	Bom Jesus do Araguaia	2001
	Colniza	2001
	Conquista D'Oeste	2001
	Curvelândia	2001
	Nova Nazaré	2001
Mato Grosso	Nova Santa Helena	2001
	Novo Santo Antônio	2001
	Rondolândia	2001
	Santa Cruz do Xingu	2001
	Santa Rita do Trivelato	2001
	Santo Antônio do Leste	2001
	Serra Nova Dourada	2001
	Vale de São Domingos	2001
Paraíba	Tacima	2002
	Joca Claudino	2002
Piauí	Paulo D'arco do Piauí	2001
Rio de Janeiro	Mesquita	2001
Rio Grande do Norte	Campo Grande	2002
	Jundiá	2001
Rio Grande do Sul	Aceguá	2001
	Almirante Tamandaré do Sul	2001

Arroio do padre	2001
Boa Vista do Cadeado	2001
Boa Vista do Incra	2001
Bozano	2001
Canudos do Vale	2001
Capão Bonito do Sul	2001
Capão do Cipó	2001
Coqueiro Baixo	2001
Coronel Pilar	2001
Cruzaltense	2001
Forquetinha	2001
Itati	2001
Jacuizinho	2001
Lagoa Bonita do Sul	2001
Mato Queimado	2001
Novo Xingu	2001
Paulo Bento	2001
Pedras Altas	2001
Pinhal da Serra	2001
Pinto Bandeira	2001
Quatro Irmãos	2001
Rolador	2001
Santa Cecília do Sul	2001
Santa Margarida do Sul	2001
São José do Sul	2001
São Pedro das Missões	2001
Tio Hugo	2001
Westfalia	2001

Fonte: Elaborado pela autora.