



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO  
BRASILEIRA**

**PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO ACADÊMICO EM SOCIOBIODIVERSIDADE E  
TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS**

**MARIA DANIELE PEREIRA BESSA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA SECA NO SEMIÁRIDO CEARENSE: ASPECTO  
METEOROLÓGICO E SOCIOECONÔMICO**

**REDENÇÃO**

**2022**

MARIA DANIELE PEREIRA BESSA DA SILVA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA SECA NO SEMIÁRIDO CEARENSE: ASPECTO  
METEOROLÓGICO E SOCIOECONÔMICO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Alvarado Alcócer  
Coorientadora: Dra. Olienai de Oliveira Pinto

REDENÇÃO

2022

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira Sistema de  
Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Silva, Maria Daniele Pereira Bessa da.S586a

Avaliação do impacto da seca no semiárido Cearense: aspecto meteorológico e socioeconômico / Maria Daniele Pereira Bessa da Silva. - Redenção, 2022.

79f: il.

Dissertação - Curso de Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Alvarado Alcócer. Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto.

1. Secas - Previsão. 2. Precipitação (Meteorologia) - Variabilidade. 3. Estado do Ceará. I. Pinto, Olienaide Ribeiro de Oliveira. II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 627.123

---

MARIA DANIELE PEREIRA BESSA DA SILVA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA SECA NO SEMIÁRIDO CEARENSE: ASPECTO  
METEOROLÓGICO E SOCIOECONÔMICO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Sustentabilidade.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Alvarado Alcócer

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileiro (MASTS)

---

Coorientadora: Profa. Dra. Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto

Pesquisadora: Bolsista de Pós-doutorado (CAPES/FUNCAP)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira (MASTS)

---

Profa. Dra. Rejane Felix Pereira

Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável - IEDS

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileiro (UNILAB)

---

Paulo Roberto Silva Pessoa

Doutor em Geografia (PROPGEO-UECE),

Universidade Estadual do Ceará

A Deus

A minha mãe Maria da Conceição Bessa

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por resgatar todos os caminhos que escolhi para percorrer e por me proporcionar mais esta conquista.

À minha família, tudo que fiz e faço é pensando no melhor para vocês, em especial, à minha inspiração de vida que é minha mãe.

Ao meu amigo e esposo Jonarc Oliveira por acreditar e apoiar-me em cada desafio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Juan Carlos Alvarado Alcócer pelas contribuições durante todo esse percurso.

À minha Coorientadora Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto pela paciência e estímulo durante esta jornada.

A Prof. Ms. Maria Leidinice da Silva, pelos direcionamentos e pelas contribuições para a realização desta pesquisa

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que permitiu desenvolver este trabalho de forma mais segura.

Ao Centro de Pesquisa em Ciências Marinhas e Limnologia da Universidade da Costa Rica, San José, pela ajuda na elaboração de dados de SPI.

A minha amiga Juliana Matias, por partilhar das angústias e inquietações.

Aos meus amigos do mestrado que proporcionaram dias de discursões e aprendizado.

## RESUMO

Os eventos extremos de seca desempenham um papel importante na sociedade, devido à sua intensidade, frequência de ocorrência, vulnerabilidade socioambiental, adaptabilidade e resiliência. Nesse sentido, entender sua dinâmica para a gestão de riscos climáticos é de fundamental importância. Assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar os padrões temporários de eventos de seca extrema no Estado do Ceará com base na análise do Índice de Precipitação Padronizado (SPI), e análise pluviométrica por interpolação IDW calculado a partir dos dados de precipitação fornecidos pela Fundação de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). A partir da série temporal, foram identificadas as secas mais severas e extremas ocorridas, que coincidiram com os anos secos citados na literatura, como 1982 e 1993. Além de apontar secas menos intensas, como as que ocorreram em 1996 e 1998. O foco principal foi a última seca do século que atingiu a maior parte do estado. Este estudo também mostrou que a influência deste índice sobre as secas nas bacias hidrográficas do Ceará, em diferentes escalas de tempo e isso pode causar diferentes impactos socioespaciais. Entre 2012 a 2016 é perceptível a ocorrência da seca em suas diversas classificações.

**Palavras-chave:** eventos de seca; índice SPI; variabilidade temporal; Estado do Ceará.

## RESUMEN

Los eventos de sequía extrema juegan un papel importante en la sociedad, ya sea por su intensidad, frecuencia de ocurrencia, vulnerabilidad socio ambiental y adaptabilidad y resiliencia. En este sentido, la comprensión de su dinámica para la gestión del riesgo climático es de fundamental importancia. El objetivo de este trabajo es caracterizar los patrones temporales de eventos de sequía extrema en el Estado del Ceará a partir del análisis del Índice de Precipitación Padronizada (SPI), calculado a partir de los datos de precipitación fornecidos por la Fundação de Meteorología e Recursos Hídricos (FUNCEME) para el período 1980-2020 (41 años). A partir de la serie temporal, se identificó como las sequías más severas y extremas que ocurrieron, las cuales coincidieron con los años secos mencionados en la literatura, como 1982 y 1993. Además de señalar sequías menos intensas, como las ocurridas en 1996 y 1998. El foco principal es la última sequía del siglo que azotó a la mayor parte del estado. Este estudio también mostró que la influencia de este índice sobre las sequías en las cuencas hidrográficas de Ceará, en diferentes escalas de tiempo, puede causar diferentes impactos socioespaciales. Entre 2012 a 2016 se destaca la ocurrencia de sequía en sus diversas clasificaciones.

**Palabras-clave:** Eventos de sequía; índice SPI; variabilidad temporal; Estado del Ceará.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Mapa 1</b>	– Pluviométrico das bacias hidrográficas Normal Climatológica	56
<b>Mapa 2</b>	– Pluviométrico das bacias hidrográficas 2013.....	57
<b>Mapa 3</b>	– Pluviométrico das bacias hidrográficas 2014.....	58
<b>Mapa 4</b>	– Pluviométrico das bacias hidrográficas 2015.....	59
<b>Mapa 5</b>	– Pluviométrico das bacias hidrográficas 2016.....	60
<b>Tabela 1</b>	– SPI valores.....	36
<b>Tabela 2</b>	– Lista das bacias hidrográficas do estado do Ceará.....	38
<b>Tabela 3</b>	– Classificação dos valores de VHI em termos de seca.....	39
		37
<b>Quadro 1</b>	– Principais estudos sobre as últimas secas Nordeste.....	34
<b>Quadro 2</b>	– Anos de seca no NEB e a relação com o fenômeno El Niño.....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	–	Localização das bacias hidrográficas brasileiras.....	77
<b>Figura 2</b>	–	Eixo de confluência (circundado em vermelho) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT.....	19
<b>Figura 3</b>	–	A formação dos VCANs no Nordeste Brasileiro.....	20
<b>Figura 4</b>	–	Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL).....	21
<b>Figura 5</b>	–	Imagem de radar com chuvas em decorrência da linha de instabilidade.....	22
<b>Figura 6</b>	–	Diagrama esquemático da célula de circulação zonal de Walker em DJF considerando (a) anos neutros e (b) anos com ocorrência de eventos El Niño.....	23
<b>Figura 7</b>	–	Mapa geomorfológico do estado do Ceará.....	27
<b>Figura 8</b>	–	Pluviometria para o período de 1980 a 2020 sobre o estado do Ceará	28
<b>Figura 9</b>	–	Mapa pedológico do Estado do Ceará.....	29
<b>Figura 10</b>	–	Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.....	33
<b>Figura 11</b>	–	Pluviometria Mundial observada pelo CRU-ts4.02.....	35
<b>Figura 12</b>	–	Localização dos pontos pluviométricos estudados no estado do Ceará de acordo com a Tabela 2.....	37
<b>Figura 13</b>	–	Principais eventos de seca no Fim do século XIX e XX.....	40
<b>Figura 14</b>	–	Precipitação anual do Nordeste brasileiro.....	41
<b>Figura 15</b>	–	Precipitação, temperatura e ETP do Nordeste brasileiro.....	45
<b>Figura 16</b>	–	Precipitação, temperatura e ETP do Nordeste brasileiro de 2012-2015 em relação a normal climatológica de 1980-2000.....	45
<b>Figura 17</b>	–	SPI escala de tempo A) Acaraú, B) Alto Jaguaribe, C) Baixo Jaguaribe.....	46
<b>Figura 18</b>	–	Cronograma do SPI para: A) Banabuiú; B) Coreia; C) Curu.....	49
<b>Figura 19</b>	–	Escala de tempo do SPI para: A) Ibiapaba; B) Litoral; C) Médio Jaguaribe.....	50
<b>Figura 20</b>	–	Escala de tempo do SPI para A) Metropolitana; B) salgado; C) Sertões Crateús.....	50
<b>Figura 21</b>	–	SPI em 1 mês para A) Acaraú, B) Alto Jaguaribe, C) Baixo Jaguaribe, 3 meses para D) Acaraú, E) Alto Jaguaribe, F) Baixo Jaguaribe, 6 meses prazo para G) Acaraú, H) Alto Jaguaribe, I) Baixo Jaguaribe e prazo de 12 meses J) Acaraú, K) Alto Jaguaribe, L) Baixo Jaguaribe	50

- Figura 22** – Índice de precipitação Padronizada (SPI) em uma escala de tempo de mês 1 para A) Banabuiú, B) Coreaú, C) Curu, 3 meses D) Banabuiú, E) Coreaú, F) Curu, 6 meses para G) Banabuiú, H) Coreaú, I) Curu, 12 meses para J) Banabuiú, K) Standardized 52
- Figura 23** – Índice de precipitação Padronizada (SPI) em uma escala de tempo de mês 1 para A) Ibiapaba B) Litoral, C) Médio Jaguaribe, 3 mese D) Ibiapaba E) Litoral, F) Médio Jaguaribe, 6 meses G) Ibiapaba H) Litoral, I) Médio Jaguaribe, 12 meses para J) Ibiapaba K) Litoral, L) Médio Jaguaribe..... 53
- Figura 24** – Índice de precipitação Padronizada (SPI) em uma escala de tempo de mês 1 para A) Metropolitana B) Salgado, C) Sertões Crateús, 3 meses para D) Metropolitana E) Salgado, F) Sertões Crateús 6 meses G) Metropolitana H) Salgado, I) Sertões Crateús, 12 meses para for J) Metropolitana K) Salgado, L) Sertões Crateús..... 54
- Figura 25** – Precipitação anual do Ceará por Bacias hidrográficas 54
- Figura 26** – Volume dos açudes Cearenses 62
- Figura 27** – Volume dos açudes Cearenses por bacias 62
- Figura 28** – O índice de vegetação para o Nordeste brasileiro 63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
COGERH	Companhia de gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
ETP	Evapotranspiração
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
QGIS	Sistema Operacional e Registro de alterações.
LIs	Linhas de Instabilidade
NEB	Nordeste do Brasil
PAN-BRASIL	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SPI	Índice de Precipitação Padronizada.
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAS	Vórtice ciclônico de ar superior o Vegetation Health Index
VHI	<i>Vegetation Health Index</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Dinâmica climática do NEB brasileiro.....</b>	<b>18</b>
2.1.1	Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	19
2.1.2	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) .....	20
2.1.3	Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL) .....	21
2.1.4	Linhas de Instabilidade (LIs) .....	21
<b>2.2</b>	<b>Fenômenos oceânicos que influenciam as chuvas no Ceará.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Histórico de Seca no NEB.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>O Ceará e as suas características naturais.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5</b>	<b>Ação das mudanças climáticas no NEB e os impactos ambientais</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas da pesquisa.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Fonte de dados.....</b>	<b>33</b>
3.2.1	Análise bibliográfica.....	34
3.2.2	Interpolação de dados do CRU ts.02.....	35
3.2.3	SPI.....	38
3.2.4	Técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância).....	39
3.2.5	O conjunto de dados do Vegetation Health Index(VHI)	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS PRELIMINARES.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise do SPI e a Seca Meteorológica nas Bacias Hidrográficas.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise das bacias cearenses e a seca Hidrológica.....</b>	<b>55</b>
<b>4.3</b>	<b>A seca agrícola e socioeconômica no Ceará.....</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A seca é considerada um fenômeno natural e cíclico cuja relação com a degradação do meio ambiente constitui um grande modificador responsável pela descaracterização física e social de uma determinada área. Nesse contexto, a deficiência de precipitação ocorre mediante a interação dos fatores climáticos e antrópicos.

Partindo desse pressuposto, as altas temperaturas diárias representam uma característica peculiar da região nordeste do Brasil (NEB) e tal fator é determinante para o aumento dos índices de evapotranspiração. Assim, observa-se que os eventos extremos de seca são fenômenos constantes na história da civilização, impactando ecossistemas e suas populações nos diversos setores como na agricultura, no transporte e no abastecimento de água (HEIM JR, 2002; BEZERRA, 2016; PONTES FILHO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021).

Diante desta problemática, buscamos, no decorrer deste trabalho, analisar a ocorrência deste fenômeno nas bacias hidrográficas cearenses, promovendo o diagnóstico frente aos efeitos decorrentes do período de estiagem de 2012 a 2016. O processo anteriormente citado ocorre, sobretudo, no semiárido nordestino do Brasil o qual é altamente suscetível às variações climáticas e merece bastante atenção por ser uma extensa área de alta vulnerabilidade hídrica impulsionada por fatores naturais, políticos e sociais que acabam, por sua vez, influenciando na ocorrência de desastres naturais e humanos em diversos períodos da história nordestina que se perpetuam, infelizmente, na contemporaneidade (SILVA, 2013, ALVALA *et al.*, 2017; MARENGO *et al.*, 2020).

Mediante o panorama mencionado, a perspectiva de aumento na ocorrência de secas na região cearense vem gerando preocupações em diversos atores sociais, entre eles pesquisadores, agricultores e gestores. Em estudos de projeções futuras, estima-se que a falta de precipitação para a região associada ao aumento da temperatura e a secas mais frequentes pode estimular a degradação ambiental. Além disso, o aumento da aridez e o desgaste do solo podem contribuir para a alta suscetibilidade climática à desertificação (MARENGO *et al.*, 2017).

Diante de uma proposta de pesquisas sobre a temática da seca, é extremamente necessário construir uma compreensão do seu significado. Entretanto, estabelecer uma definição universal para este conceito vem sendo considerado um grande desafio diante de sua grande complexidade. Todos os tipos de seca têm como origem um déficit de precipitação que resulta em uma baixa disponibilidade hídrica para o desenvolvimento das atividades antrópicas, sendo de suma necessidade o entendimento de suas causas, sua abrangência territorial e suas consequências (BLAIN; BRUNINI, 2005).

As secas periódicas ocorridas no NEB são relatadas anteriormente à ocupação portuguesa, porém há registros históricos ínfimos que comprovam esta assertiva. Por volta da metade do século XVII, o domínio das terras secas do Ceará era portado pelos indígenas. A ocupação do sertão nordestino teve um maior resultado no início do século XVIII quando uma carta régia não permitia a criação de gado em uma distância de 10 léguas (aproximadamente 42 km) do litoral ao sertão (CAMPOS; STUDART, 2001).

Diante dessa decisão, os pecuaristas, alheios aos empecilhos ambientais periódicos na região, foram obrigados a retirar seus rebanhos das áreas próximas ao litoral com destino ao interior. Tal decisão fomentou a colonização do sertão do Nordeste e a exploração dos seus recursos naturais. Sendo assim, a criação de gado exerceu grande importância no crescimento econômico do Ceará, mas as secas constantes eram sempre motivo de expulsão populacional (CAMPOS; STUDART, 2001; LIMA; MAGALHÃES, 2018).

Outra característica inerente das secas é que elas podem assumir características extremas ocorrendo em uma região quando a precipitação, por um determinado período de tempo, apresenta-se muito abaixo da normal climatológica. Portanto, são constantes na história da civilização impactando ecossistemas, suas populações e a gama de setores a ela associados como a agricultura, o transporte e o abastecimento de água (BARRA, 2002; HEIM JR, 2002; BLAIN, 2005; CUNHA, 2008; PONTES FILHO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021).

Como mencionado nos parágrafos anteriores, uma definição concreta do fenômeno da seca não constitui algo trivial e universalmente aceita, visto que, de acordo com um observador, ela possui diferentes ângulos de visão. É lícito pontuar que diversos trabalhos científicos conceituam quatro categorias de seca: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica (WILHITE; GLANTZ, 1987; HEIM JR, 2002; ALMEIDA; MARQUES, 2021; SANTOS, 2021).

Quando se trata da seca meteorológica, em sentido lato, pode conceituá-la como um déficit de precipitação comparada à média de um determinado período. Já a seca hidrológica, por sua vez, é relativa à diminuição do nível médio dos recursos hídricos. Em que pese à seca agrícola, evidencia-se que ela está relacionada a um déficit de umidade da água necessária para o crescimento dos cultivos, ocasionando a redução da biomassa. E a seca socioeconômica tem relação intrínseca com os impactos sobre as atividades antrópicas (PIRES, 2003).

A área de estudo deste trabalho aborda as bacias hidrográficas do Estado do Ceará que se estendem, aproximadamente, por uma área total de 136.328 km<sup>2</sup>, localizando-se na região Nordeste do Brasil, tendo como estados limítrofes o Piauí ao Oeste, o Rio Grande do Norte e a Paraíba ao Leste, Pernambuco ao sul e o Oceano Atlântico ao norte. O clima do Semiárido corresponde a 92% do seu espaço geográfico. Os enclaves úmidos existentes que

compõem ambientes de exceção ocorrem nas serras com localizações próximas ao litoral na porção setentrional do planalto da Ibiapaba, no espraiamento e na coalescência de vales abertos do Cariri (DO CEARÁ, 2006). Na figura 1 (anexo 1) demonstra-se a localização do estado do Ceará e suas bacias hidrográficas.

A latitude é um grande fator climático e sua localização é determinante para uma menor incidência solar, de modo que a região Nordeste do Brasil (NEB), situada entre 1° e 18° de Latitude sul e entre 34° e 48° de Longitude oeste com sua localização próxima à linha do Equador, está sujeita à forte incidência solar (LUCENA; STEINKE, 2015).

Em relação às causas climáticas relacionadas à questão de origem da semiaridez dos sertões secos, encontram-se hipóteses sobre circulação atmosférica. Já no que diz respeito às causas geográficas, hipotetiza-se que a região Nordeste é o ponto final de diversos sistemas produtores de chuva.

Consoante os entendimentos de Nimer (1979), pode-se averiguar uma possível explicação para o fato das massas de ar do atlântico, que circulam naquela região, restringirem-se à zona litorânea. Acerca dessa hipótese, a massa de ar do atlântico equatorial, portadora de uma expressiva carga de umidade, tem sua composição feita por duas correntes: uma inferior fresca e úmida e uma superior quente e seca e com atual significativa principalmente no inverno, quando os alísios são resfriados pelo contato com a massa de ar polar tendo como resultado a faixa da zona da mata nordestina mais úmida e o seu o interior seco, com exceção das serras.

Existe outra linha hipotética de raciocínio que considera uma relação da gênese da semiaridez do NEB ao aspecto da localização geográfica com relação às massas de ar atuantes. Sob esse viés, Nimer (1979) argumentou que o NEB constitui uma região fulcral de diversos sistemas de correntes atmosféricas perturbadas provenientes do Sul (frentes polares), do Norte Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), do Leste (Alísios) e do Oeste (Linhas de Instabilidade Tropicais). Uma gama de pesquisas nesta área elucida a importância da ZCIT, colocando-a como a principal responsável pelas chuvas que ocorrem no norte do NEB entre fevereiro e maio (MOLION; BERNARDO, 2002). Nessa perspectiva, pretende-se descrever nesse trabalho esses principais sistemas atuantes no NEB, bem como relatar a importância do ENOS e o dipólo do Atlântico.

No que concerne à compreensão da dinâmica e dos impactos ocorridos em diferentes escalas espaciais e temporais, o surgimento de mecanismos matemáticos que possam melhor caracterizar e monitorar as secas mostra-se necessário (CARMO; LIMA, 2020).

No Brasil, o SPI, Índice Padronizado de Precipitação, vem sendo utilizado em diversos trabalhos para diferentes partes do Nordeste brasileiro para monitorar as secas. Dentre eles, destacam-se os que atuam no Leste do Nordeste (DA SILVA *et al.*, 2020), na Sub-Bacia

Choró, Ceará (SILVA *et al.*, 2021), Fortaleza (FECHINE, 2015), Amazônia Oriental (SANTOS, *et al.*, 2017), Baía (SILVA. *et al.*, 2013), mostrando-se uma ferramenta poderosa na detecção de eventos extremos chuvosos (secos). O índice de SPI é proposto e vastamente utilizado para monitoramento de secas. Tal característica se dá à sua facilidade de elaboração e à sua peculiaridade em quantificar a umidade e a secura anormal (MARENGO *et al.*, 2020)

Nesse cenário, percebe-se a necessidade de compreender os padrões de secas extremas, quanto à sua variabilidade temporal e espacial no Estado do Ceará, para propiciar aos órgãos gestores auxílio, na tomada de decisão em relação à orientação de medidas de vulnerabilidade e de adaptação (SILVA *et al.*, 2021).

Portanto, este estudo é de grande relevância acadêmica e social, dado que busca uma dimensão de como os fatores naturais, as diferentes formas de ocupação, a presença ou a ausência do Estado, o descumprimento dos instrumentos legais de controle e a gestão de uso dos recursos do planeta contribuíram para o surgimento de problemas climáticos.

A partir do exposto, surgem os seguintes questionamentos: A seca no Nordeste impactou socioeconomicamente a população cearense? Ocorreu a maior seca do século em 2012-2016 impactando a região cearense? As mudanças climáticas podem estar relacionadas com a intensificação deste fenômeno?

O objetivo geral é identificar a ocorrência e a intensidade da seca de 2012 – 2016, analisada através da pluviometria das bacias cearenses por meio da observação dos dados pluviométricos fornecidos pela FUNCEME, buscando promover o diagnóstico frente aos efeitos decorrentes do último período de estiagem. São objetivos específicos desta proposta de pesquisa:

- a) Analisar a seca em suas quatro categorias: meteorológicas ou climatológicas, agrícolas, hidrológicas e socioeconômicas através das pesquisas bibliográficas e análise dos mapas produzidos.
- b) Compreender a ocorrência da seca nos últimos 100 anos sobre o NEB através de conjuntos de dados do CRU-ts4.02 (Série Temporal quadriculada da Unidade de Pesquisa Climática) com a finalidade de efetuar uma análise inicial sobre a problemática da seca do nordeste para então, posteriormente, fazer uma comparação com os dados pluviométricos de precipitação, temperatura e evapotranspiração dos anos de 2012 – 2016 no nordeste brasileiro usando a técnica de interpolação de ponderação de distância angular.
- c) Compreender o índice de Vegetation Health Index (VHI) sobre a Nordeste brasileiro.

- d) Determinar o Índice de precipitação padronizada (SPI) em relação às bacias cearenses referentes ao período de 2012 – 2016 com o suporte dos dados da Funceme.
- e) Analisar a intensidade da seca no Ceará 2012 – 2016 através da comparação desses anos com a normal climatológica de 1980-2010. As pluviometrias foram disponibilizadas pela Funceme e os dados processados no SIG QGIS, utilizando a técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância).

Nesse cenário, percebe-se a necessidade de compreender os padrões de secas extremas, quanto à sua variabilidade temporal e espacial sob o Estado do Ceará, para propiciar aos órgãos gestores auxílios na tomada de decisão em relação à orientação de medidas de vulnerabilidade e adaptação (SILVA *et al.*, 2021). No que tange aos estudos de SPI no Ceará, os trabalhos ainda se encontram incipientes sobre esta temática, justificando assim a importância deste trabalho para entender a dinâmica espaço-temporal das secas nas bacias hidrográficas do estado do Ceará através deste índice.

Em pesquisas sobre a avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre o equilíbrio dos biomas predominantes no Brasil (OYAMA; NOBRE, 2003), há uma indicação de que o bioma Caatinga está entre os mais vulneráveis quando se trata de um cenário de aumento das temperaturas globais, colocando, portanto, o Ceará em estado de alerta, visto que esta vulnerabilidade representa um forte elemento de pressão para a desertificação no semiárido da região. Associada a esses fatores, a atividade antrópica aumenta a pressão no processo de aridificação em área de clima semiárido.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos sendo este o da introdução. No capítulo dois apresenta-se a fundamentação teórica, enquanto que o capítulo três apresenta os materiais e os métodos utilizados. O capítulo quatro apresenta os resultados encontrados assim como a discussão dos mesmos para, finalmente, no capítulo cinco ocorrer a apresentação das considerações finais

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este tópico apresenta a revisão da Literatura acerca dos principais sistemas atmosféricos e dos fenômenos oceânicos que influenciam nos eventos de secas no NEB.

### **2.1 Dinâmica climática do NEB brasileiro**

Ferreira e Melo (2005) caracterizaram os principais sistemas atmosféricos atuantes em pequena, meso e grande escala que geram o regime de precipitação da região e influenciam

o tempo e o clima do Nordeste do Brasil, além de terem feito uma descrição do papel dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima deste espaço.

Salienta-se que as condições climáticas nordestinas estão intimamente associadas à ação direta de sistemas atmosféricos distintos que acontecem durante o ano, o que causa impactos nos índices pluviométricos. Ressalta-se que, quando há modificações no funcionamento dessa dinâmica, ocorre o favorecimento da ocorrência de desastres naturais, como secas e inundações. Desta forma, detalha-se neste trabalho os principais sistemas atmosféricos e os fenômenos oceânicos responsáveis pela Pluviometria no NEB: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL), Linhas de Instabilidade (LIs) além do ENOS e o Dipolo do Atlântico Tropical.

### 2.1.1 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

Dentre os sistemas atmosféricos atuantes no NEB a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) constitui o principal provedor de chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil (NEB). O clima da região Nordeste é de grande complexidade devido a sua posição geográfica e seus diferentes sistemas de circulação atmosférica. A relação entre a atmosfera, relevo, os oceanos e a fisiografia regional com as variações de padrões de TSM nos oceanos tropicais traz mudanças em relação à posição e à intensidade da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, influenciando na variabilidade interanual das chuvas na região nordestina (NIMER 1989; MENEZES *et al.*, 2010).

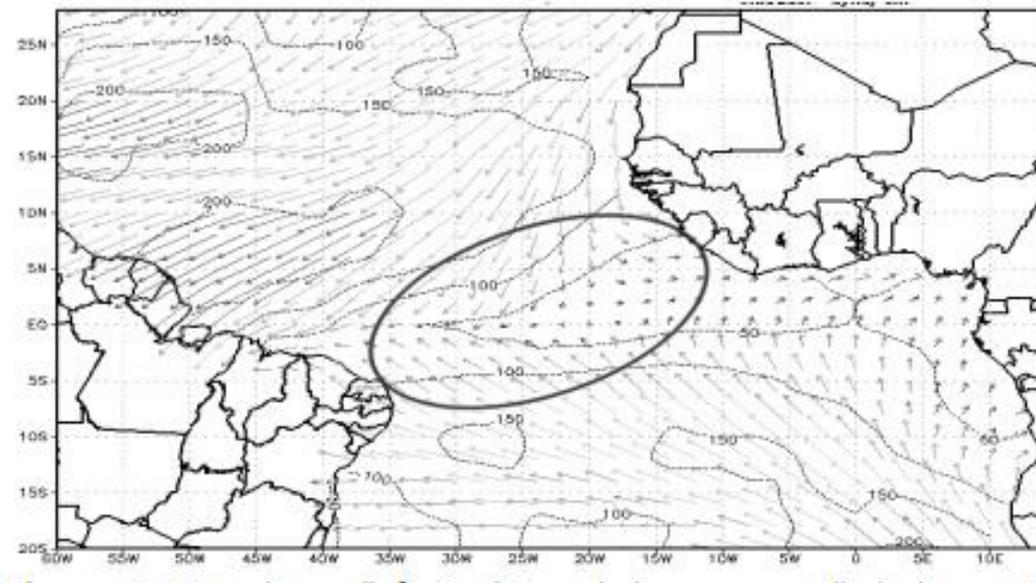
(...)de maneira geral, em anos secos no norte do Nordeste do Brasil, as águas estão mais aquecidas e a alta subtropical menos intensa no Atlântico Subtropical Norte, simultaneamente com águas mais frias e alta subtropical mais intensa no Atlântico Subtropical Sul. Situação inversa pode ser observada em anos chuvosos. Certamente que outros padrões de escala global podem acentuar condições de seca ou de chuva acima da média sobre o Nordeste do Brasil (DE MELO *et al.*, 2002, p.1)

A ZCIT, que é definida como por um cinturão de nuvens que envolvem a faixa equatorial da terra, gerada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Sul com os ventos alísios do Hemisfério Norte, quando sua posição se encontra mais ao sul, nos meses de março a abril, ocasiona acumulados significativos de precipitação, e, quando sua localização é posicionada mais ao norte nos meses de agosto e de setembro, temos o período mais seco. (PEREIRA, 2014). Anualmente entre o Atlântico, a ZCIT tem sua posição mais direcionada ao norte (10°N), entre julho e agosto, e a sua posição fica mais ao sul (5°S) durante os meses de

março e abril (LYRA *et al.*, 2019). Na figura 02, pode-se ver sua ocorrência em região nordeste brasileira.

**Figura 2** – Eixo de confluência (circundado) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT

Fonte: Apostila do Curso de Meteorologia da FUNCEME, 1998

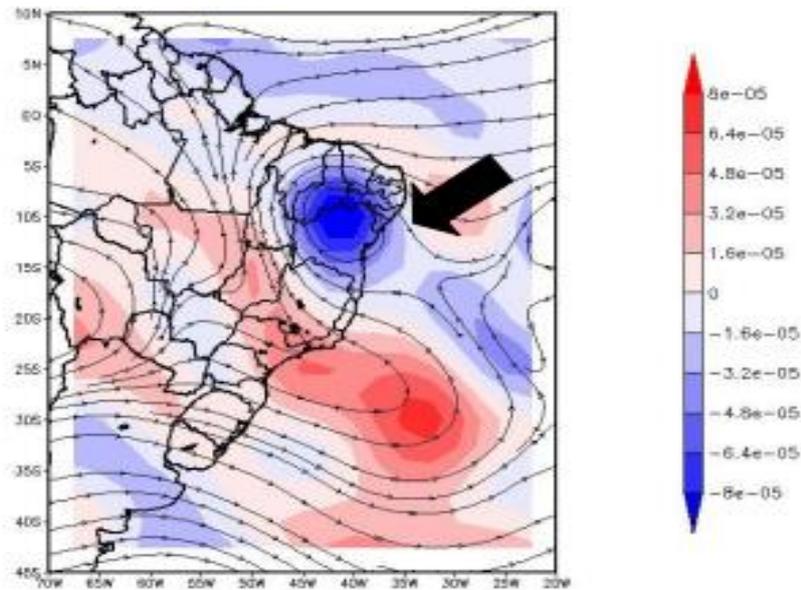


Uvo *et al.* (1988) apresentaram um estudo detalhado sobre a ZCIT e sua relevância no índice de chuvas regionais do NEB, nos dando conclusões de que o posicionamento e a intensidade da ZCIT são parâmetros importantes para a qualidade da estação chuvosa do NEB (LYRA *et al.*, 2019).

### 2.1.2 Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs)

No Nordeste atuam, também, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs). Esse sistema atmosférico tem sua formação sobre o oceano Atlântico, tem seu período de atuação entre os meses de novembro e de março, movendo-se de leste para oeste em média entre 4 a 6° de longitude por dia até penetrar no continente, quando então se dispersa devido ao aumento de temperatura da superfície. Os VCANs são um conjunto de nuvens que, quando observados por imagem de satélites, tem formato parecido com um círculo girando no sentido horário. Analisando a sua periferia há formação de nuvens que causam chuva e no centro há movimentos de subsidência, que causam o aumento da pressão e inibi a formação de nuvens (FERREIRA; MELLO, 2005; SANTOS, 2019).) Na figura 03 pode-se ver sua ocorrência no Nordeste

**Figura 3** – A formação dos VCANs no Nordeste Brasileiro



Fonte: REIS (2018)

Os VCANs são considerados sistemas de duplo sentido, pois, se de um lado conseguem atuar na produção de chuva, por outro podem diminuir drasticamente a formação de nuvens devido ao movimento descendente de ar frio e seco no seu centro. Ao gerar chuvas intensas e concentradas em um pequeno espaço de tempo, pode causar inundações e diversos impactos nas atividades humanas, principalmente em áreas urbanizadas (SANTOS, 2019).

Em relação ao tempo de atuação desses sistemas, varia aproximadamente de 7 a 10 dias. Na região Nordeste, este sistema meteorológico é classificado na escala sinótica e tem sua atuação maior na pré-estação chuvosa, principalmente no mês de janeiro (FERREIRA; MELLO, 2005).

### 2.1.3 Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL)

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) ou Ondas de Leste são considerados um sistema meteorológico de grande influência no que diz respeito ao regime de precipitação em grande parte das regiões tropicais do globo, que vem sendo estudado há mais de cinquenta anos. Estes foram identificados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Tropical e na faixa tropical perto da África (PEREIRA 2013; PONTES DA SILVA, 2011). No Brasil, em área de influência dos ventos alísios costumam contribuir para chuvas nos estados do leste do Nordeste e, eventualmente, trazem precipitações para o Ceará nos meses de junho, julho e agosto,

principalmente na parte centro-norte do estado. (FERREIRA; MELLO, 2005; FUNCEME, 2019). Na figura 04 , percebe-se a ocorrência das Ondas de Leste no nordeste do Brasil.

**Figura 4** – Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste (OL)



Fonte: Funceme, 2019

Os ventos de Leste podem ser definidos como perturbações sinóticas associadas a cavados e a elevações de temperatura da superfície do mar caracterizados como nuvens altas na forma de V-invertido. Os DOLs causam diversos transtornos à vida humana, como a destruição de bens, especialmente em função de inundações e de deslizamentos de terra (PEREIRA 2013; PONTES DA SILVA, 2011).

#### 2.1.4 Linhas de Instabilidade (LIs)

As linhas de instabilidade (LI) são definidas em síntese como aglomerados convectivos alinhados responsáveis por bandas de chuvas de alta intensidade, seguido de precipitação estratiforme, ocorridas frequentemente identificadas nas latitudes médias até o Equador. A primeira descrição de Linhas de Instabilidade (LIs), distúrbios crescentes em mesoescala, como fenômenos atmosféricos distintos ocorreu no ano de 1945 (SANTOS, 2019).

Ferreira&Mello (2005) classificam essa dinâmica como umas bandas de nuvens que geram a precipitação, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Isso é motivado principalmente pela influência da grande quantidade de radiação solar

incidente sobre a região tropical. De acordo com os autores, essas nuvens atingem um número maior à tarde e no início da noite, quando a convecção é máxima, causando chuvas, principalmente, nos meses de fevereiro e março, devido à sua proximidade com a ZCIT. Na figura 05 destaca-se sua ocorrência em Fortaleza e nas redondezas.

**Figura 5** – Imagem de radar com chuvas em decorrência da linha de instabilidade



Fonte: Funceme,2020

## 2.2 Fenômenos oceânicos que influenciam as chuvas no Ceará

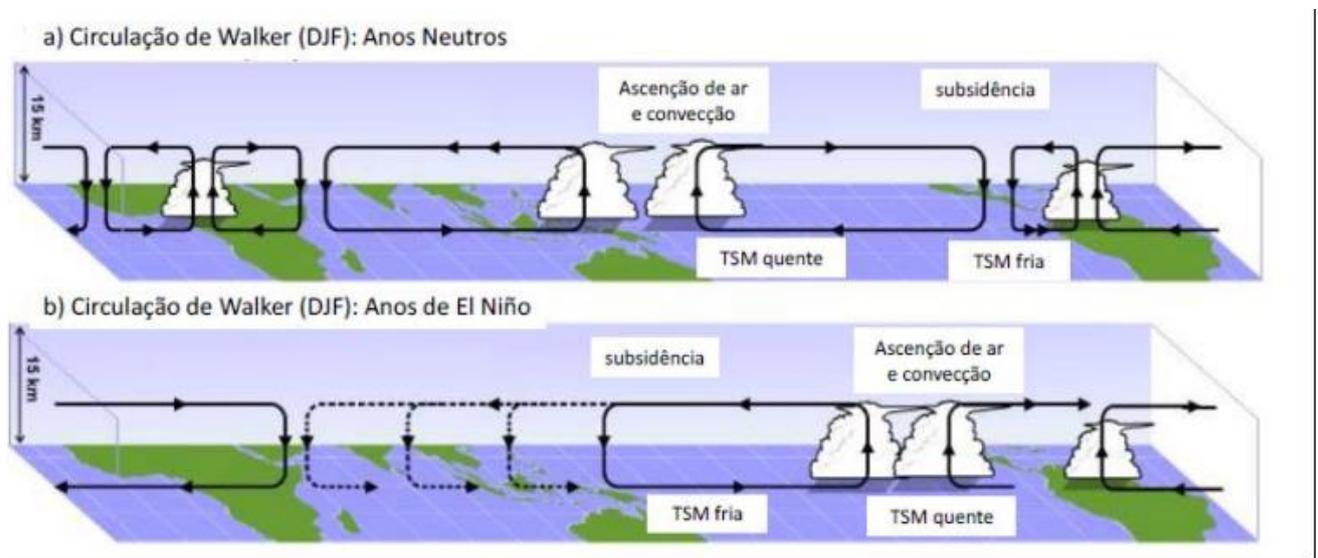
Nesta parte do trabalho, serão apresentados os fenômenos relacionados às anomalias na circulação de grande escala, particularmente a influência exercida pelos fenômenos globais de *El Niño* o Dipolo do Atlântico, que tem grande influência na determinação de normais ou extremos de precipitação. Ressalta-se que os períodos de atuação, de duração e de intensidade desses eventos são decisivos na intensidade da ocorrência dos desastres naturais de secas e de inundações no NEB (SANTOS, 2019).

*El Niño* é um fenômeno climático que se caracteriza pelas alterações dos padrões normais da TSM e dos ventos provenientes do pacífico equatorial, ou seja, consiste no aquecimento dessas águas motivado pelo enfraquecimento dos ventos alísios entre a Costa peruana e o Pacífico Oeste, próximo à Austrália. Tal alteração, tem proporção regional e global, ocasionando mudanças nos níveis de precipitação em diversas regiões tropicais e de latitudes médias (MARENGO *et al.*, 2011).

No que concerne à nomenclatura, sua origem veio do espanhol e se refere à presença de águas quentes que aparecem, todos os anos, na costa Norte do Peru, na época do Natal. Em função disso, os pescadores denominavam estas águas relacionando-as à presença do Menino Jesus (Niño Jesus). A origem e razão do aquecimento anormal do oceano pacífico ainda é incerta. Há evidências de várias teorias em busca do porquê do fenômeno atmosférico, entretanto, não são satisfatórias (COSTA, 2012).

As prerrogativas termodinâmicas atuantes nas bacias dos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais articulam e transformam a circulação atmosférica na região entre os trópicos sobre a região tropical. A célula de Hadley, que atua no sentido meridional e a célula de Walker, que atua no sentido zonal são perturbadas em anos que se verificam anomalias da TSM (Temperatura da Superfície do Mar), causando fortes alterações na circulação atmosférica sobre os trópicos, visto que essas células são deslocadas de suas posições climatológicas (FERREIRA; MELO, 2005). Na figura 06, pode-se perceber o diagrama esquemático da célula de circulação zonal de Walker.

**Figura 6** – Diagrama esquemático da célula de circulação zonal de Walker em DJF considerando (a) anos neutros e (b) anos com ocorrência de eventos El Niño



Fonte: Adaptado de <http://www.personal.psu.edu/czn115/blogs/meteo241/2%20Walker%20Circulation%20and%20El%20Niño.jpeg>

As oscilações do fenômeno climático ENOS no oceano pacífico na zona tropical é a principal influência das longínquas variações climáticas na parte do nordeste do Brasil (NEB). Essa relação ocorre por meio de mudanças na circulação geral da atmosfera. Em anos de *El Niño*, tal fenômeno provoca o deslocamento da circulação de Walker para o leste, com seu ramo

ascendente situado no Pacífico equatorial oriental onde a convecção é intensificada (ANDREOLI; KAYANO, 2006).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) ou apenas El Niño, como é referido nos veículos de comunicação de massa, possui duas fases: um quente (El Niño) e outra fria (La Niña). O comportamento da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico tropical (parte central e junto à costa oeste da América do Sul) associado aos campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação Sul) altera o padrão de circulação geral da atmosfera. Com isso, acaba influenciando no clima de diferentes regiões do mundo e sendo o responsável pelos desvios extremos em relação ao clima normal. Ou seja, pelas chamadas anomalias climáticas persistentes, que duram de 6 a 18 meses, por exemplo (CUNHA, 2011, p.18).

De forma abrangente, episódios de *El Niño* podem ser denominados como cíclicos; obstante, não possuem um tempo de ocorrência estritamente regular, em geral, em intervalos de 2 a 7 anos; entretanto, episódios de *La Niña* têm acontecido em menor frequência de que o El Niño durante as últimas décadas (MARENGO, 2011).

Em oposto à influência do *El Niño*, no que concerne às secas no Nordeste, Kane (1997) demonstrou, na sua pesquisa, que a relação entre o *El Niño* e as secas ocorridas na região nordestina dentre os 46 eventos de *El Niño* (fortes e moderados) durante os anos de 1849-1992, meramente 21 (cerca de 46%) foram associados a secas em Fortaleza, Ceará.

O *La niña*, por sua vez, ocorre quando a temperatura do oceano pacífico se torna muito abaixo do normal. Durante a ocorrência do fenômeno *La Niña*, a circulação Walker fica mais forte, onde tem o aumento da convecção sobre o Pacífico ocidental e os ventos alísios tem uma maior intensidade, ao passo que a quantidade de água mais quente fica presa ao Pacífico tropical oeste, em detrimento do resfriamento das águas do Pacífico central e oriental e a termoclina se aproxima da superfície.

Os dois fenômenos causam diversas alterações distintas nas diversas partes do Brasil. No sul do Brasil, o *El Niño* causa elevação da precipitação e já a *La niña* afetaria na ocorrência de secas severas. A região norte, é afetada por anos secos em decorrência do *El Niño* e em anos de *La Niña* ocorre o aumento de inundações. Em relação ao Nordeste a precipitação é reduzida com o aumento médio da temperatura em grande parte com a ocorrência de *El Niño* (Araújo, 2012). Ressalta-se que eventos *La Niña* favorecem a descida da ZCIT ao seu ponto mais meridional desse modo, associam as mais precipitações que geram inundações ocorridas em áreas urbanas no NEB (SOUZA, 2019).

O Dipolo do Atlântico Tropical pode ser definido pelo aparecimento de um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) de sinais opostos, na coexistência de um polo sobre a bacia Norte do Atlântico Tropical e um polo de sinal oposto sobre a bacia Sul do Atlântico Tropical. Anomalias positivas na bacia Norte e negativas no Sul caracterizam um

padrão dipolo positivo (DP). Anomalias positivas na bacia Sul e negativas no Norte caracterizam um padrão dipolo negativo (DN) (LIMA; FILHO, 2016.) Sabe-se que o Dipolo do Atlântico tem influência significativa sobre as forças oceânicas e atmosféricas, sendo substancial para a variação climática na região do NEB, bem como de todo o Atlântico. Entretanto, não se sabe o quanto ele influencia essas variáveis (LIMA FILHO, 2016).

### 2.3 Histórico de Seca no NEB

O povoamento da região feito pelos colonizadores portugueses teve início no século XVI, visto que os produtores de açúcar precisavam de uma área que lhe fornecesse material essencial como carne e animais para trabalho. A grande expansão da pecuária em campos abertos e a dificuldade de se transportar as mercadorias em lombo de burro para o consumo da população local criou a necessidade do desenvolvimento de uma agricultura de subsistência.

Os sertanejos cultivavam mandioca, milho, feijão, cana de açúcar nas áreas úmidas e próximas aos recursos hídricos. Com a revolução industrial britânica, grandes extensões do NEB foram ocupadas pela cultura do algodão, impactando ainda mais na devastação do ecossistema. No período colonial, não foi desenvolvida nenhuma política de combate à seca, tendo em vista que o governo metropolitano não tinha interesse em tais questões, tendo como ponto crucial a falta de desenvolvimento populacional e a distância da região dos polos iniciais de ocupação (ANDRADE, 1986).

No semiárido nordestino essa variabilidade climática, em particular as relacionadas à seca, sempre é sinônimo de agruras para as populações rurais do interior da região e tem sido objeto de preocupação da sociedade e de setores do governo, ao longo dos anos. A prova cabal dessa preocupação é a construção dos primeiros reservatórios hídricos no semiárido nordestino, que datam do final do século XIX, durante o período imperial (MARENGO *et al.*, 2011, p.287).

Já no período imperial (1822-1889), procurou-se desenvolver algumas políticas de assistência à população que sofriam com a problemática da seca. Exemplificando, tiveram a construção de açudes e o desenvolvimento da navegação pelo rio São Francisco. D. Pedro II ressaltou uma frase bem emblemática ao afirmar, em 1877, que empenharia as joias da coroa, mas não permitiria que os nordestinos passassem fome. Na contemporaneidade, a região sofre com tal problemática. Foi proposto até importar camelos para serem utilizados como animais domésticos, em substituição a bois e cavalos (ANDRADE, 1986).

[...] Relatos de eventos de seca remontam aos anos de 1553, mas, somente a partir da intensificação do povoamento dos sertões, eles tornaram-se mais constantes e ofereceram uma melhor dimensão sobre as consequências das secas, descrevendo a

situação dramática por que passavam as comunidades locais (LIMA; MAGALHÃS, 2018 p.193).

Com a República (1889), houve a transformação das províncias em estados federais. Assim, graças à maior descentralidade, o surgimento, em 1907, de uma Inspeção Federal de Obras contra as Secas que elaborou estudos nos diversos âmbitos ambientais (geológicos, hidrológicos, botânicos, geográficos, mineralógicos), resultando no encontro de lagos e rios favoráveis à construção de barreiras. Todavia, não foi possível executar ao mesmo tempo uma política de cunho social, pois nem todos tinham acesso a estas construções e as grandes empresas eram verdadeiramente os grandes beneficiados (ANDRADE, 1986).

Em relação à última década, destaca-se a seca que teve início em 2012-2013. Após cinco anos consecutivos de pluviometrias abaixo da média, a seca da região semiárida já é considerada a maior do século. Os grandes reservatórios da região nordestina com potencial de mais de 10 bilhões de litros de água operaram, em geral, com apenas 16,3% da capacidade. Essa porcentagem há 5 anos era de aproximadamente 46,3%. Dos 533 sistemas de armazenamento de água da região monitorados pela Agência Nacional de Águas (ANA), 142 estavam secos (SILVA, 2017).

#### **2.4 O Ceará e as suas características naturais**

No campo da análise da pesquisa no espaço geográfico, a paisagem desperta interesse de várias áreas do conhecimento em especial da geografia. Como uma linha de pesquisa que está sendo inserida recentemente no século XIX, e nas últimas décadas do século XX buscando uma compreensão à composição, à formação e à transformação do espaço possibilitando a compreensão da formação da natureza. “Apesar da noção de paisagem ser de integração da natureza e da sociedade nela contida, a base de sua formação científica é natural, formada pela troca incessante de energia e de matéria geradora das diversidades de ambientes.” (Soares, 2008, p 01).

“A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (BERTRAND, 1972 p.141).

As bases nas orientações teórico-metodológicas das escolas de Geografia (com destaque a germânica, francesa, russa e americana), os conceitos foram abordados de diversas formas e apoiados em diferentes bases epistemológicas gerando diversos conceitos e

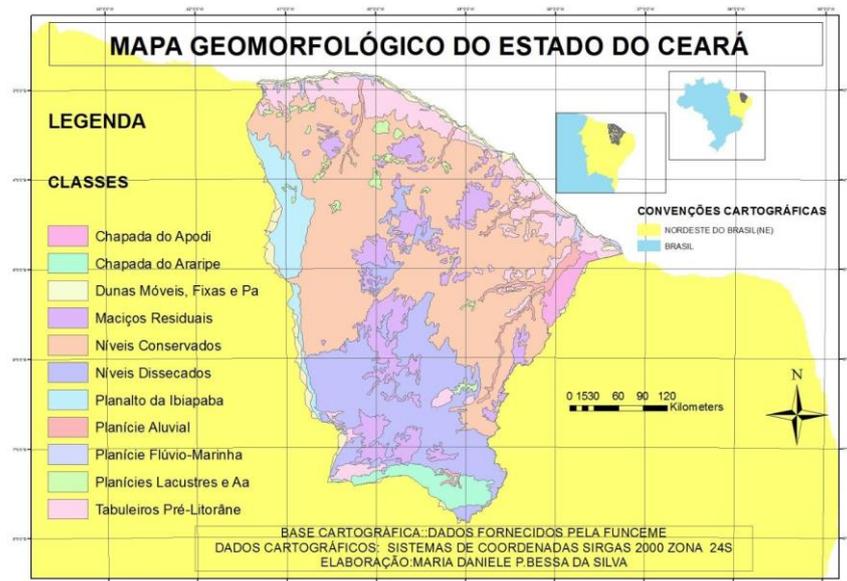
significados de paisagem em diferentes períodos. [...] Ela tem uma dimensão morfológica, ou seja, um conjunto de formas criadas pela natureza e pela ação humana, e uma dimensão funcional [...]. (CORRÊIA; ROSENDAHL, 1998, p. 8).

A mais significativa expressão paisagística é representada pela caatinga que detém características xerófilas, caducifólias e subcaducifólias (AB'SÁBER, 2008). A caracterização do semiárido cearense é complementada pela análise dos indicadores pluviométricos anuais reduzidos, pela estrutura geológica de embasamento cristalino, pela vegetação da caatinga e pelas condições pedológicas nas quais se encontram solos geralmente rasos e pedregosos (GONDIM *et al.*, 2017).

O clima predominante no Ceará é o Semiárido, que se caracteriza pelas irregularidades das chuvas e por suas altas temperaturas, onde a evaporação supera os níveis de pluviosidade (MARENGO, 2008). O domínio correspondente às extensas depressões Interplanálticas sertanejas, sobre as quais se apresentam uma rede de drenagem formada por rios de fluxos sazonais intermitentes, está estritamente relacionado com o índice pluviométrico (350 a 800 mm anuais), com chuvas de verão e com estiagem de inverno prolongada.

A caracterização do semiárido nordestino é complementada pela análise dos indicadores pluviométricos anuais reduzidos, pela estrutura geológica de embasamento cristalino, pela vegetação da caatinga e pelas características pedológicas nas quais se encontram solos geralmente rasos e pedregosos. Na Figura 07, identifica-se a geomorfologia do estado do Ceará.

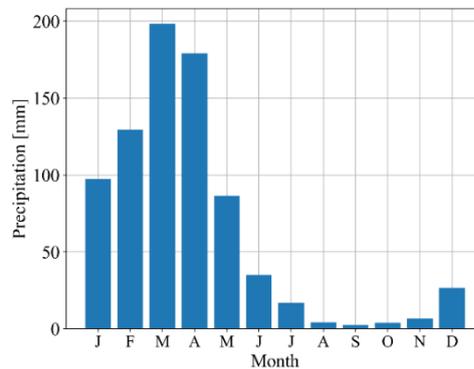
**Figura 7** – Mapa geomorfológico do estado do Ceará



Fonte: Elaborado pela autora.

Na referida região têm baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C) e forte radiação solar (GONDIM *et al.*, 2017). Em relação à estação chuvosa, observa-se, no Ceará, que os meses de dezembro e janeiro marcam a pré-estação e de fevereiro a maio encontra-se o principal período de chuva (Funceme, 2020). A Figura 8 traz a média pluviometria para o período de 1980 a 2020 sobre o Estado do Ceará.

**Figura 8** – Pluviometria para o período de 1980 a 2020 sobre o estado do Ceará



Fonte: Elaborado pela autora

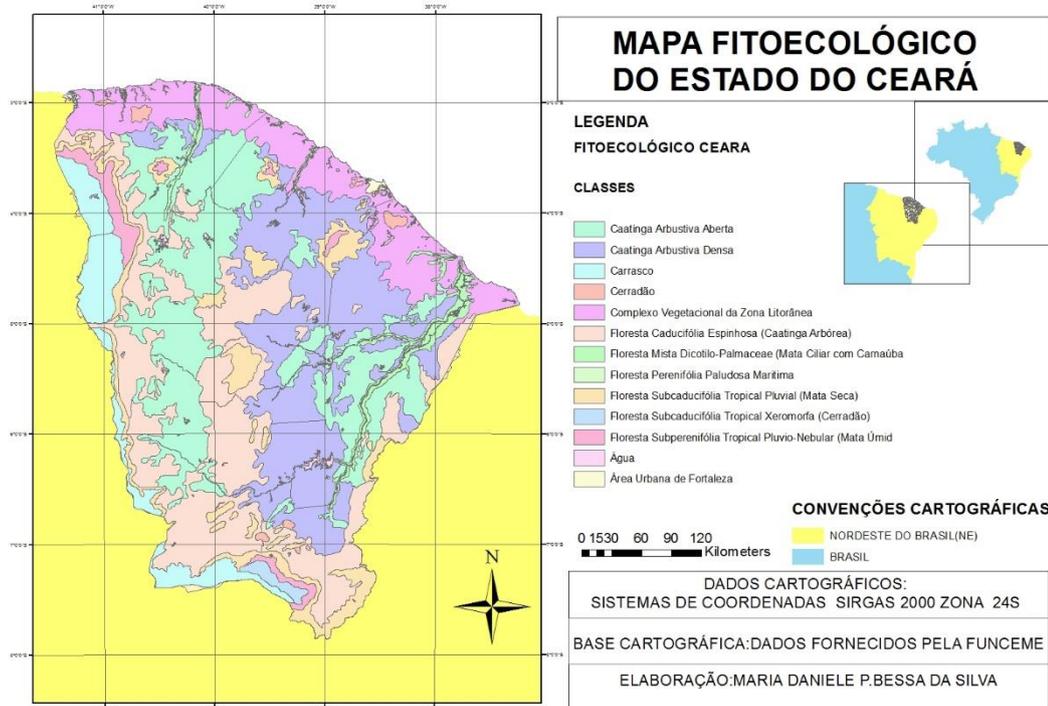
Desse modo, apenas duas estações mostram-se presentes: o período chuvoso que se resume entre 3 a 5 meses do ano e de 7 a 9 meses prevalece a seca (ANGELOTTI; SÁ; MELO, 2009). No que diz respeito a este último período, analisando historicamente, o nordestino, embora sofra com suas brutais implicações, já estaria acostumado à convivência, diferentemente da seca que perdura por anos. Em função do que foi dito anteriormente, o semiárido nordestino é uma das regiões mais afetadas pelas variações climáticas. Tais fatores proporcionam altas taxas de evapotranspiração que superam, em grande parte, o índice de chuva o que resulta em taxas negativas no balanço hídrico semiáridos (GONDIM *et al.*, 2017).

Outro fator condicionante é a constância de temperaturas médias anuais bastantes elevadas, situadas entre 25 e 29°C, no clima semiárido nordestino.

As variabilidades temporais e espaciais das precipitações pluviométricas constituem uma característica marcante do clima da região Nordeste do Brasil, em particular sobre a porção semiárida, em que a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, se não mais, do que os totais pluviométricos sazonais propriamente ditos, em especial para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo (MARENGO *et al.*, 2011, p. 388).

A natureza do ambiente explica a caracterização do semiárido no qual a vegetação da caatinga que segundo o IPECE, 2017 corresponde a 46% do território cearense. Na Figura 09, identifica-se as diversas vegetações Cearenses.

**Figura 9 – Mapa Fitoecológico do Estado do Ceará**



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.5 Ação das mudanças climáticas no NEB e os impactos ambientais

As mudanças climáticas provocadas pela ação humana podem alterar as características da agricultura brasileira. Alguns impactos estão relacionados ao surgimento de pragas, ocasionando danos em suas diversas esferas. A análise de tais impactos é de substancial importância para a adoção de ações mitigadoras com o objetivo de contribuir com práticas que evitem sérias consequências (HAMADA *et al.*, 2005)

Os impactos diretos do clima sobre a produção e a distribuição da produção agrícola no país são apenas alguns dos efeitos econômicos causados por esse fenômeno. A atividade agrícola, afetada diretamente pela mudança climática, repercute sobre diversos setores econômicos. Por exemplo, aumenta o custo de produção agrícola e da pecuária, eleva o custo dos insumos para o setor de alimentos e para o consumo das famílias. Assim, gera queda de atividade econômica em vários setores, que acabam espalhando seu impacto no sistema econômico. Algumas regiões, beneficiadas pela introdução ou ampliação de cultivos, podem atrair fatores produtivos (capital e trabalho) e serviços, deslocando a atividade econômica de outras regiões (DOMÍNGUES; MAGALHÃES, 2011, p.7)

Um dos entraves nos estudos sobre as mudanças que ocorrem no semiárido é mensurar os fatores abióticos como clima e fatores bióticos socioeconômicos como pressões causadas pelo crescimento demográfico (RUFINO; SILVA, 2017). Atualmente, as mudanças

climáticas constituem-se como um dos temas antagônicos. Temos duas versões principais: a de que o homem interfere nas alterações globais e a segunda é que as mudanças estão relacionadas às causas naturais.

A degradação que pode ter como resultado a desertificação do solo, descende, de início, de atividades humanas inapropriadas sobre as diversas paisagens; com práticas de baixa sustentabilidade e ambientes suscetíveis a esse processo. Sendo assim, as condições sociais e econômicas podem interferir e fomentar uma relação de conflito entre o homem e a natureza, principalmente no cenário nordestino; pois tal região foi esquecida por muito tempo de políticas governamentais de combate à seca e à desertificação (NASCIMENTO, 2007).

No cenário de ocorrências da desertificação do Brasil, a região Nordeste, partes de Minas Gerais e Espírito Santo, tem destaque em relação a esse problema ambiental, baseado em fatores estabelecidos no enquadramento dos critérios estabelecidos pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN-Brasil) a partir dos quais a desertificação é entendida como a degradação das terras que se encontram inseridas entre os índices de aridez correspondente à 0,05 a 0,65 (GERRA; SOUZA; LUSTOSA, 2010).

“A ação antrópica estaria na origem dessa modalidade de desertificação, com a retirada predatória e, em grande escala, dos recursos. O processo pode ser agravado se coincidir com a ocorrência de estiagens severas e frequentes [...]” (CONTI, 2008, p.45). As condições sociais influenciam na intensificação da desertificação, pois impulsionam o desmatamento com práticas de extrativismo que degradam o meio ambiente, assim como a desertificação influencia na intensificação da pobreza do povo da região. Portanto, esta combinação, de ações antrópicas e naturais, afeta diretamente a disponibilidade de recursos naturais, diminuindo as áreas de produção agrícola e, conseqüentemente, a democratização do acesso a alimentos.

A relação do homem com o meio ambiente continua na pauta de grandes debates gerando mudanças de atitudes, tanto em setores da vida econômica e industrial contemporânea, como em alguns campos do saber. Os questionamentos sobre os problemas ambientais causados pelos homens ultrapassam as fronteiras tornando-se objetivo de diferentes ciências. (CONTI, 2005).

Portanto, podemos inferir que a desertificação biológica tende a acontecer quando os ambientes perdem a sua capacidade de regeneração, gerando a escassez da fauna e restringência da cobertura vegetal, tendo como consequência o empobrecimento do solo, a salinização e, conseqüentemente, a diminuição de áreas agrícolas. Em virtude do desmatamento, o balanço térmico entra em desequilíbrio; gerado pelo aumento da refletividade da radiação solar. Tais modificações no albedo contribuem para a redução na precipitação da região (CONTI, 2008).

Nas últimas décadas do século XX e no início do século XXI, temáticas como mudanças climáticas e aquecimento global têm gerado destaque não só na mídia de massa, mas também no mundo científico (CRUZ *et al.*, 2014).

O aquecimento global, durante as últimas décadas, vem sendo um tema de amplas discussões em torno do meio científico. A maior parte dos cientistas afirmam que a atual situação do planeta está relacionada diretamente com as ações humanas, entretanto, alguns poucos cientistas discordam da interferência do homem no clima da Terra.

O principal órgão que defende a influência antrópica no clima com o aumento dos gases do efeito estufa é o Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (Do Inglês, IPCC). O novo relatório lançado relata que, se o aquecimento global ultrapassar o limite de 2°C estabelecido no Acordo de Paris, a Terra passará por grandes consequências. A exemplo disso, os territórios com fertilidade poderão se tornar desertos. Dessa forma, a humanidade estará mais propensa a enfrentar crises alimentares de origem climática mais drásticas, necessitando assim de grandes medidas para reverter esse quadro.

De acordo com Paulo Artaxo, professor do Instituto de Física (IF) da Universidade de São Paulo (USP) e membro do IPCC, são quatro os principais aspectos defendidos no relatório: reduzir o desmatamento de florestas tropicais é de suma importância; fazer reflorestamento em grande escala é de extrema necessidade para remover CO<sub>2</sub> da atmosfera; é preciso investir em práticas.

Assim, os céticos analisam que podem existir vários fatores que contribuem para o aquecimento global, justificando que este é um aumento inferior a outros já ocorridos no passado, antes mesmo da Revolução Industrial em que existia grande uso de energias não renováveis geradoras de gases poluentes. Para eles, não se pode esquecer a grande complexidade que é o clima e que não pode prender-se a uma teoria do CO<sub>2</sub> (CRUZ, 2014).

Grande parte dos cientistas defendem que um modelo de desenvolvimento gerador de um crescimento desordenado como consequência da falta de planejamento altera consideravelmente a atmosfera local, provocando mudanças climáticas interferindo na qualidade de vida dos seus habitantes. Portanto, gera uma relação devastadora e desarmoniosa do homem para com o meio ambiente (PINHEIRO; RODRIGUES; SOUZA, 2017).

O meio ambiente tem sido considerado pela teoria econômica do capitalismo como um recurso comum do qual o homem extrai seus recursos e devolve para natureza os subprodutos em forma de poluição e lixo. Entretanto, nem todos têm acesso livre a isso e o uso exacerbado dos elementos terrestres provocará danos, a longo prazo, ao meio ambiente, ao suporte da vida no planeta Terra com sérias consequências para as gerações futuras. Um dos aspectos amplamente discutidos é o efeito das atividades econômicas sobre as mudanças

climáticas originadas pelo aumento dos gases poluentes do efeito estufa (DOMINGUES *et al.*, 2011).

O questionamento sobre os problemas ambientais causados pelos homens ultrapassa as fronteiras, tornando-se objetivo de diferentes ciências. Resultantes destas discussões, inclusive com posições antagônicas ao tema, no fim do século XX, o conceito de desenvolvimento sustentável se molda, paulatinamente, no contexto contemporâneo (CONTI, 2005).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Etapas da pesquisa**

Na primeira parte da pesquisa, o levantamento de dados foi feito em fontes em artigos, dissertações e teses com foco nos últimos 5 anos. Essas fontes foram consultadas visando coletar materiais sobre o tema para discussão para problematização socioambiental nesse determinado espaço com ênfase na relação sociedade-natureza. Nesta primeira etapa, de caráter bibliográfico, realizou-se a construção de uma tabela com os principais fenômenos de seca ocorridos no século XX.

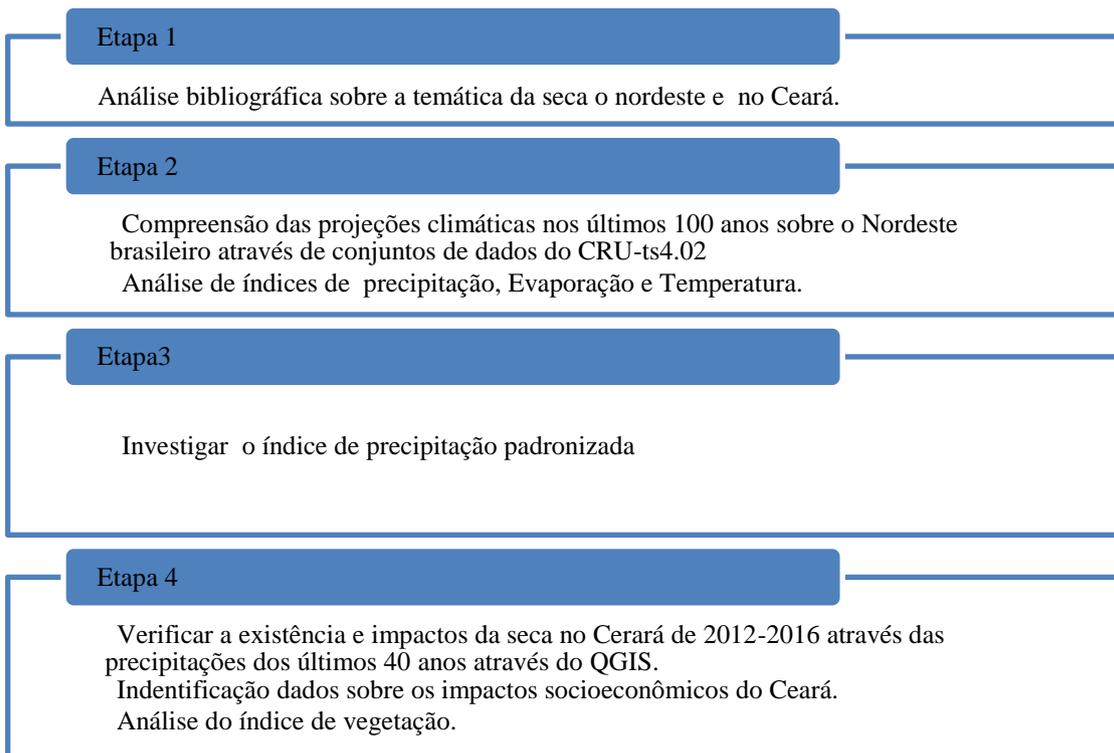
Na segunda etapa, de análise de dados, o objeto foi o nordeste do brasileiro, buscando uma análise inicial da região nos últimos 100 anos através de conjuntos de dados do CRU-ts4.02 com análise de dados: meteorológicos (precipitação, temperatura máxima e mínima e ETP), índices de aridez e índice de vegetação.

Na terceira parte da pesquisa foram utilizadas séries temporais de pluviometria no Ceará entre os anos de 1980-2020, os históricos mensais de precipitação foram obtidos pela Funceme e elaborados pelo método de Thiessen e foi utilizado o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) para quantificar o impacto da seca nas bacias hidrográficas elaborado em parceria com o Centro de Pesquisa em Ciências Marinhas e Limnologia da Universidade da Costa Rica, San José.

Na quarta etapa buscou-se analisar a existência e os impactos da seca no Ceará de 2012 – 2016 através das precipitações dos últimos 40 anos com o suporte do SIG QGIS, utilizando-se da técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância). Os dados de precipitação foram os mesmos fornecidos pelo Banco da Funceme para determinar o Índice de precipitação padronizada (SPI) em relação às Bacias Cearenses referentes ao período de 2014 a 2016. Na quarta etapa, foram identificados dados sobre os impactos socioeconômicos do Ceará e análise do índice de Vegetation Health Index (VHI). Para esquematizar a pesquisa, foi

organizado um organograma exposto na figura 10. No aspecto metodológico-teórico, quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada utilizando-se da abordagem quantitativa. O método utilizado foi o indutivo.

**Figura 10** – Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva; a pesquisa exploratória traz como objetivo propiciar uma maior familiaridade com a problemática, pretendendo torná-la mais explícita ou constituir hipóteses. As pesquisas descritivas têm como objetivo principal a apresentação das características de determinada população ou fenômeno, ou, então, a instauração de relações entre variáveis (GIL, 2002).

Os procedimentos passam pela pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Segundo Gil (2002) o estudo de caso é classificado como um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de forma que proporcione seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa.

### 3.2 Fonte de dados

#### 3.2.1 análises bibliográfica

Para composição da primeira parte da pesquisa levantou-se bibliografias sobre a temática. No Quadro 1, foram sintetizados diversos autores que trabalharam sobre assunto.

**Quadro 1** – Principais estudos sobre as últimas secas no Nordeste

AUTORES	ANOS DE SECA ESTUDADOS	MÉTODO
<b>Cunha <i>et al.</i>, 2019</b>	2011-2019	O Índice de Seca Integrado (IDI)
<b>Marengo, 2017</b>	2012-2015	Não usou nenhum índice
<b>Carmo, 2020</b>	1980-2013	Índice de Precipitação Padronizada (SPI)
<b>Rabelo; Neto, 2018</b>	2012 -2016	Não usou nenhum índice
<b>Azevedo <i>et al.</i>, 2018</b>	2012-2016	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)
<b>Martins; Magalhães ,2015</b>	2012 e 2015	Análise de viagens pelo Ceará
<b>Medeiros, 2019</b>	2012-2016	Realizou simulações com o RegCM-TBAND
<b>Brito <i>et al.</i>, 2018</b>	1981–2016	O índice de precipitação padronizado (SPI)
<b>Bezerra <i>et al.</i>, 2016</b>	2014-2016	Método de abordagem indutivo e o método de procedimento estatístico

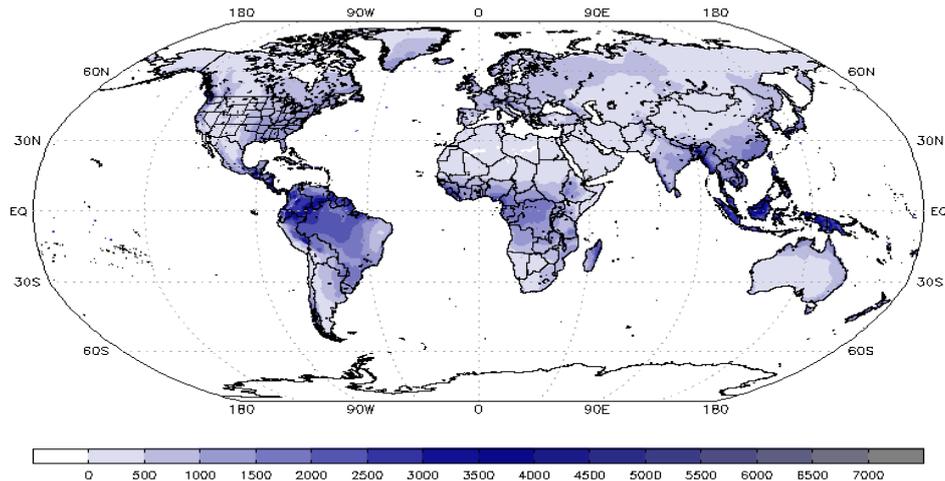
Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.2.2 Interpolação de Dados do CRU-ts4.02

Na segunda etapa, este trabalho buscou analisar os padrões espaciais e temporais da ocorrência da seca na região NEB, através das projeções climáticas nos últimos 100 anos sobre o Nordeste brasileiro a partir do conjunto de dados do CRU-ts4.02, utilizando-se da técnica de interpolação de ponderação de distância angular. Assim, foram elaborados mapas de pluviometria total, de precipitação padronizada, do índice de evapotranspiração e da temperatura do Nordeste. Neste trabalho, utilizamos a nova versão principal, CRU e TS v4. Tendo como período de referência os anos de 1901–2019. O conjunto de dados está disponível mediante solicitação na CRU, uma parte da University of East Anglia, no Reino Unido, e compreende neste trabalho uma série de variáveis apenas sobre as áreas terrestres. A partir da interpolação das imagens de satélites, encontraremos a normal climatológica referente (1980-2010) fazendo uma comparação com a última seca através da análise do Índice de aridez, da evapotranspiração potencial (ETp)

Diversas pesquisas utilizam em suas metodologias os dados provenientes do CRU (HARRIS, 2020, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2016 SILVA *et al.*, 2020). Na Figura abaixo, é perceptível tais informações sobre a temperatura global.

**Figura 11** – Pluviometria Mundial observada pelo CRU-ts4.02



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da análise da imagem, pode-se perceber que a precipitação do Nordeste brasileiro se enquadra entre 500-1000 milímetros anuais e, quando comparada com as diversas regiões brasileiras, esta região detém o menor índice de chuvas.

O conjunto de dados CRU TS (Série Temporal quadriculada da Unidade de Pesquisa Climática) proporciona grandes variáveis mensais de alta resolução de observações terrestres que tem origem desde 1901, e constitui-se em dez variáveis observadas e derivadas um conjunto de dados climático de grade de 0,5 latitude por 0,5 longitude em diversas partes do mundo, com exceção da Antártica. Os seus dados originam-se a partir de análises da interpolação de anomalias climáticas ocorridas de forma mensal e de extensas redes de observações de estações meteorológicas por diversas partes do globo (HARRIS, 2020).

### 3.2.3 SPI (O Índice de Precipitação Padronizado)

Para a realização da terceira parte desta pesquisa, foram utilizadas séries temporais de pluviometria no Ceará entre os anos de 1980 – 2020, correspondente ao período mensal de janeiro a dezembro. Os históricos mensais de precipitação foram obtidos pela Funceme elaborados pelo método de Thiessen tendo como base os postos pluviométricos segundo as Bacias hidrográficas cearenses, as divisões geográficas: Acaraú, Alto Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Coreaú, Curu, Ibiapaba, Litoral, Médio Jaguaribe, Metropolitana, Salgado, Sertões Crateús.

O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) é um índice de seca desenvolvido por McKee et al. (1993) para analisar o déficit (períodos secos) ou o excesso (períodos úmidos) de

precipitação em diferentes escalas de tempo com base em dados de entradas mensais. É o indicador mais utilizado em todo o mundo para detectar condições de seca e sua gravidade (magnitude), um fenômeno natural que afeta o abastecimento de água, atividades agrícolas e hidrológicas.

O SPI é um índice poderoso, simples e fácil de calcular por a precipitação ser o único parâmetro de entrada; que permite estudar secas meteorológicas (1 – 3 meses), agrícolas (3 – 7 meses) e hidrológicas (7 meses acima). Os valores de SPI são classificados em diferentes condições de seca com base na classificação SPI proposta por McKee et al. (1993) mostrado na Tabela 1.

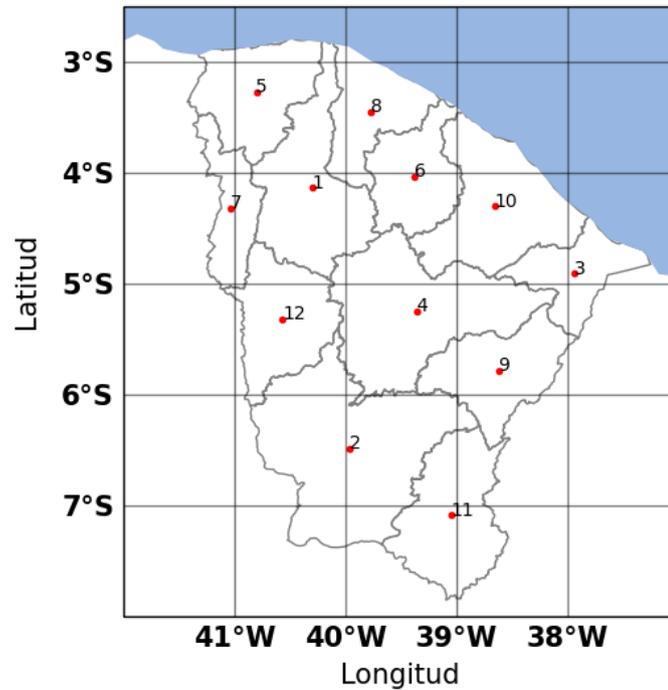
**Tabela 1 – SPI valores**

2+	extremely wet
1.5 to 1.99	very wet
1.0 to 1.49	moderately wet
-0.99 to 0.99	near normal
-1 to -1.49	moderately dry
-1.5 to -1.99	severely dry
-2 and les	extremely dry

Fonte: Elaborado pela autora.

Neste estudo, o SPI foi calculado no programa R, utilizando a metodologia descrita por Wheatley (2010) para as escalas de tempo de 1-, 2-, 3-,6-, 12-, 24- e 36-meses, com dados mensais de precipitação. de 1980 a 2020. O roteiro foi fornecido por Muñoz (2014) que escreveu o código do Observatório latino-americano. Na figura 12 está a Localização dos pontos pluviométricos por bacia hidrográfica estudados neste trabalho.

**Figura 12** – Localização dos pontos pluviométricos estudados no estado do Ceará de acordo com a Tabela 2



Fonte: Elaborado pela autora.

As informações sobre a bacia hidrográfica com a altitude, longitude e altitude conforme os pontos da figura acima são mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2** – Lista das bacias hidrográficas do estado do Ceará.

Número	Nome	Longitude	Latitude	Altitude (m)
1	Acaraú	-40,30	-4,14	168
2	Alto Jaguaribe	-39,96	-6,49	311
3	Baixo Jaguaribe	-37,94	-4,91	21
4	Banabuiú	-39,36	-5,26	247
5	Coreaú	-40,80	-3,28	35
6	Curu	-39,38	-4,04	128
7	Ibiapaba	-41,03	-4,32	658
8	Litoral	-39,77	-3,45	57
9	Medio Jaguaribe	-38,62	-5,79	138

10	Metropolitana	-38,65	-4,31	113
11	Salgado	-39,04	-7,09	335
12	Sertões Crateús	-40,57	-5,33	297

Fonte: Elaborado pela autor.

### 3.2.4 Técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância)

Já na quarta etapa, o foco foi o estudo do estado do Ceará em que se realizou uma análise da pluviometria dos últimos 40 anos utilizando a divisão geográfica por suas bacias hidrográficas. Inicialmente, foram elaboradas planilhas de pluviométricos mensais dos anos de 1980–2020 no Excel tendo como base o banco de dados da Funceme e posteriormente utilizamos o ArQis 2.18, para a elaboração de dados sobre a pluviometria por Bacia e o índice de seca. Para a análise climática, foi utilizado como base a normal climatológica de 1980–2020. Em razão disso, podemos dar confiabilidade quanto às comparações climáticas.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem intensificado seu uso nas últimas décadas do século XX e proporcionou um passo significativo na difusão da cartografia geotécnica por recurso à utilização de bases de dados geográficas e diferentes ferramentas de análise. O Quantum GIS (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto (Open Source). “É um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU (GPL). Atualmente, tem vigência em vários sistemas operativos, Linux, Unix, Windows, Mac OSX e Android” (MONTEIRO, 2015 p.05) É desenvolvido, ao fazer uso da técnica de interpolação IDW, a partir do QT toolkit (<http://qt.nokia.com>) e C++, o que favorece que este tenha uma “interface” gráfica amigável de fácil utilização de dados de natureza diversa, mas com carácter espacial (MONTEIRO, 2015).

### 3.2.5 O conjunto de dados do Vegetation Health Index(VHI)

O conjunto de dados do Vegetation Health Index , é um conjunto dos índices do estado de vegetação, calculados a partir da análise da observação dos satélites, pertence ao produto do Global Vegetation Health (GVH), tem como base os dados de satélites a partir do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) obtido de satélites orbitais polares, de gerencia pelo National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), os dados são obtidos semanalmente nesta pesquisa. Portanto, utilizou-se o período de 1982 a 2019,

Para analisar a saúde vegetativa sobre o NEB, utilizou-se mapas temáticos anuais do Índice da Saúde conforme a tabela a seguir (Santos, *et.al.*, 2022)

**Tabela 3** – Classificação dos valores de VHI em termos de seca

Valor de VHI	Classificação
$0 < \text{VHI} \leq 6$	Seca Extrema (SE)
$6 < \text{VHI} \leq 12$	Seca Severa (SI)
$12 < \text{VHI} \leq 24$	Seca Moderada (SM)
$24 < \text{VHI} \leq 36$	Seca Leve (SL)
$36 < \text{VHI} \leq 48$	Sem Seca (N)
$48 < \text{VHI} \leq 100$	Favorável (F)

Fonte: NOAA STAR Center (2021) apud Santos,*et.al.*, (2022)

#### 4 RESULTADOS E ANÁLISE

Após cinco anos consecutivos de índices pluviométricos abaixo da média (2012 – 2016), a seca da região semiárida cearense já é considerada a maior desde 1980. A trágica seca do período acima abarcou mais de 50% do NEB, principalmente nas porções central e sul da região. O Governo Federal decretou estado de calamidade pública 6.295 vezes em municípios do estado em razão da seca (COSTA, 2020; QUEIROGA, 2019).

A seca plurianual iniciada em 2012 e chegou a seis anos de duração em 2016 é considerada o quadriênio mais crítico em termos de quantidades de chuva desde 1911 Durante o século XX, ocorreram duas secas de três anos (1930 – 1932 e 1941 – 1943), duas com duração de quatro anos (1951 – 1954 e 2012 – 2015) e uma de cinco anos (1979 – 1983) (MARTINS; MAGALHÃES, 2015, p. 108). Na figura 13, notam-se os principais eventos de seca dos séculos XIX, XX e XXI com base nos seguintes trabalhos: Buriti *et. al.*, (2020); Marengo *et. al.*, ( 2017); Magalhães (2018); Cândido (2014); Funceme, (2012); Campos; Studart, (2001); DUARTE (2002). (Ministério da Agricultura, 2012)

**Figura 13 – Principais eventos de seca no Fim do século XIX e XX**

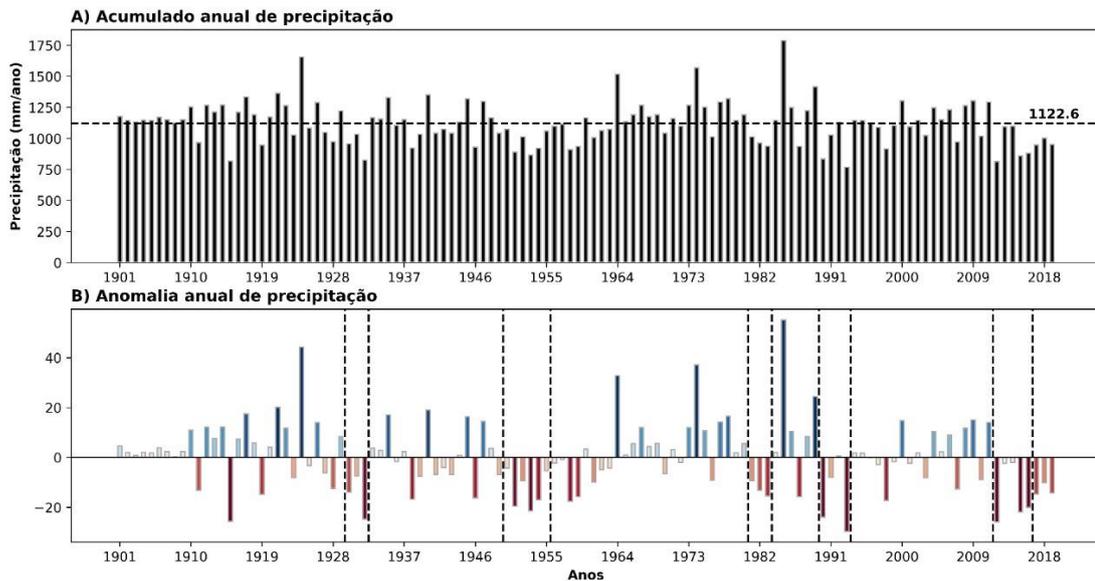


Fonte: Elaborado pela autora.

A precipitação é uma grande variável de importância ímpar no ciclo hidrológico, para os seres humanos e para os ecossistemas naturais, ou seja, na geração de energia por hidrelétrica, no consumo humano, na manutenção dos ecossistemas ou seja em outras aplicações essenciais. Entretanto, duas regiões que possuem aproximadamente a mesma média anual de precipitação, mas diferentes taxas de Evapotranspiração potencial (ETp), podem

experimental regimes hídricos bem distintos (GUIMARÃES, 2016). Na figura 14, apontam-se as análises das precipitações e temperatura em um período de 100 anos no Nordeste brasileiro (1901 – 2018).

**Figura 14** – Precipitação anual do Nordeste brasileiro



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 14A, pode-se analisar a média de precipitação anual no Nordeste desde os anos 1901 até o ano de 2019 com baixas pluviométricas perceptíveis durante vários anos. Na imagem 14B, encontra-se a anomalia anual de precipitação. A normal climatológica utilizada foi referente ao período de 1980 – 2010 e a partir dos resultados dela, percebem-se diversos anos em que a comparação dos dados traz resultados negativos em comparação á normal climatológica, comprovando assim, a existência da seca.

Nos anos de 1901 a 1919, elencam-se os períodos em que a pluviometria anual foi maior que a normal climatológica. Nos anos de 1910 a 1919, essa ocorrência se deu em três anos (1910, 1915 e 1919). Essa análise corrobora Matias (2015) o qual se afirma que fontes históricas revelam a ocorrência, em 1915, da primeira terrível seca que assolou o Nordeste que trouxe inúmeras perdas humanas e materiais.

Este evento catastrófico ficou marcado na história do povo nordestino, não só pela falta de alimento e morte de animais, mas sobretudo pela luta em se manter vivo diante da falta de apoio das autoridades e dos cerceamentos existentes e que privavam suas liberdades e os deixavam dependentes de péssimas condições sanitárias, gerando assim amontoados de dezenas de corpos. A seca do 15, como ficou marcada, foi a inspiração para a escritora Rachel de

Queiroz escrever seu primeiro e mais famoso romance: O Quinze, segundo (MARENGO *et.al.*, 2011). Neste mesmo ano, não ocorreu o fenômeno do El Niño.

No período de 1920 a 1930, encontram-se cinco períodos com índices pluviométricos abaixo da normal climatológica, o que caracteriza os períodos negativos (1923, 1925, 1927, 1928 e 1930). Em 1923, encontra-se a ocorrência de El Niño fraco, em 1925 El Niño forte e os anos de 1928 e 1930 foram considerados como secos em diversas bibliografias (DE MELO,1999). Neste período, Getúlio Vargas tentou empreender algumas obras no Nordeste, mas a intensidade da seca limitou a atuação da IFOCS (BURITI *et al.*, 2020)

Entre 1931 e 1940, percebem-se quatro períodos negativos (1931, 1932, 1938, 1939). Em 1932, conforme a figura 14, verifica-se uma anomalia menor que 20, corroborando assim, a classificação de um ano extremamente seco, sendo considerado outra grande seca que afetou o sertão nordestino. Novamente, os campos de concentração foram ampliados no Ceará e novos currais humanos foram criados nos municípios de Senador Pompeu, Ipu, Quixeramobim, Crateús e Crato (MATIAS, 2015). Este ano também coincidiu com a ocorrência de El Niño. (MARENGO *et.al.* 2011). Em 1939, nota-se um ano de seca moderada com a ocorrência de El Niño forte (DE MELO,1999).

Em relação aos anos de 1940 a 1950, tem-se a ocorrência de 5 anomalias negativas (1941, 1942, 1943, 1946, 1950). Em 1941, observou-se o El Niño com intensidade forte e a classificação de um ano seco. No ano de 1942, mais uma seca severa. Em 1943, houve a ocorrência de *El Niño* fraco com um ano seco e em 1944 a continuidade de mais um ano seco (MARENGO *et.al.* 2011).

Em 1946, observa-se um ano considerado anormal de seca e ocorrência de *El Niño* moderado (BURITI *et al.*, 2020). De 1951 a 1960, teve-se a ocorrência de nove períodos negativos (1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959). Segundo Marengo *et.al.* (2011), em 1951, tivemos *El Niño* fraco e ano seco. Em 1952, 53 e 54, *El Niño* moderado e sem seca e 1958 como anos secos. Entretanto, Buriti *et al* (2020) classifica 1953 como um ano de seca e *El Niño* fraco.

Dentre os anos de 1961 a 1970, identificaram-se 4 períodos negativos (1961, 1962, 1963, 1970) e de 1971 a 1980, foram dois períodos negativos (1972 e 1976). Buriti *et al.*, 2020 afirma que 1976 foi um ano seco e com ocorrência de *El Niño* fraco.

De 1981 a 1990, foram seis períodos negativos (1981, 1982, 1983, 1987, 1989 e 1990). A estiagem marcante a partir do ano de 1981 até o ano de 1983. Esse período foi marcado pelo acontecimento de um episódio bastante peculiar que foi o *El Niño* 1982/1983.

A ocorrência deste fenômeno provocou grandes modificações no regime pluviométrico que gerou como consequência uma estiagem considerada como uma das mais

longas e severas da história do Nordeste, em que o número de mortos foi considerado como de uma calamidade pública. O número estimado para a época foi de 700 mil a 3,5 milhões de mortos por conta da seca (SANTOS, 2012).

Em referências aos anos de 1990 a 2000 (1991, 1993, 1997, 1998, 1999). Em 1993, tivemos seca severa e *El Niño* forte e em 1998 seca severa *El Niño* forte (MARENGO *et al.*, 2011). De 2001 a 2010, encontra-se quatro períodos negativos (2001, 2003, 2007, 2010) e de 2011 a 2018 foram cinco períodos negativos (2012, 2013, 2014, 2015 e 2016).

Analisando os anos de 2010 a 2017, verifica-se dados pluviométricos que podem ser enquadrados como condição de seca, com exceção do ano 2011 (MARTINS *et al.*, 2017). Desde 2012, o NEB vivenciou a pior seca dos últimos cem anos, trazendo impactos negativos para mais 23 milhões de habitantes que vivem no semiárido da região nordestina. São 600 mil animais perdidos só em Pernambuco e mais de 600 cidades em estado de emergência devido à seca. (CRÉDICO, 2017, p.1).

No Quadro abaixo, encontramos os anos de seca citados nos parágrafos anteriores e sua relação com o fenômeno *El Niño* elaborada com base nos seguintes autores: DE MELO, 1999; MARENGO, *et. al.*, 2011; BURITI, *et al.*, 2020.

**Quadro 2** – Anos de seca no NEB e a relação com o fenômeno El Niño

<i>Ano</i>	<i>Fenômeno</i>	<i>Ano</i>	<i>Fenômeno</i>
1902	Seca moderada El Niño forte	1958	Seca moderada El Niño forte
1903	Seca excepcional El Niño forte	<b>1959</b>	Seca moderada El Niño forte
1904	Seca moderada	1965	El Niño moderado
1907	Seca severa El Niño forte	1969	El Niño fraco
1908	Seca severa	1970	Seca moderada El Niño moderado
1909	Seca moderada	1972	El Niño moderado
1914	Seca moderada e El Niño moderado	1976	El Niño fraco e seca moderada
1915	Seca severa Ocorrência de el ninho	1979	El Niño fraco e seca moderada
1918	El Niño forte e ano seco	1980	Seca severa El Niño fraco
1919	Seca severa e El Niño forte	1982	El Niño forte e condição anormal de de seca
1925	El Niño forte sem seca	1983	Seca severa El Niño forte
1928	ano seco	1986	El Niño fraco Seca
1929	El Niño moderado	1987	El Niño moderado

1930	ano seco	1990	Seca moderada El Niño forte
1931	ano seco	1991	El Niño moderado
1932	Seca extrema e El Niño moderado	1992	El Niño forte e seca severa
1936	Seca moderada Ocorrência de el ninho	1993	Seca severa El Niño forte
1939	Seca moderada El Niño forte	1997	El Niño forte Seca
1941	El Niño forte e ano seco	1998	Seca severa El Niño forte
1942	Seca severa	2002	Condição anormal de seca El Niño moderado
1943	El Niño fraco e ano seco	2007	Seca moderada El Niño fraco
1944	Seca Ocorrência de el ninho	2012	Seca extrema
1946	Condição anormal de seca El Niño moderado	2013	Seca moderada
1951	El Niño fraco e ano seco	2016	Seca severa El Niño forte
1952	ano seco		
1953/4	El Niño moderado sem seca Seca moderada El Niño fraco		

Fonte: Elaborado pela autora.

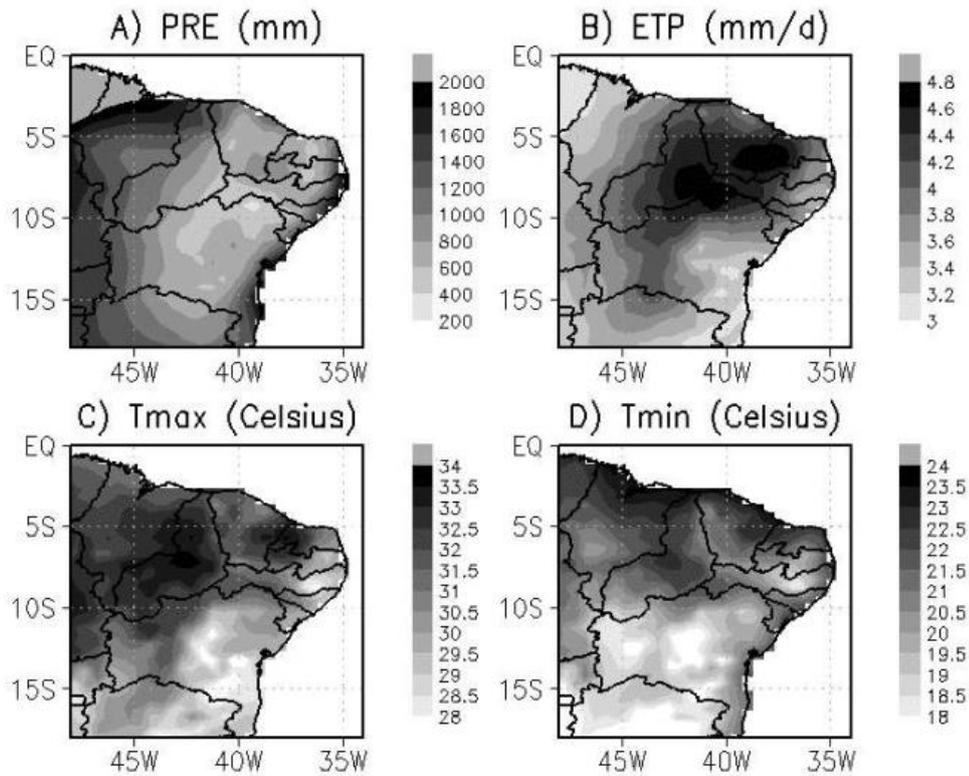
Encontramos, assim, no Nordeste, diversos períodos negativos em relação à normal climatológica e tais períodos coincidem com a ocorrência de seca sendo perceptível o aumento significativo de ocorrências durante a última década, proporcionando a reflexão de que as mudanças climáticas podem estar relacionadas com as ações antrópicas dos últimos séculos.

A evapotranspiração potencial (ETp), representada como a chuva necessária, é o procedimento de perda de água para a atmosfera, ou seja, a passagem da água do estado sólido para o gasoso. Tal processo requer suprimento de energia, e a única fonte disponível para isso é a radiação solar. Nas regiões tropicais pelo maior recebimento de radiação, a energia solar e a evapotranspiração potencial, tem números ponderastes em relação as outras partes do globo. Seus parâmetros, contribuem para o fornecimento de dados acerca de deficiências e de excedentes hídricos. (CAMARGO *et al.*, 2000).

Na Figura 15 temos a ETp do Nordeste brasileiro de 1980 – 2010. Para a elaboração das imagens 15A, 15B, 15C e 15D, tivemos os dados de precipitação, temperatura e ETP fazendo uma comparação com a normal climatológica de 1980 – 2000. Na Figura 15A, é

perceptível que a precipitação do Nordeste varia de 200 na parte central e de 600 a 800 nas demais regiões. No litoral e nas fronteiras com o norte do Brasil, varia de 1600 a 1800 milímetros.

**Figura 15** – Precipitação, temperatura e ETP do Nordeste brasileiro



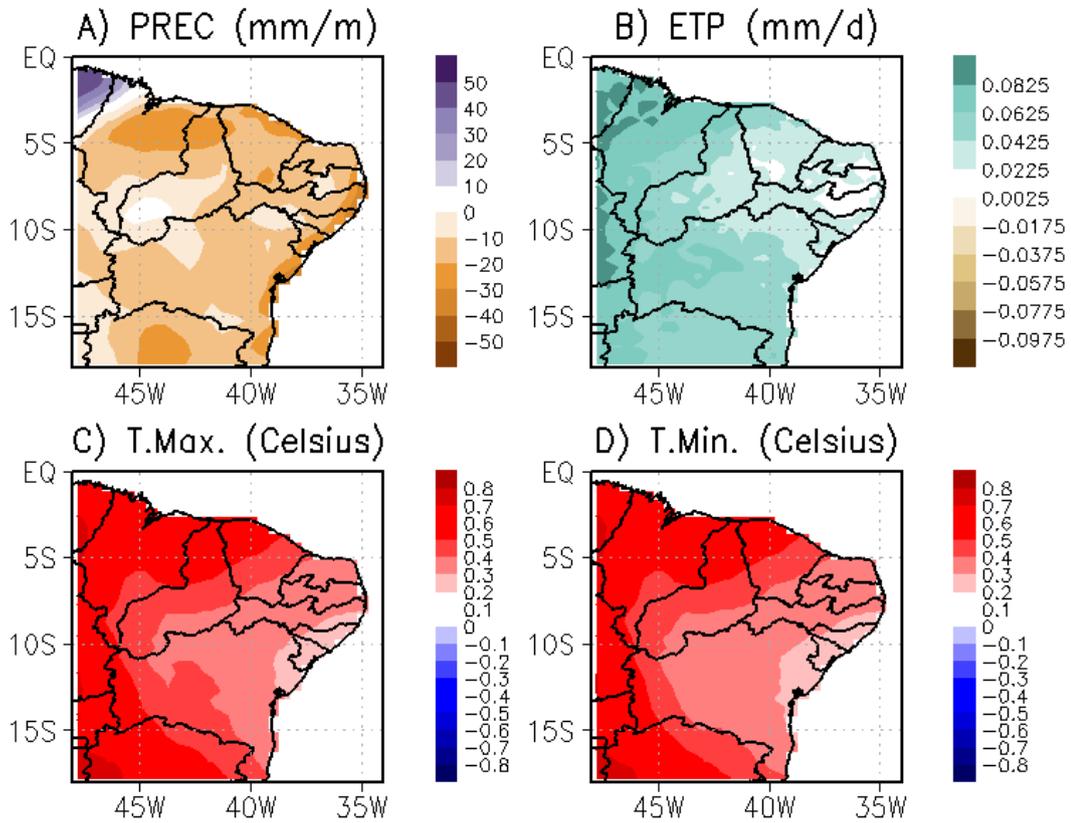
Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 15B, a ETP de 3 para 4.6 das bordas nordestinas até as regiões centrais. Na Figura C, a temperatura máxima prevalece entre 31 e 32 graus e na Figura D a temperatura mínima está entre 21 e 22 graus.

Na Figura 16 encontra-se os mesmos dados referentes aos anos de 2012 a 2016. Nas Figuras 16A, B, C, D temos a precipitação, ETP, máxima e mínima do Nordeste brasileiro tendo como base os anos de 2012 – 2016 fazendo uma comparação com a normal climatológica (1980 – 2000). Na Figura 16A, é perceptível que a precipitação na maioria do Nordeste foi de -20 em relação à normal climatológica, evidenciando, assim, a seca neste período.

Na figura 16B, temos a ETP sendo 0,0625 maior em comparação com a normal climatológica. Na Figura C, vê-se a temperatura 0.6 maior na maior parte das regiões. Na figura D, temos a temperatura mínima também sendo maior em grande parte do Nordeste.

**Figura 16**– Precipitação, temperatura e ETP do Nordeste brasileiro de 2012-2015 em relação a normal climatológica de 1980-2000



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando os dados mostram temperaturas maiores que a normal climatológica e precipitação menor, deduzimos a ocorrência de seca neste período para confirmar tal assertiva aproximadamente todos os municípios do semiárido brasileiro (1.262) decretaram situação de emergência por causa da seca de 2012– 2016. (MEDEIROS, 2019).

#### 4.1 Análise Dos Índices De SPI E A Seca Meterológica Nas Babias Hidrográficas Cearenses.

A Figura 17 mostra em escala temporal a duração dos diferentes eventos hidro meteorológicos de seca ou aumento do regime de chuvas para as estações de Acaraú, Alto Jaguaribe e Baixo Jaguaribe. O eixo horizontal mostra os anos durante os quais um determinado evento ocorreu e o eixo vertical o número de meses ou prolongamento do comportamento.

Longos períodos em tons de vermelho indicam longas durações, enquanto tons de vermelho que se estendem por várias escalas de tempo (eixo vertical) indicam secas que podem ter evoluído de secas meteorológicas (alguns meses) para secas agrícolas ou hidrológicas (vários meses).

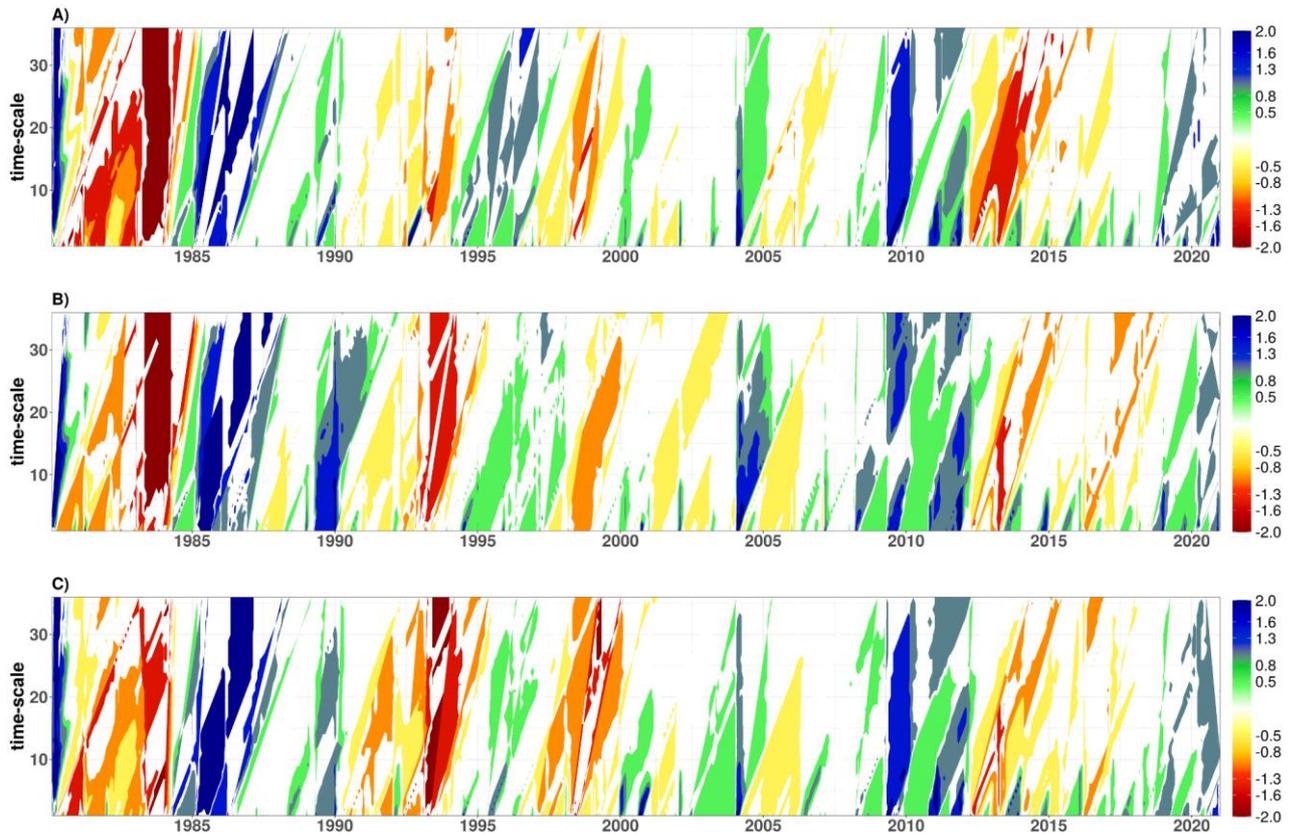
O Nordeste do Brasil (região que inclui os estados do Ceará) sofreu uma seca plurianual entre 1979 e 1983, que afetou um grande número de pessoas e produziu diversos impactos na agricultura e pecuária, especialmente na região. (Marengo et al., 2016). O SPI detectou secas extremas em poucos meses entre 1980 e 1983 na estação Acaraú.

Os anos de 1982, 1983 e 1984, com exceção de 1984, foram anos de ocorrência do fenômeno El Niño segundo registros do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2018), que possivelmente é o intensificador dos eventos; em 1984 houve uma La Niña de baixa intensidade.

Entre 1990 e 1995, o Nordeste sofreu um longo período de seca, mais intenso em 1992 – 1993. Marengo *et al.*, (2016) apontam especificamente que em 1993 o evento de seca estava ligado ao *El Niño*. Além da estação Coreaú, Alto Jaguaribe (Figura 17A) indicou, por meio do SPI, os meses de 1990, 1992 e 1993 com extremos de seca. Para o Baixo Jaguaribe, os maiores índices positivos da série SPI (Figura 17C) foram encontrados entre 1986 e 1987, sugerindo que esse período foi marcado pela ocorrência de alguns anos chuvosos anômalos.

A causa desses aumentos anômalos possivelmente se deve à ação conjunta de fenômenos meteorológicos de diferentes escalas temporais (por exemplo, escala sazonal, interanual). O Baixo Jaguaribe (Figura 17C) apresentou o recorde de seca extrema máxima, com 3 eventos em 1992, 1993 e 1994.

**Figura 17** – SPI time-scale for: A) Acaraú, B) Alto Jaguaribe, C) Baixo Jaguaribe



Fonte: Elaborado pela autora.

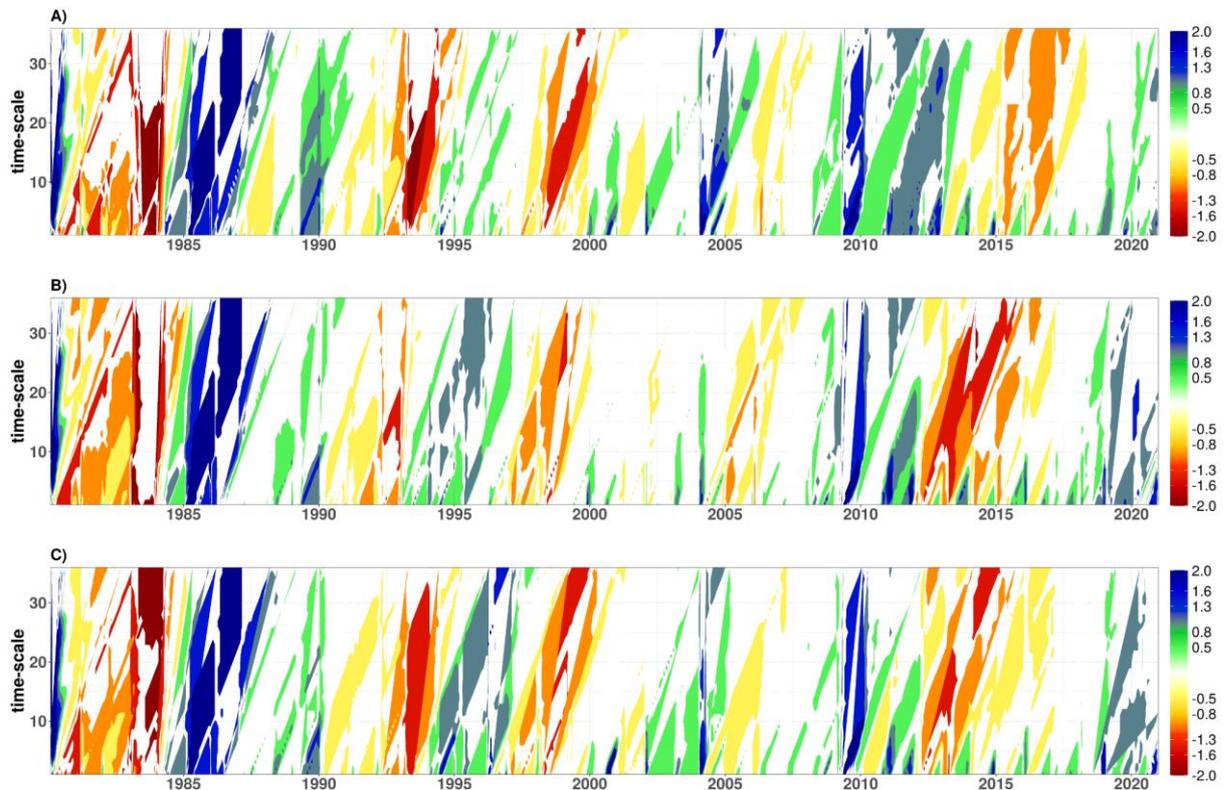
Para a estação Banabuiú (ver Figura 18A), assim como para as demais estações, observamos a presença de uma escala de tempo de 1 a 2 anos, que está associada ao ciclo anual dos sistemas acoplados oceano-atmosfera que operam na região. A variabilidade da precipitação relacionada aos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENSO) também foi observada. De modo geral, os anos secos destacados foram 1983, 1999, 2001 e 2014. Para a estação Banabuiú (ver Figura 18A), assim como para as demais estações, também observamos a presença de uma escala de tempo de 1 a 2 anos, que está associada ao ciclo anual de dois sistemas acoplados oceano-atmosfera que operam na região.

A variabilidade da precipitação relacionada aos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENSO) também foi observada. Em geral, os anos secos mais proeminentes são 1983, 1999, 2001 e 2014. Eventos de seca moderada a extrema também ocorrem em anos de El Niño, como 1983, 1987, 1992, 1993.

Em Coreaú (Figura 18B) e Curú (Figura 18C), os períodos de estiagem mais marcantes foram 1981, 1998, e de 2007 a 2013, que apresentaram valores de SPI negativos, apesar das chuvas extremas terem ocorrido em 2010. Os SPIs negativos (referente a eventos de seca) com destaque foram: 1983, 1991 a 1993, 2012 a 2013, onde os meses com eventos de

seca severa ocorreram em março de 1983 e maio de 2013. Segundo o CPTEC (2018), 1983 foi o ano de atuação do El Niño.

**Figura 18** – Cronograma do SPI para: A) Banabuiú; B) Coreia; C) Curu



Fonte: Elaborado pela autora.

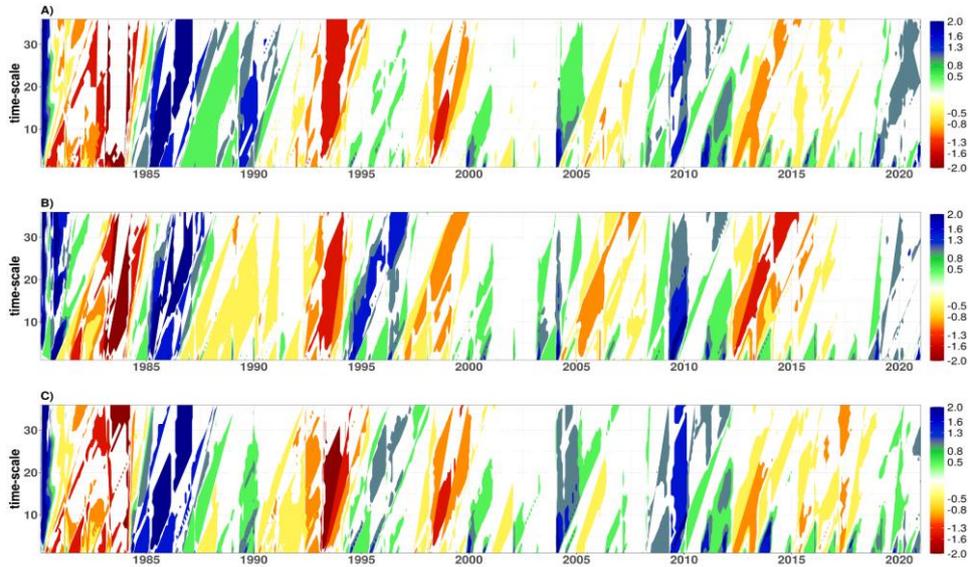
Para Ibiapaba, o SPI detectou secas moderadas e extremas em poucos meses, entre 1980 e 1983. Também nesta região, os maiores índices positivos da série SPI foram encontrados entre 1985 e 1987, o que sugere que esse período foi marcado pela ocorrência de alguns anos de chuvas anômalas. Embora menos intensos, outros eventos de seca (chuvas) foram identificados ao longo do período.

Quando comparado com outras estações, por exemplo, Coreá (Figura 19B, apresentou períodos de seca extrema), o litoral apresenta características semelhantes em termos de identificação de eventos de seca ao longo do período, mas com menor severidade para eventos de seca. Devido à localização favorável e ação de mecanismos indutores de chuva na região litorânea (por exemplo, a brisa marítima).

Para Médio Jaguaribe (Figura 19C), os maiores índices positivos da série SPI são encontrados por volta de 1985 e 2008, sugerindo que esse período é marcado pela ocorrência de alguns anos anormalmente chuvosos. Segundo o CPTEC (2018), os anos de 2007 e 2008 foram anos em que a La Niña funcionou. Por outro lado, de acordo com o valor do SPI, o índice

também detectou secas extremas (por volta dos anos de 1982, 1984, 1991 e 1995) e moderadas (por volta do ano de 2015).

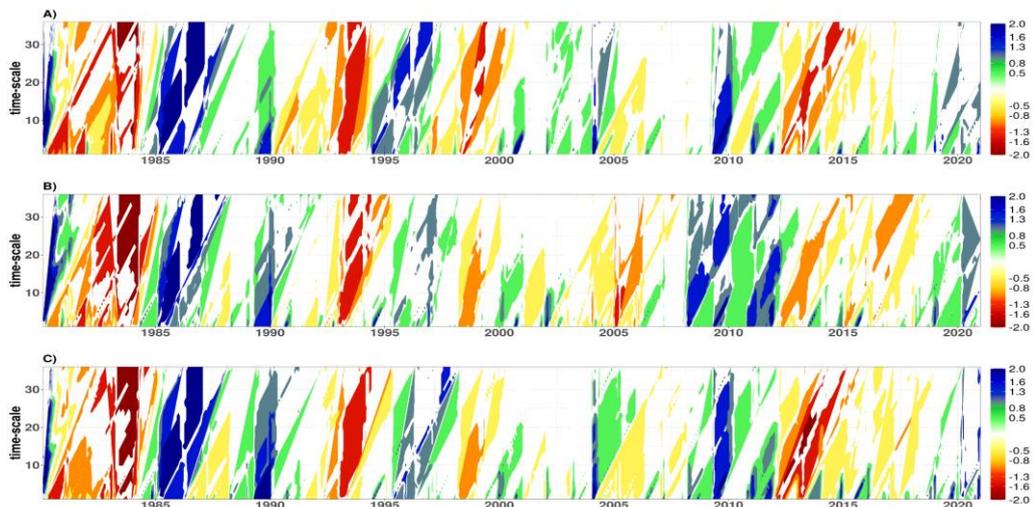
**Figura 19**– Escala de tempo do SPI para: A) Ibiapaba; B) Litoral; C) Médio Jaguaribe



Fonte: Elaborado pela autora.

Para as estações Metropolitana (Figura 20A), Salgado (Figura 20B) e Sertões Crateús (Figura 20C), o SPI apresenta características semelhantes quanto à ocorrência e intensidade dos eventos de chuva e seca. Ambas as estações apresentam SPI extremamente seca nos primeiros cinco anos da década de 1980. Outros anos severamente secos ocorreram por volta de 1993 e 2015. Segundo o CPTEC (2018), esses anos foram marcados pelo fenômeno *El Niño* forte (1982/1983); 1991/1992; 2015/2016).

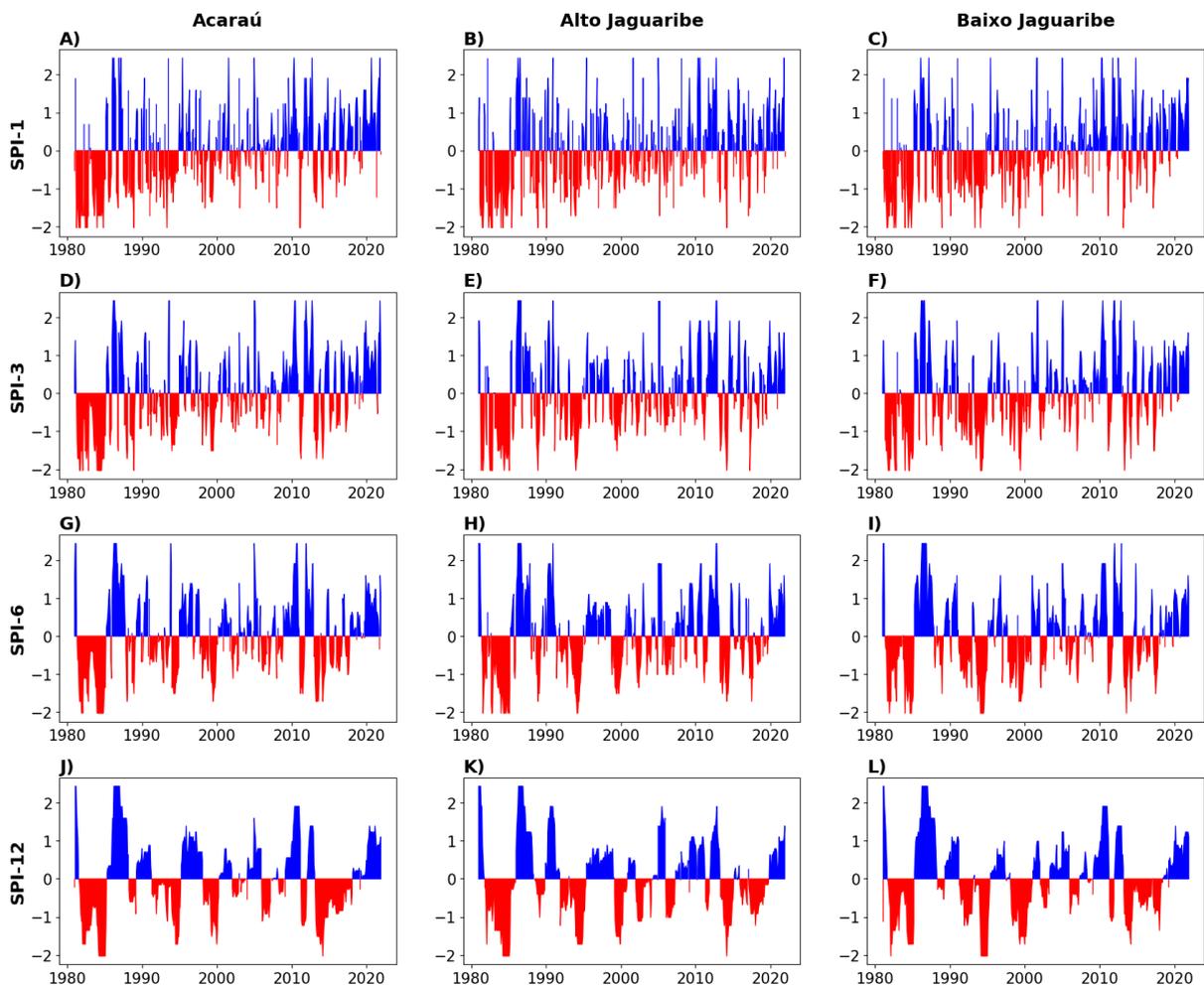
**Figura 20** – Escala de tempo do SPI para A) Metropolitana; B) salgado; C) Sertões Crateús



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 21 mostra o índice SPI de 1 mês (SPI-1), 3 meses (SPI-3), 6 meses (SPI-6) e meses (SPI-12), respectivamente, para as bacias do Acaraú, Alto Jaguaribe e Baixo Jaguaribe de 1980 a 2020. Em geral, há uma suavização dos períodos identificados com anomalias extremas à medida que a escala de tempo aumenta. Nas escalas SPI-3 e SPI-6, os principais eventos de seca ocorreram em 1983, 1992/1993, 1997-1999, 2012/2013, 2015/2016, categorizando condições severas e extremamente secas. Na escala SPI-12, observou-se uma melhor representação dos episódios de maior intensidade e duração, em comparação com outros períodos que apresentaram menor intensidade e em outras escalas.

**Figura 21** – SPI em 1 mês para A) Acaraú, B) Alto Jaguaribe, C) Baixo Jaguaribe, 3 meses para D) Acaraú, E) Alto Jaguaribe, F) Baixo Jaguaribe, 6 meses prazo para G) Acaraú, H) Alto Jaguaribe, I) Baixo Jaguaribe e prazo de 12 meses J) Acaraú, K) Alto Jaguaribe, L) Baixo Jaguaribe



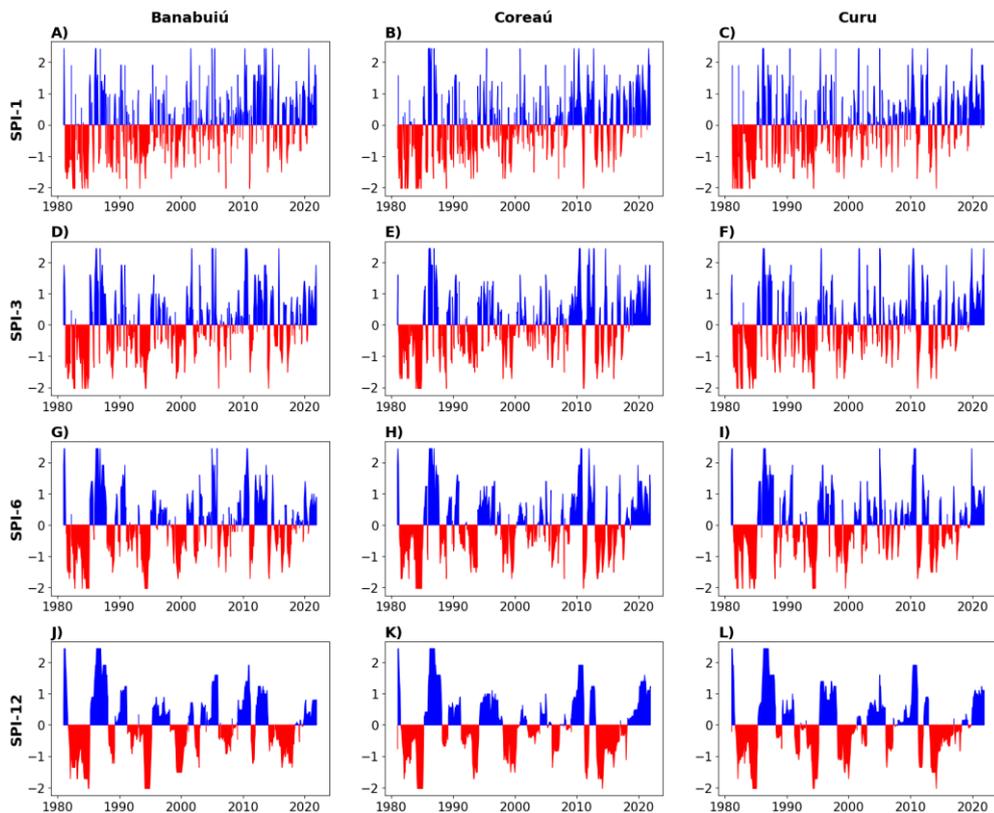
Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 22, encontram-se SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para as bacias Banabuiú, Coreaú, Curu, sendo perceptível a identificação de diversos anos com eventos extremos, especialmente eventos de seca. Nas duas primeiras décadas do período do estudo, destacam-se

no SPI-6 e SPI-12, os anos de 1982/1983, 1992/1993. Segundo Buriti et al., (2020) esses cinco anos coincidiram com a ocorrência de El Niño forte.

Analisando os anos de 2010 a 2016, destaca-se em SPI-12, com dados pluviométricos que podem ser enquadrados como condição de seca, com exceção do ano 2011 como também afirma MARTINS *et al.*, (2017). Assim, é perceptível um dos maiores eventos climáticos da história, a seca de 2012 a 2016. Conforme Buriti *et al.*, (2020), só em 2012 mais de 5 milhões de pessoas foram afetadas diretamente pela seca, afetando a economia nacional, havendo uma grande redução dos produtos e aumento nos preços dos alimentos. A seca extrema de 2012 parece ter sido ocasionada primordialmente por padrões anômalos das temperaturas superficiais dos oceanos Pacífico e Atlântico denominado Dipolo do Atlântico, mesmo sendo menos estudado que o ENOS, este também exerce grande influência nas chuvas cearenses.

**Figura 22** – Índice de Precipitação Padronizado (SPI) em uma escala de tempo de 1 mês para A) Banabuiú, B) Coreaú, C) Curu, 3-meses para D) Banabuiú, E) Coreaú, F) Curu, 6-meses para G) Banabuiú, H) Coreaú, I) Curu, 12-month time-scale for J) Banabuiú, K) Coreaú, L) Curu

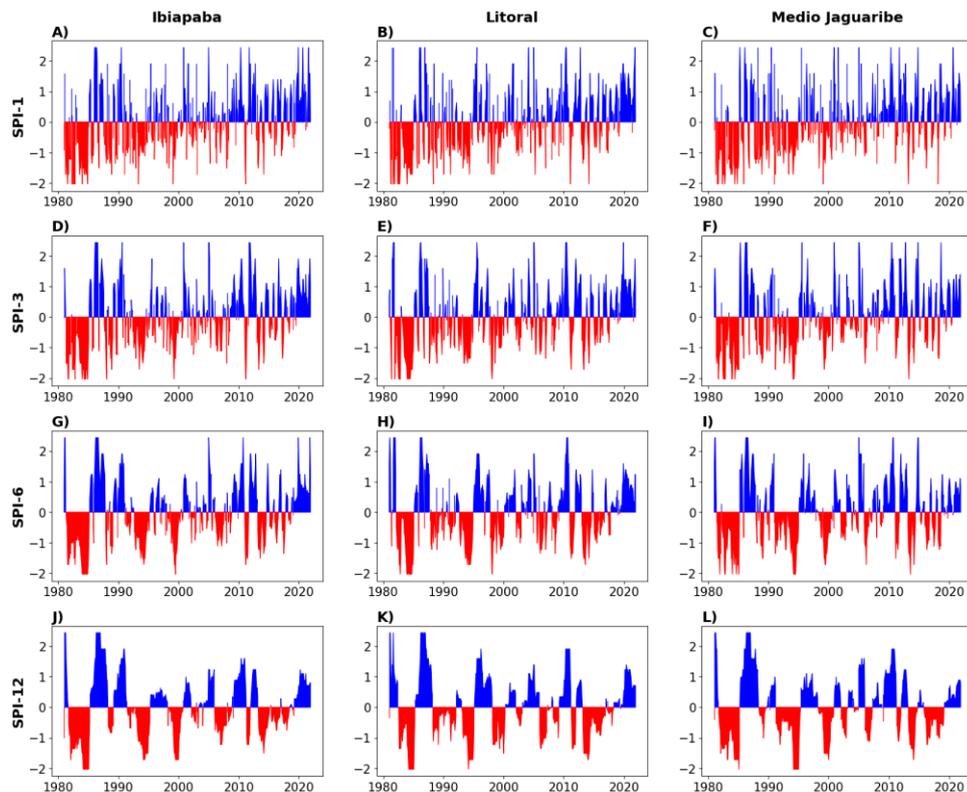


Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 23 encontra-se SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para a análise das bacias de Ibiapaba, Litoral e Médio Jaguaribe. Em geral, na A escala SPI-12 identifica uma variabilidade interanual e decenal para todas as bacias, sendo o período de 2012 a 2018 o período de maior ocorrência de eventos de seca intensa. Além disso, outro fator perceptível e deve ser

considerado na análise desta imagem é a extrema variabilidade nos aportes entre bacias hidrográficas. Percebe-se que, muitas vezes, os maiores máximos de volume hídrico se concentram em bacias com localização mais próxima do litoral (Figura 23B). Na imagem, podemos identificar que a seca é menos severa em razão das chuvas terem uma maior intensidade, influenciado pelo posicionamento mais favorável da Zona de Convergência Intertropical, um dos principais sistema indutor de chuvas no setor norte da Região Nordeste (CORTEZ et al., 2017).

**Figura 23** – Índice de Precipitação Padronizado (SPI) em uma escala de tempo de 1 mês para A) Ibiapaba B) Litoral, C) Médio Jaguaribe, 3 meses para D) Ibiapaba E) Litoral, F) Médio Jaguaribe, 6-meses para r G) Ibiapaba H) Litoral, I) Médio Jaguaribe, 12-meses para J) Ibiapaba K) Litoral, L) Médio Jaguaribe

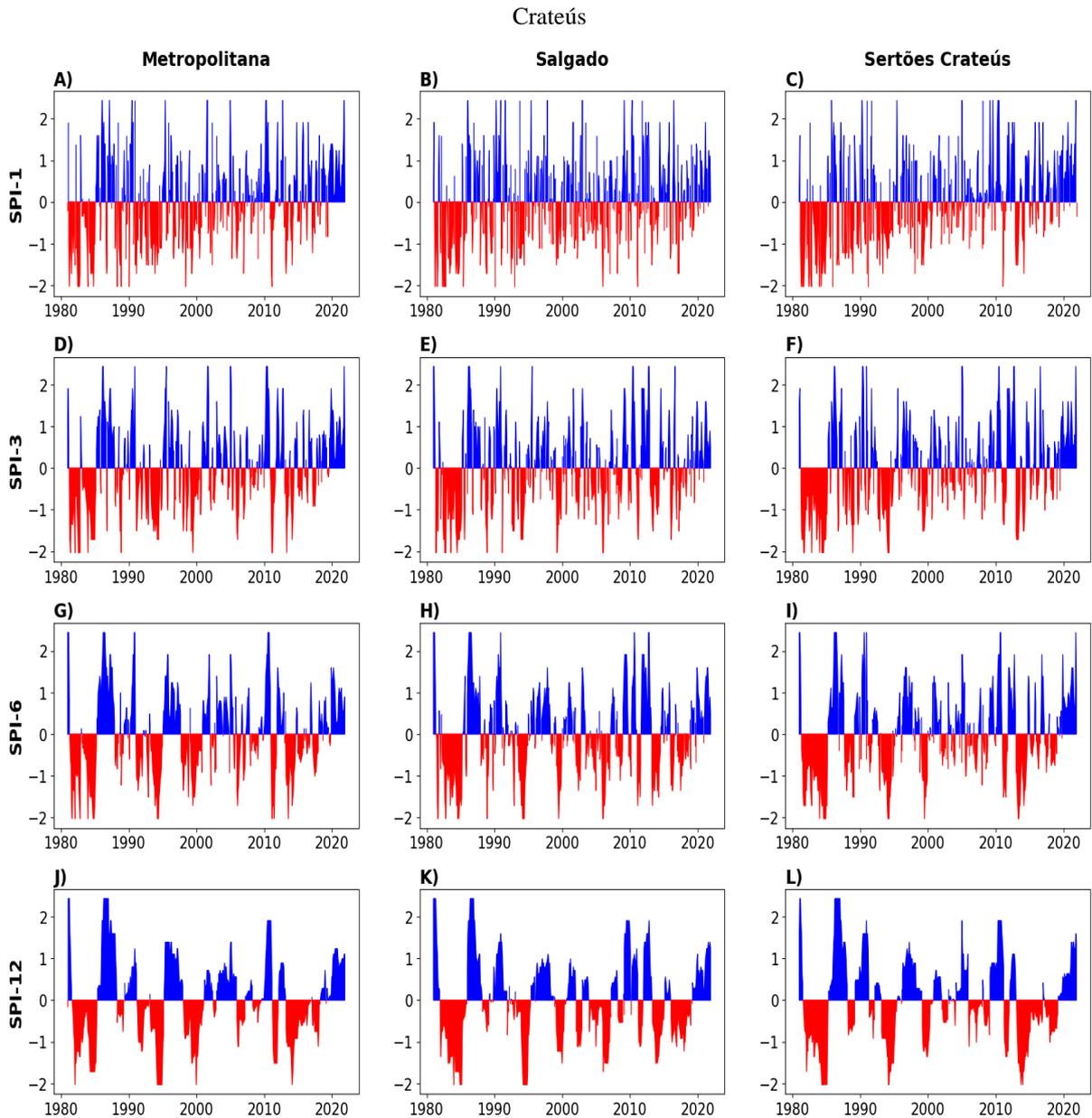


Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 24, encontra-se SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12 para a análise das bacias de Metropolitana B) Salgado, C) Sertões Crateús, nas duas primeiras décadas, em escala de SPI-6, SPI-12 destacam-se os anos de 1982-1983, 1992, 1993 e 1998 e nas duas últimas 2000, 2002, 2007, 2012 – 2016 como anos de seca severa a moderada. A última seca do século XXI se potencializou com a crise econômica, política e social vivenciada no Brasil, agravando ainda mais os efeitos desse fato climático, sendo este, um grande desafio ao Governo como forma amenizar os danos causados por esta problemática, colocando em risco a capacidade de

infraestrutura de recursos hídricos em garantir a segurança no abastecimento de água à sua população (CORTEZ et al., 2017).

**Figura 24** – Índice de Precipitação Padronizado (SPI) em uma escala de tempo de 1 mês para A) Metropolitana B) Salgado, C) Sertões Crateús, 3-meses for D) Metropolitana E) Salgado, F) Sertões Crateús, 6-meses para G) Metropolitana H) Salgado, I) Sertões Crateús, 12-month time-scale for J) Metropolitana K) Salgado, L) Sertões

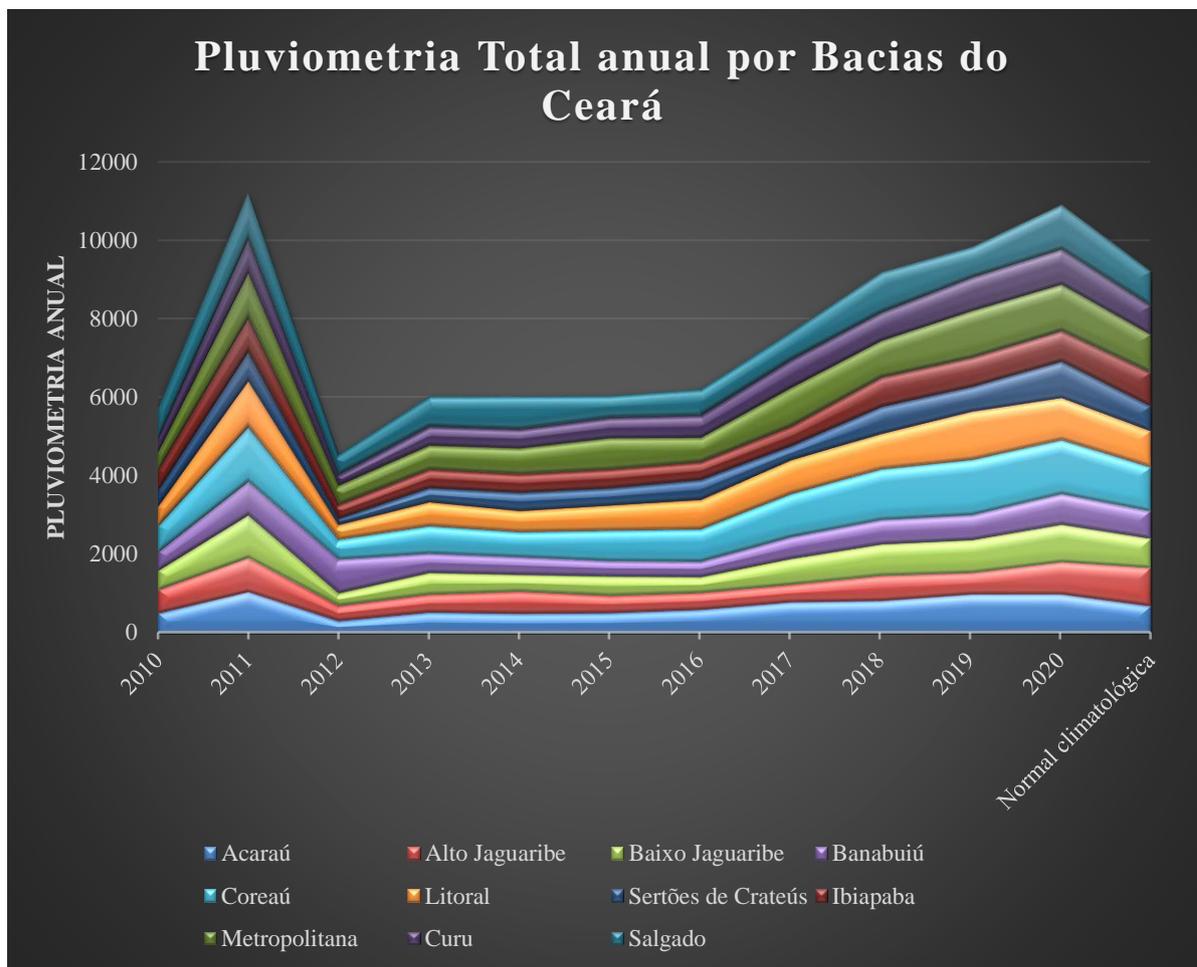


Fonte: Elaborado pela autora.

## 4.2 Análise das bacias cearenses e a seca hidrológica

Na Figura 25, foi coletada com a Funceme a precipitação anual do Ceará elaborada por bacias segundo o método de Thiessen.

**Figura 25**– Precipitação anual do Ceará por Bacias Hidrográficas de 2010-2020



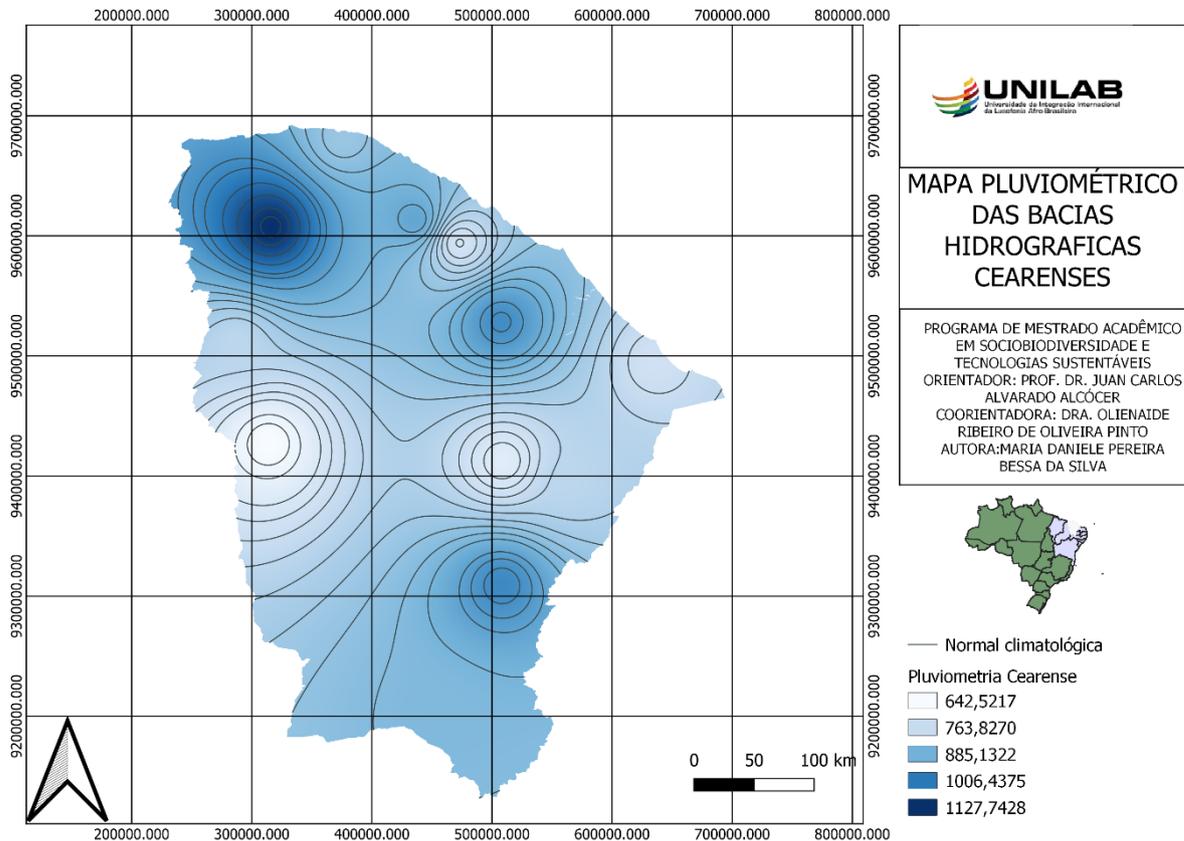
Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME

Com a análise do gráfico, é perceptível que, de 2012 a 2017, as precipitações anuais são menores que a referência, comprovando assim a existência destes anos secos. Um aspecto de grande relevância é a extrema variabilidade nos aportes entre bacias hidrográficas. É notório que os volumes pluviométricos se concentram em bacias localizadas mais próximas ao litoral, pois nestes ambientes a seca tem uma menor intensidade em decorrência das chuvas serem mais abundantes, tais fatores são influenciados devido ao posicionamento mais favorável da Zona de

Convergência Intertropical, principal sistema indutor de chuvas no setor norte da Região Nordeste (CORTEZ *et al.*, 2017).

No mapa 1, encontra-se a normal climatológica dos dados utilizados na imagem anterior por bacias hidrográficas do estado do Ceará, posteriormente teremos os mapas correspondentes aos anos de 2012 a 2016.

**Mapa 1 – Normal Climatológica das bacias cearenses.**



Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME

Em relação à normal climatológica, vê-se que a pluviosidade do estado durante estes 30 anos se concentra aproximadamente entre 885mm a 763mm. No mapa 2, observa-se o ano de 2012 no qual 20 cidades se encontravam em risco de crise de abastecimento hídrico, apontado como risco entre médio e alto. Dentre as cidades, estavam os principais municípios do Maciço do Baturité: Guaramiranga, Palmácia e Pacoti. No Médio Jaguaribe, cidades como Pereiro, Potiretama e Alto Santo e entre os sertões de Crateús e o sul da bacia do Acaraú: Quiterianópolis, Catunda e Nova Russas. Além disso, na bacia do Curú, onde cidades como Irauçuba e Itapajé foram fortemente afetadas (CORTEZ *et al.*, 2017).

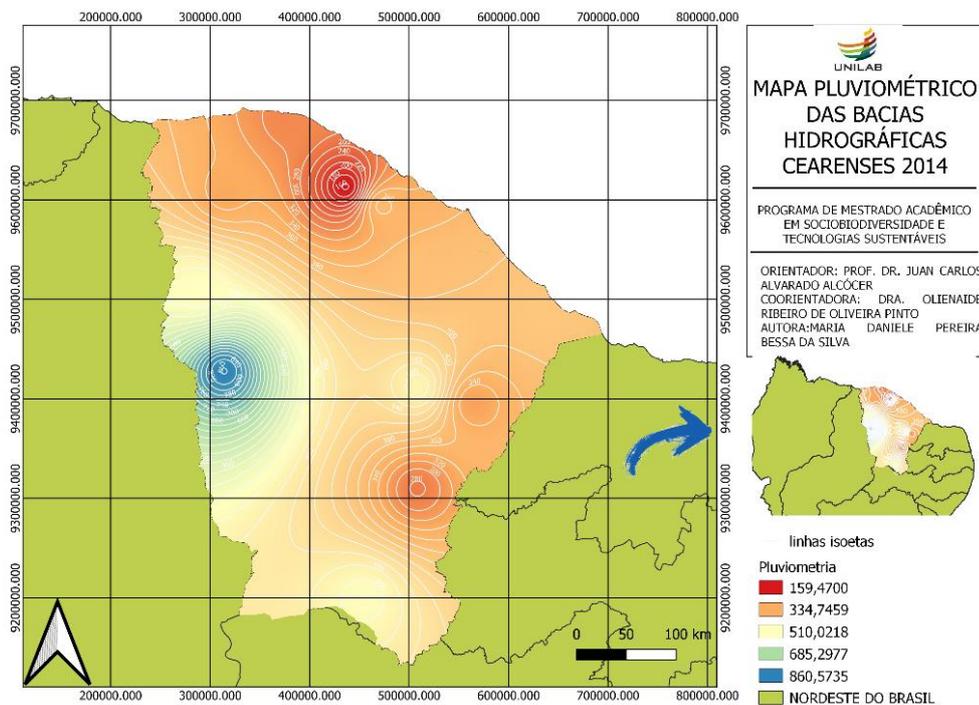
A quantidade de chuvas no Nordeste em 2012 foi considerada irregular, mal distribuída e muito abaixo da média histórica em todas as bacias. Segundo a Fundação Cearense de

Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), a quadra chuvosa do estado do Ceará no ano de 2012 foi marcada pela irregularidade tanto espacial quanto temporal da precipitação (SANTOS, 2012).

Em alguns locais, foi necessário que a população dependesse exclusivamente apenas com o uso exclusivo dos carros pipas, dado que os açudes secaram completamente deixando a população dependente da ajuda do estado. Cidades como Irauçuba, Pereiro, Quiterianópolis e Jaguaratama passaram por essa situação. Posteriormente, foi implantado o AMR ou poços onde era viável. Outras cidades, devido à insuficiência da água provida por poços, ainda obtinham o seu abastecimento agregado por carro-pipa ou chafarizes alimentados por poços de pequena vazão em logradouros públicos (CORTEZ *et al.*, 2017).

Em relação à imagem, é perceptível que a bacia do litoral e baixo Jaguaribe se encontram em estado mais crítico em comparação as demais regiões do país com aproximadamente 159 mm anuais. Grande parte das demais bacias mostravam índices de aproximadamente 334 mm.

**Mapa 2 – Normal Pluviométrico das bacias hidrográficas 2012.**



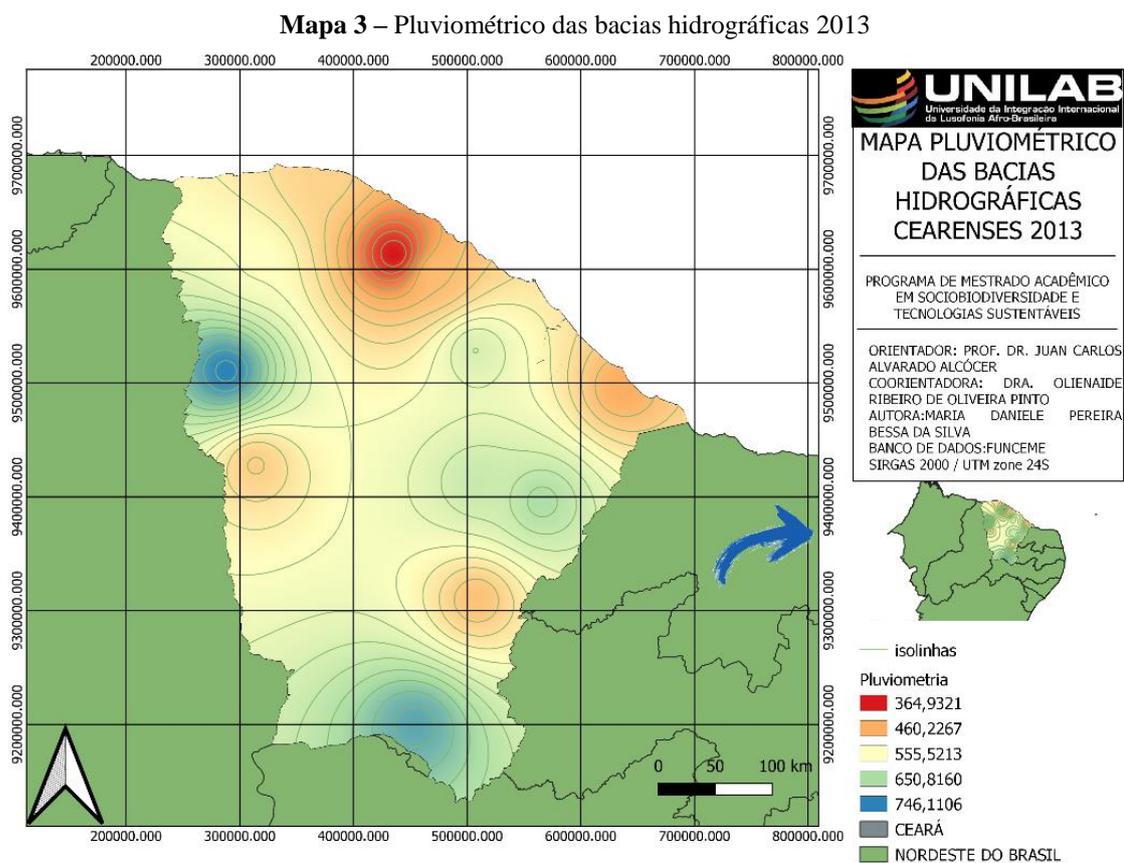
Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME

Em 2013, cidades de maior porte populacional como Tauá, Crateús, Canindé, Acopiara e Coreaú estavam ameaçadas de colapso. Nesta época, o Estado ainda não utilizava estratégias emergenciais alternativas, como as adutoras de montagem rápida e a perfuração de poços em zonas urbanas. Tais escolhas possibilitaram a solução em caráter emergente para diversas sedes dos municípios em risco de desabastecimento hídrico (CORTEZ *et al.*, 2017).

No mapa 3, percebe-se a pluviometria das bacias hidrográficas no ano de 2013.

Conforme os dados, os índices de chuva dessas regiões estão em torno de 364 mm anuais com maior destaque às bacias do Litoral, Acaraú, Baixo Jaguaribe e Sertões de Crateús, que estão muito menores que a normal climatológica dessa região.

Os grandes centros urbanos e o setor de agricultura irrigada, por estarem integrados aos maiores reservatórios, começaram a sentir mais severamente em 2013 e no fim de 201. Dentre os oito grandes perímetros públicos de irrigação no Ceará, apenas dois deles ainda tinham aporte hídrico suficiente para operar, entretanto, com menos de 50% de sua capacidade (CORTEZ *et al.*, 2017).



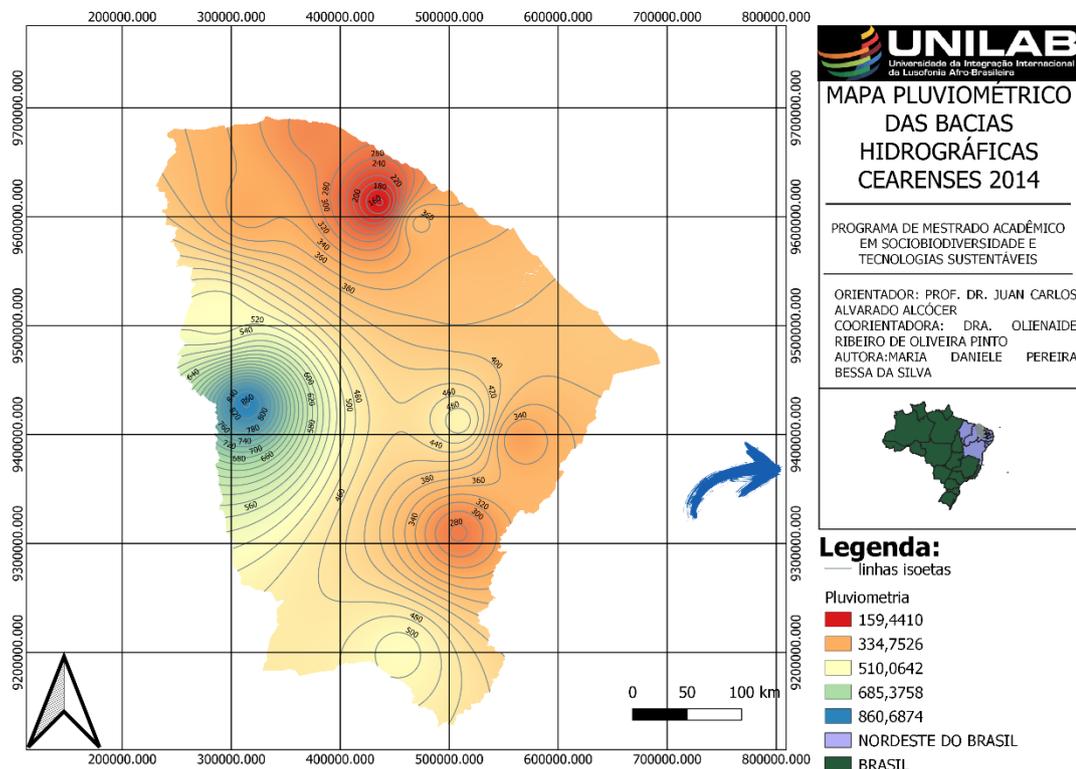
Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME

No que diz respeito ao abastecimento de água, em 2010, 2012 e 2013, inicialmente, foram as pequenas comunidades rurais que sentiram os danos da baixa pluviometria, uma vez que a maioria não conta com fontes hídricas de capacidade plurianual, além de explorar atividades econômicas diretamente dependentes das chuvas, como a agricultura de sequeiro e a pecuária.

Não obstante, a última seca do século proporcionou grandes danos aos principais reservatórios do Estado que proporcionam o abastecimento dos oito grandes perímetros públicos de irrigação, instalados pelo Dnocs, trazendo impactos a atividades agrícolas. Em

2013, os perímetros da bacia do Curú, Curú-Pentecoste e Curú-Paraipaba vivenciou grande limitação em disponibilidade hídrica e no ano seguinte foi totalmente suspenso o fornecimento de água pelos reservatórios que o alimentavam. Em 2014, a mesma redução foi imposta aos perímetros do Vale do Acaraú. E o caminho seguiu o mesmo, em 2015, foi totalmente suspenso o suprimento de água para o perímetro do Baixo Acaraú, entretanto o perímetro Araras Norte mantiveram fração da área com culturas perenes irrigadas. (CORTEZ *et al.*, 2017). No mapa 4, encontramos a Pluviometria das bacias hidrográficas 2014.

**Mapa 4 – Pluviométrico das bacias hidrográficas 2014**

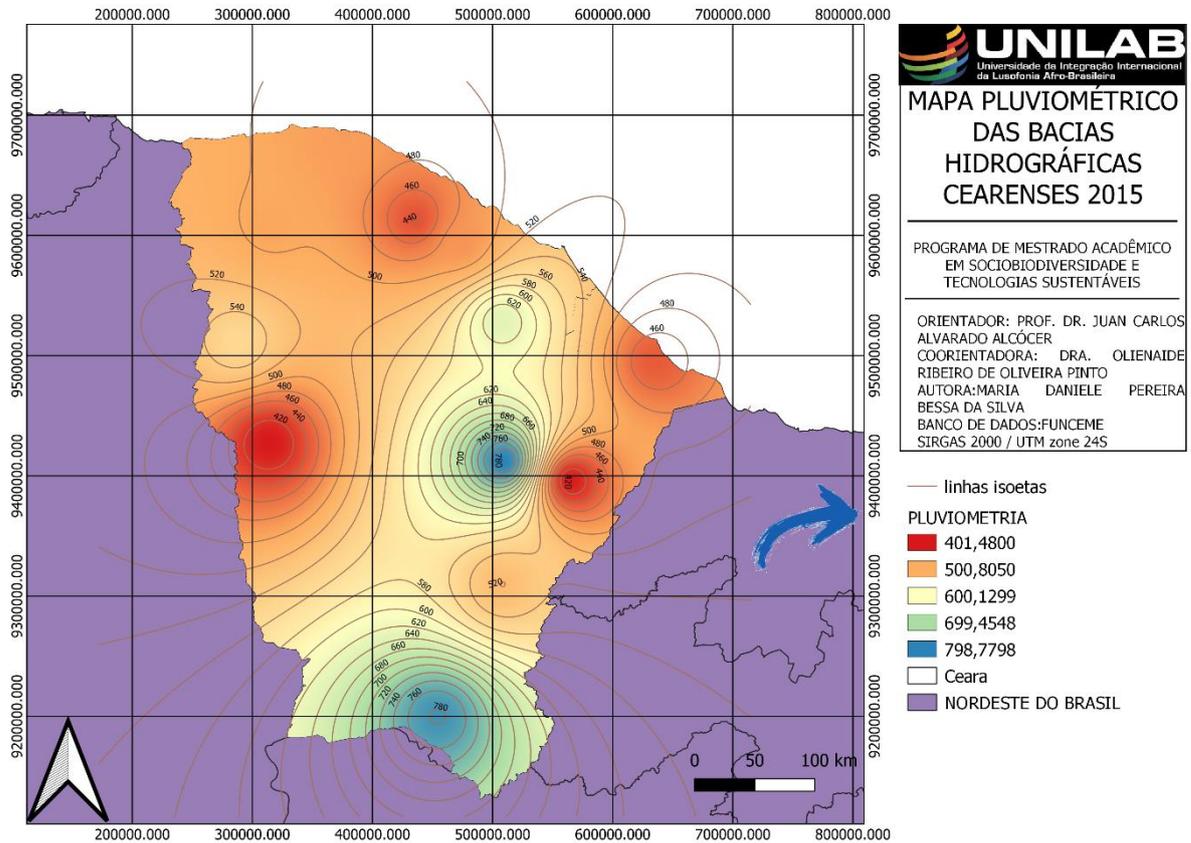


Fonte: Elaborado pela autora Fonte de dados: FUNCEME.

Na imagem, é perceptível que sua totalidade é menor que a normal climatológica prevalecendo os valores de 159 mm a 334 mm anuais aproximadamente. Com as secas constantes, muitos produtores podem perder toda a sua produção de alimentos ou a criação de animais, inicialmente, afetando a família e a localidade, e, posteriormente, pode afetar o aumento dos preços de alimentos.

No perímetro Icó-Lima Campos, teve suas atividades reduzidas entre 2015 e 2016. O perímetro de Morada Nova, após forte redução ocorrida no ano 2014, teve o suprimento de água suspenso em 2015, encontrando-se nesta condição até o ano 2016 (CORTEZ *et al.*, 2017). No mapa abaixo, é notória a pluviometria das bacias hidrográficas do ano de 2015.

**Mapa 5 – Pluviométrico das bacias hidrográficas 2015**



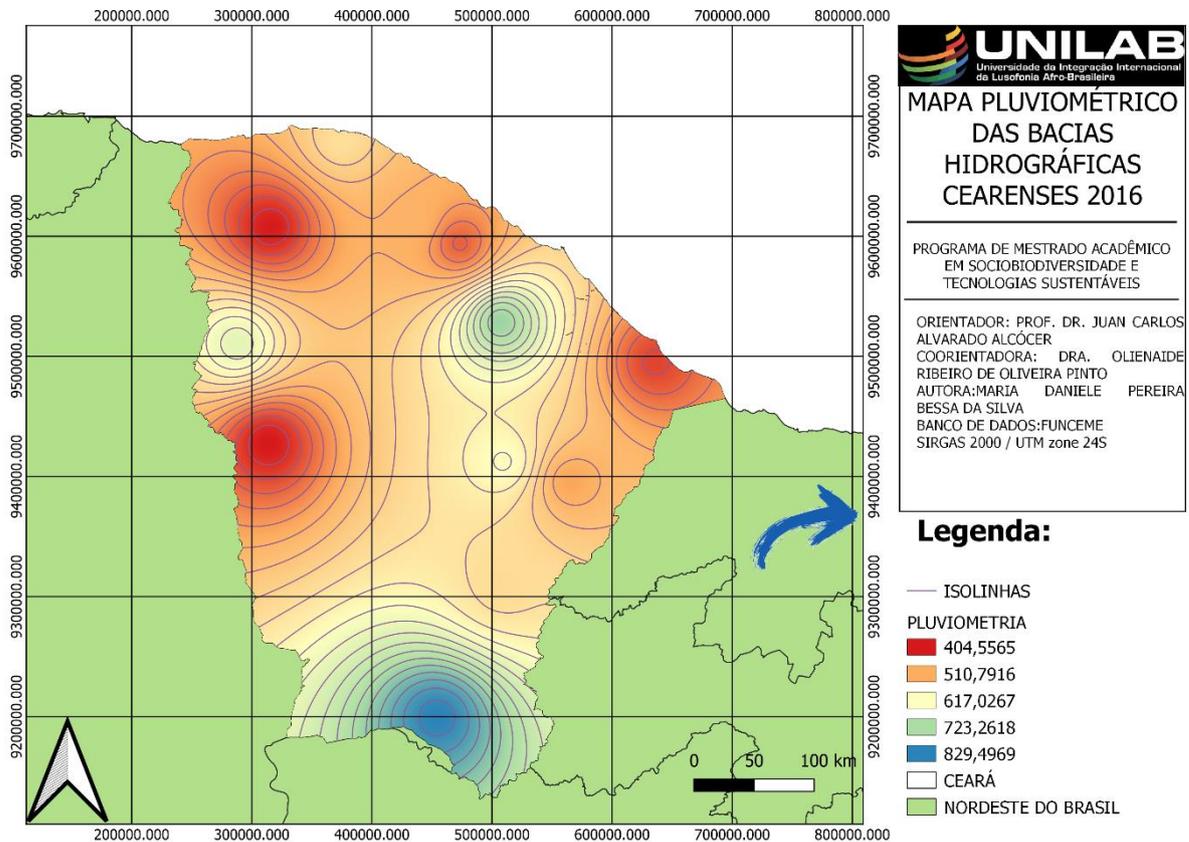
Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME.

Pela imagem, é nítido o predomínio de precipitações ente 401 a 500 mm aproximadamente em todo o estado. As menores precipitações são encontradas na Bacia do Litoral, Bacia dos Sertões do Crateús, Bacia do Jaguaribe e Bacia do Médio Jaguaribe. Tais assertivas são confirmadas por CORTEZ *et al.* (2017) entre os anos de 2015 e 2016, tem-se a grande diminuição hídrica os dois perímetros localizados no Vale do Jaguaribe: o Distrito de Irrigação do Tabuleiro do Norte e o do Jaguaribe-Apodi, que derivam da disponibilidade de água advinda do açude Castanhão. Além de outros fatores, esta região tem uma característica ímpar em relação as demais, pois é comum a transferência de água da região para abastecer a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), já que, em épocas de seca, a prioridade deve ser o abastecimento da população. Esses anos foram marcados pelo fenômeno *El Niño* forte (2015/2016).

Entre o período estudado de 2012 a 2016, os índices pluviométricos são enquadrados em uma condição de seca meteorológica em boa parte das bacias cearenses. Em 2016, o Açude Castanhão, de elementar importância para a região Cearense, apresentou uma

redução de 997,3 hectômetros cúbicos (hm<sup>3</sup>), em setembro de 2015, para 355,69 hm<sup>3</sup>, em novembro de 2016, passando, a ter apenas 5,31% de sua capacidade (MARTINS, *et al.*, 2017). Na imagem abaixo encontram-se os dados pluviométricos de 2016.

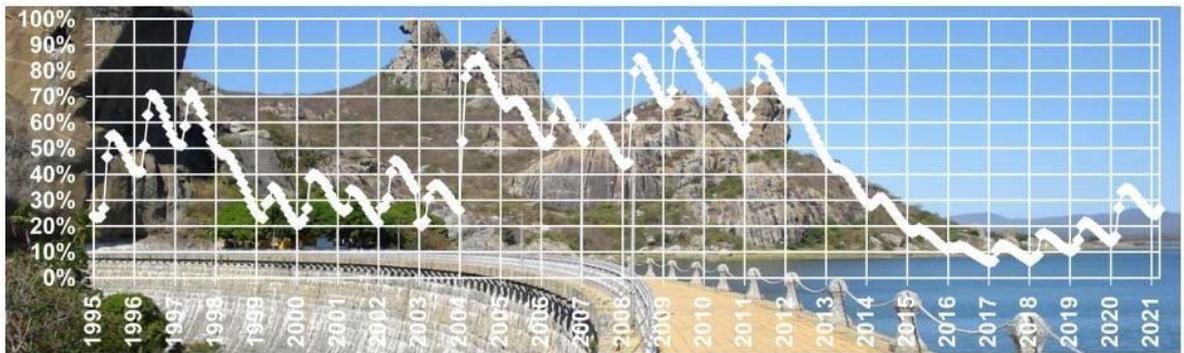
**Mapa 5 – Pluviométrico das bacias hidrográficas 2016**



Fonte: Elaborado pela autora. Fonte de dados: FUNCEME.

Entre os anos de 2017, a Bacia do Aracaú, a Bacia do Coreú, a Bacia Metropolitana, a Bacia Jaguaribe e a Bacia dos Sertões estiveram pluviometria aproximadamente de 404 mm anuais. Uma pequena melhora comparada a anos anteriores. Tal argumento é visto Martins, *et al.*, (2017) já que, em dezembro de 2016, o volume percentual armazenado nos da região foi de 7%. Em meados de final de maio de 2017, teve uma pequena elevação e alcançou 12%. Os dados indicam uma pequena melhora, mas ainda incipiente diante da problemática da seca enfrentada pela região. Sob o ponto de vista hidrológico, 2016 representa um sétimo ano seguido de seca hídrica, com valores de aporte em ordem semelhante ao ano de 2014, revelando uma grande preocupação. Segundo o Monitor de Secas do Nordeste – MSNE (ferramenta coordenada pela Agência Nacional das Águas – ANA), mostraram que em 2016 que não há mais nenhuma área da Região sem estiagem, mesmo que em níveis leves. Na figura 26, vê-se a porcentagem dos açudes Cearenses.

**Figura 26**– Volume dos açudes Cearenses.

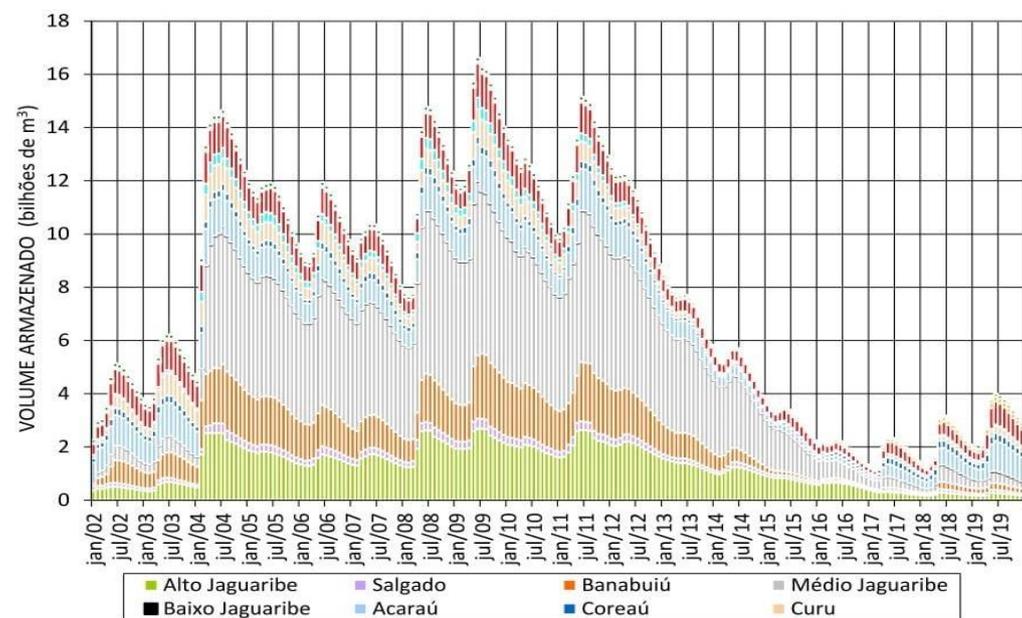


Fonte: Gedop/Cogerh, 2018.

Em 2012, o volume dos açudes chegava a 70% de sua capacidade. No ano de 2013, este aporte é reduzido para 40%. Em 2014, este volume teve redução de 10%, afetando ainda mais as condições de sobrevivência da população, sendo a situação caótica perdura em 2015, onde encontramos os reservatórios com apenas 20% de sua capacidade e em 2016 com apenas 10%.

Os dados fornecidos pela COGERH mostram que a vazão liberada para os oito maiores perímetros irrigados do Estado caiu de 0,72 bilhões de m<sup>3</sup>/ano (22,95 m<sup>3</sup>/s) para 0,11 bilhões de m<sup>3</sup>/ano (3,58 m<sup>3</sup>/s) de 2012 a 2016, demonstrando a diminuição de 84,4% no volume de água disponibilizado para irrigação, de tal forma que desde 2015 a vazão liberada para seis dos oito principais perímetros irrigados do Estado é nula ou praticamente nula. (RABELO *et al.*, 2018). Na figura abaixo encontramos os dados pluviométricos por bacia Hidrográfica.

**Figura 27** – Volume dos açudes Cearenses Por bacia Hidrográfica.



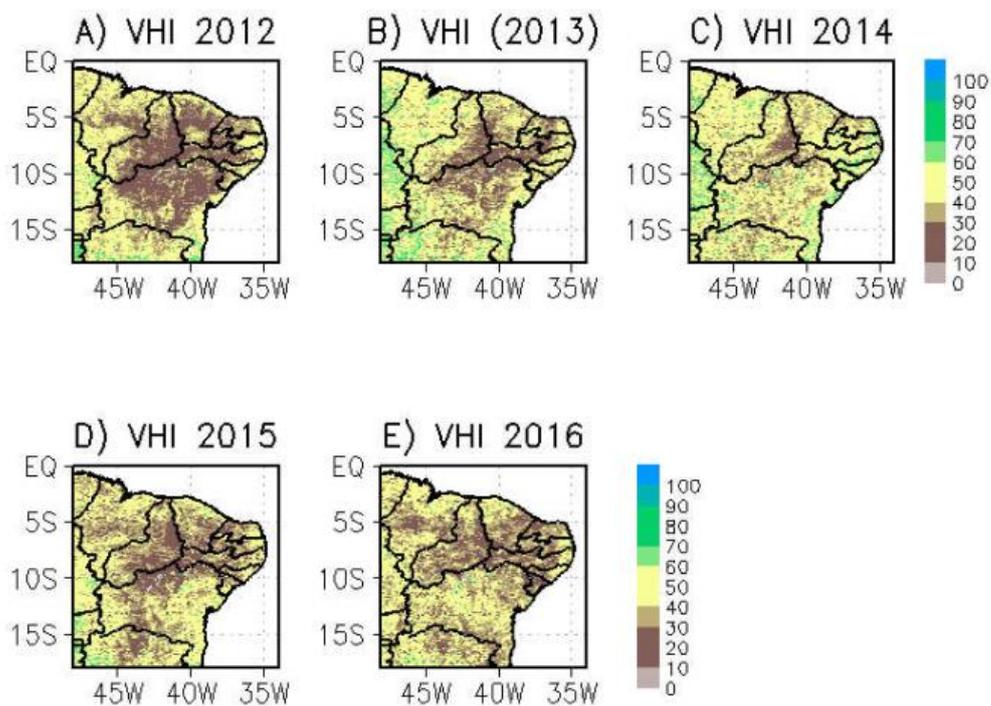
Fonte: Gedop/Cogerh, 2018.

Pela imagem, é perceptível que o balanço hídrico da população apresentou situação crítica no período de 2012 a 2016. Para comprovar isso, é correto dizer que 137 municípios possuíam situação de emergência ocorrendo pequenas medidas do estado como a transferência de água de uma em caráter de urgência através de adutoras de montagem rápida ou por meio de carros-pipa. Neste período, o número de pessoas atendidas por carro pipa subiu de 648.162 para 957.464 pessoas atendidas. Portanto, aproximadamente 20% da população do interior do Estado estava sendo atendida pelos carros-pipa do exército no início do ano de 2017 (RABELO *et al.*, 2018).

### 4.3 A seca agrícola e socioeconômica no Ceará

A agricultura é responsável por aproximadamente 62% da demanda de água do Estado do Ceará, incumbida da função de subsidiar o sustento da população do campo e as elevadas exportações. Na imagem abaixo, observa-se o índice de vegetação VHI para o Nordeste brasileiro.

**Figura 28** – O índice de vegetação para o nordeste brasileiro



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 28, é perceptível que o índice de vegetação entre 10 a 20 em grande parte do nordeste e região Cearense, sendo classificada como seca severa e moderada. Em 2013, na parte central do Nordeste prevalece dados de VCI de 20 a 30, portanto, classificados como seca severa e seca moderada respectivamente. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento, no ano de 2012, o período de seca impactou categoricamente nos processos associados à pecuária e à agricultura. Nesse contexto, no que tange ao Ceará, as perdas foram de 87,3% no feijão e 92,2% na cultura de milho (EMATERCE, 2012).

Em 2015 e 2016 as diversas partes do Nordeste voltam a prevalecer dados de VDI entre 20 e 30. Classificada entre seca moderada e seca leve, com os danos da seca, considerada a maior dos últimos 50 anos, houve grande redução da safra em todas as áreas do Semiárido, sendo perceptível que o rebanho, em especial dos bovinos, não só por morte como também animais que foram vendidos por preços muito baixos para outras regiões, foi afetado pela grande perda das pastagens. Assim, para a alimentação animal, foram utilizadas, predatoriamente, plantas da Caatinga, o que suscitou a morte inclusive de muitas espécies nativas que, em algumas áreas, chegaram a cerca de 30%. Diferentemente das outras secas vivenciadas pelo nordestino, esta não gerou grandes migrações para as demais regiões (EMBRAPA, 2022). Também foi visto um aumento na frequência de animais mortos nas estradas, especialmente bovinos, e a presença de animais silvestres em busca de água nas proximidades dos açudes (MARTINS *et al.*, 2017).

Na reportagem abaixo, é nítido como a população sofre com a falta deste importante recurso.

Juscicleide dos Santos mora em um sítio de Petrolina, em Pernambuco, onde o caminhão pipa não consegue chegar pela estrada de areia. Ela anda por 8km a cada dois dias para buscar água direto do rio São Francisco. São sete horas de caminhada. “Ó meu Deus, bota uma nuvem nesse céu”, reza ela no caminho. Há quatro anos, Juscí vive no sítio com o marido e quatro filhos. Eles vivem da venda de carvão e dos R\$220 que recebem do Bolsa Família (PROFISSÃO REPÓRTER, maio, 2015).

As consequências sociais podem ser sentidas também na agricultura como é relatado na fala de Manoel: “Plantei 60 quilos de milho e de feijão, mas não choveu mais e perdi tudo. Não deu nem palha”. “Tenho que vender tudo o que eu tenho para sobreviver”, diz Josilane Rodrigues, de 25 anos, enquanto expõe 11 ovelhas em uma feira em Dormentes, a 130 km de Petrolina. Quer vendê-las, mesmo a preço baixo, por não ter como alimentá-las (ESTADÃO, janeiro, 2017).

“Eu não tenho o que dar de comer aos bichos. Tem gente que deixa, mas eu não deixo morrer, não”, relata Manoel. Depois de cinco horas tentando vender os animais, ele consegue um comprador, mas não pretende ficar com os bois. “ (Vou) trocar eles

porque o dono mesmo vai trocar nos miudinhos. Trocar os grandes por uns pequenos porque come menos. Gado aqui nessa região virou canibal. É vendendo um para dar de comer aos outros. ” (PROFISSÃO REPÓRTER, maio, 2015).

O quantitativo de municípios que estiveram nos decretos por ano foi em 2012: 170, em 2013:166, no ano de 2014: 168, já em 2015: 154, em 2016: 132 e em 2017: 117 casos de 184 municípios do Ceará. A identificação dos municípios em decreto emergencial demonstra que o ano de 2012 foi bem crítico em relação à quantidade de municípios em estado de emergência. Esses números foram entrando em decadência em relação aos próximos anos, entretanto isso não retira a gravidade deste fenômeno (NETO *et. al.*, 2019 ).

## 5 CONCLUSÃO

A sociedade humana sempre estabeleceu relações de trocas com o meio intensificadas com o aumento demográfico nas últimas décadas e com o desenvolvimento de novas tecnologias produtivas. Deve-se também ocorrer a promoção de políticas públicas tanto ao nível municipal, como Estadual e Federal que visem estratégias eficazes na atenuação dos problemas socioambientais no semiárido nordestino. Apontando a importância do conhecimento sobre eventos climáticos extremos, este estudo avaliou a ocorrência de eventos secos no Estado do Ceará por meio do índice de precipitação padronizado (SPI) para 41 anos (1980-2020).

Altos valores negativos de SPI, caracterizando eventos de seca severa e extrema, foram identificados em todas as estações estudadas. Esses eventos ocorreram em muitos casos devido à ocorrência simultânea de fenômenos e mecanismos indutores de chuva em várias escalas de tempo que são responsáveis por anomalias de precipitação. Conforme a literatura, quase todos os anos secos identificados pelo índice SPI neste estudo foram anos de ação do evento El Niño, juntamente ao gradiente sul de anomalias de temperatura da superfície do mar, associados ao comando da incursão. A ZCIT mostrou-se acima do Equador, influenciando a distribuição das chuvas sobre o estado do Ceará. O SPI revelou-se bastante capaz de quantificar eventos secos, evidenciando-se como uma ferramenta adequada para mitigar eventos extremos de seca, posto que a identificação e o monitoramento precoces resultam em um conjunto de informações que auxiliam diversos setores, mitigando os impactos que esses eventos podem causar na sociedade.

Modificações elaboradas pelo ser humano, como medidas de contenção da seca, cisternas, perenização de rios, construção de reservatórios e poços artesanais, não são e nunca foram suficientes em relação à demanda da população. A solução para tal problema envolve questões de interesse público e de caráter político-social que desafiam as gestões da região.

As características climáticas no semiárido brasileiro associadas às características hidrológicas da região geram a ocorrência da intensidade de rios intermitentes. Os sistemas de armazenamento de água na região semiárida possuem diferentes utilidades. Os diversos episódios de seca provocam consequências negativas severas para a providência hídrica em diversas categorias como: agricultura, indústria, abastecimento da população e produção de energia.

Portanto, entende-se que medidas paliativas não são capazes de erradicar os problemas intimamente relacionados às secas no Semiárido cearense, sendo fulcral compreender que, para sua resolução, fatores político-sociais devem ser articulados. A seca é um desastre que gera consequências socioeconômicas à população e aos meios de subsistência, sendo ações públicas, como uma quantidade demasiada de decretos de emergência, meios de atenuar as problemáticas ocasionadas. Assim, sob um viés analítico e comparativo, conclui-se que a relevância deste estudo pressupõe uma análise crítica dos assuntos expostos.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio dos sertões secos. In: AB'SABER, Aziz Nacib. **Os Domínios de natureza no Brasil**, São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AIBE, Mayumi. Aquecimento global é um processo natural, diz climatologista. **O Globo Online**, São Paulo, 06 fev. 2007 Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/cientista-americano-contesta-aquecimento-provocado-pelo-co2-5336081><https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/aquecimento-global-um-processo-natural-diz-climatologista-4217684> .Acesso em: 1 set. 2019.

ALMEIDA, Hermes Alves de. MARQUES, Maysa Porto Farias. Análises Comparativas De Índices De Seca Meteorológica Para O Polo De Petrolina, PE, E Juazeiro, BA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 06, v. 06, p. 81-98, abr. 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/geografia/seca-meteorologica>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/geografia/seca-meteorologic. Acesso em: 5 jul. 2021.

Alvala, R., Cunha, A. P., Brito, S. S., Seluchi, M. E., Marengo, J. A., Moraes, O. L., & Carvalho, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, 2017.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. Meteorological drought—Policy statement. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 78, p. 847-849, 1997.

ANDRADE, Manuel Correia de. A intervenção do Estado e a seca no Nordeste do Brasil. **Revista de economia política**, v. 6, n. 4, p. 125-130, 1986.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Tropical Pacific and South Atlantic effects on rainfall variability over northeastern Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 26, p. 1895–1912, 2006

ARAUJO, Paulo Henrique Cirino. Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil. 2012.

ANGELOTTI, Francislene; SA, Iêdo Bezerra; DE MELO, R. F. Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro. In: SEMIÁRIDO-CAPÍTULO EM LIVRO CIENTÍFICO (ALICE), 1., 2009. [S.l.]. **Anais...** [S.l.]: Embrapa 2009.

AZEVEDO, Samara Calçado de et al. Analysis of the 2012-2016 drought in the northeast Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir. **Remote Sensing Letters**, v. 9, n. 5, p. 438-446, 2018.

Barra, T. D. S., Costa, J., Rao, T. V., Sediya, G. C., Ferreira, W. P., & Dantas Neto, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 266-272, 2002.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global**. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo: 1972. n. 13, 27p.

BEZERRA, Macio Bento. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 623-632, 2016.

BLAIN, Gabriel Constantino; BRUNINI, Orivaldo. Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 64, p. 695-705, 2005.

BOCCATO, Vera Regina Casari ; FUJITA, Mariângela Spotti Lopes. **Perspect. ciênc. inf.**, Belo Horizonte, v.11 n.2, p. 267-281, mai./ago, 2006

BRASIL. Senado Federal. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Rio 92. Agenda 21. Brasília: Senado Federal; Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

BRITO, Sheila S. Barros et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

Buriti, C. D. O., Barbosa, H. A., Paredes-Trejo, F. J., Kumar, T. V., Thakur, M. K., & Rao, K. K.. Um Século de Secas: Por que as Políticas Hídricas não Transformaram a Região Semiárida Brasileira?. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 2, 2020.

CAETANO, Francisco Aquiles de Oliveira; CAILES, Luiza. Relatório do IPCC: proteger florestas barra mudança climática e garante agricultura. **Jornal da USP**, São Paulo, 08 ago. 2019 Disponível em:<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/relatorio-do-ipcc-protoger-florestas-barra-mudanca-climatica-e-garante-agricultura/>. Acesso em: 01 set. 2019.

CAMARGO, Ângelo Paes De; CAMARGO, Marcelo Bento Paes De. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. . Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: AMERICAN DIALOGUE ON WATER MANAGEMENT, 5., 2001, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. v. 01.

CÂNDIDO, Tyrone Apollo Pontes. **Proletários das secas: arranjos e desarranjos nas fronteiras do trabalho (1877-1919)**. 2014. 354f. Tese (Doutorado em História Social,) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CARMO, Maria Vitória Nava Silva do; LIMA, Carlos Henrique Ribeiro. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 233-242, 2020.

CASTRO, Iná Elias de. Seca versus seca, novos interesses, novos territórios, novos discursos no Nordeste. In: CASTRO, Iná Elias et al.(orgs). **Brasil: questões atuais de reorganização do território**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997(b).

COSTA, Maria Tatiana Lima et al. Journalism and the imaginary: the symbolism of drought. 2020.

CONTI, José Bueno Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16 ,p.70-75,2005

CONTI, José Bueno. As consequências de uma relação conflituosa homem x meio: desmatamento e desertificação. *In*: CONTI, José Bueno. **A Geografia Física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical**. São Paulo: USP, p. 19 - 22, 1997

CONTI, José Bueno. O conceito de desertificação. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro, v. 03, n. 2, jun./dez. 2008.

CORRÊA, Roberto Lobato, ROSENDAHL, Zeny.(Org.) **Paisagem, tempo e cultura** - Rio de Janeiro : EdUERJ, 1998. 124 p.Disponível em:  
<https://pt.scribd.com/doc/128051432/CORREA-Roberto-Lobato-ROSENDAHL-Zeny-Apresentando-Leitura-sobre-Paisagem-Tempo-e-Cultura>. Acesso em 15 maio 2016.

CORTEZ, Helder dos Santos; LIMA, Gianni Peixoto de; SAKAMOTO, Meiry Sayuri. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

COSTA, J.A. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v.1, n.4. 2012

COSTA, Maria Tatiana Lima. **Jornalismo e imaginário: a simbologia da seca**. 2020. 111f. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Culturas) - Universidade Federal Da Paraíba, 2020.

CRUZ, F. R. M. ; SILVA, L. A. ; PEREIRA, E. M. ; LUCENA, R. L. . Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima. **Geotextos (Online)** , v. 10, p. 243-258, 2014.

Cunha, A. P., Zeri, M., Deusará Leal, K., Costa, L., Cuartas, L. A., Marengo, J. A., ... & Ribeiro-Neto, G..Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, v. 11, 2019.

CUNHA, Gilberto Rocca et al. **El Niño/La Niña-oscilação sul e seus impactos na agricultura brasileira**: fatos, especulações e aplicações. [S.l.]: ALICE, 2011.

CUNHA, Rita Luzia Abreu da. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas**. 2008. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Do Porto, Porto, 2008.

Da Silva, D. F., Lima, M. J. S., Souza Neto, P. F., Gomes, H. B., Silva, F. S., Almeida, H. R. R. C., ... & Costa, R. L.. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 449-464, 2020

DE MELO, A. B. C., NOBRE, P., MENDES, D., & BOTTINO, M. J.A zona de convergência intertropical sobre o oceano Atlântico: Climatologia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002. Foz de Iguaçu, **Anais...** Foz de Iguaçu: [s.n.], 2002.

DE MELO, Josemir Camilo. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, n. 20, p. 13-21, 1999.

DINIZ, Célia Regina; SILVA, Iolanda Barbosa da. **Tipos de métodos e sua aplicação**. Natal: UEPB/UFRN - EDUEP, 2008.

DO CEARÁ, QUADRO GEOECOLÓGICO. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões secos do estado do Ceará-Brasil. **Litoral e sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**, v. 1, p. 187, 2006

DOS SANTOS, Carla Taciane Brasil et al. Avaliação do comportamento Vegetation Health Index no diagnóstico de secas no Nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e54011427890-e54011427890, 2022.

DUARTE, Renato. **Do desastre natural à calamidade pública: a seca de 1998-1999**. Banco do Nordeste, 2002.

QUADRO GEOECOLÓGICO DO CEARÁ. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões secos do estado do Ceará-Brasil. **Litoral e sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**, v. 1, p. 187, 2006.

QUEIROGA, Francisco de Assis. Economic-financial, environmental and social analysis of the plot management model for settlers in the irrigated perimeter of São Gonçalo (PISG). 2019.

DA SILVA, Djane Fonseca ., LIMA, M. J. S., SOUZA NETO, P. F., GOMES, H. B., Silva, F. S., ALMEIDA, H. R. R. C., ... & Costa, R. L. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 449-464, 2020.

DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza; RUIZ, Ricardo Machado. Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 2, p. 229-246, 2011.

FECHINE, José Alegn Roberto Leite. Identificação de secas meteorológicas na região metropolitana de Fortaleza, usando o índice de precipitação padronizada (SPI). **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 2, p. 18-33, 2015.

FERREIRA, Antonio Geraldo; DA SILVA MELLO, Namir Giovanni. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista brasileira de climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

GIL, Antonio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.

GONDIM, Joaquim et al. A seca atual no Semiárido nordestino—Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

GUERRA, Maria Daniely Freire; DE SOUZA, Marcos José Nogueira; LUSTOSA, Jacqueline Pires Gonçalves. Desertificação em áreas semiáridas do nordeste brasileiro: o caso do município de Jaguaribe, Ceará. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 2. Esp, p. 67-80, 2011.

GUIMARÃES , Sullyandro Oliveira. **Projeções de mudanças climáticas sobre o nordeste brasileiro dos modelos do cmip5 e do cordex**. 2015. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

Hamada, E., Ghini, R., Pedro Júnior, M. J., & Marengo, J. A. **Efeito de mudanças climáticas globais sobre a distribuição espacial do número provável de gerações do bicho-mineiro do cafeeiro.** [S.l.]: Embrapa, 2005.

HARRIS, I., OSBORN, T. J., JONES, P., & LISTER, . Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. **Scientific data**, v. 7, n. 1, p. 1-18, 2020.

HEIM JR, R. R. A Review of twentieth-century drought index used in the United States. **Bull. Am. Meteor. Soc.**, v.83, n.8, p.1149–1165, 2002

HEIM JR, Richard R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. 8, p. 1149-1166, 2002.

HEIM JUNIOR, R. R. A Review of twentieth-century drought index used in the United States. **Bull. Am. Meteor. Soc.**, v.83, n.8, p.1149–1165, 2002

HEIM JUNIOR, R. R. A Review of twentieth-century drought index used in the United States. **Bull. Am. Meteor. Soc.**, v.83, n.8, p.1149–1165, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC.** La Niña. El Niño. 2018. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/> Acesso em: 06 set. 2021.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática. **IV Relatório do IPCC/ONU.** Mudança climática 2007: a base da ciência física. Novos Cenários Climáticos. Paris: IPCC/ONU, 2007.

KANDEL, R. **O reaquecimento climático.** São Paulo: Loyola, 2007.

KANE, R.P. Prediction of droughts in north-east Brazil: role of ENSO and use of periodicities. **Int. J. Climatol.**, v.17, p.655-665, 1997.

LIMA FILHO, A. C. A. de. **Efeitos do Dipolo do Atlântico Tropical sobre as forçantes da circulação oceânica.** 2016. 48 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LIMA, José Roberto de;, MAGALHÃS, Antonio Rocha. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parc. Estrat.**, Brasília, v. 23, n. 46, p. 191-212, jan-jun 2018

LINO, G. L. **A Fraude do Aquecimento Global:** como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial. 3. ed. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2011.

LYRA, M. J. A., CAVALCANTE, L. C. V., LEVIT, V., & FEDOROVA, N. Ligação entre Extremidade Frontal e Zona de Convergência Intertropical sobre a Região Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 413-424, 2019.

LUCENA, Rebecca Luna; STEINKE, Ercília Torres. Fatores geográficos e padrões de circulação atmosférica como base à compreensão do clima semiárido quente da região Nordeste. In: Revista Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. 2015. p. 01-07.

MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; MAGALHÃES, Antonio Rocha; FONTENELE, Diógenes. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 17-40, 2017.

MARENGO, J. A., CUNHA, A. P., NOBRE, C. A., RIBEIRO NETO, G. G., MAGALHAES, A. R., TORRES, R. R., ... & ALVALA, R. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 C. **Natural Hazards**, v. 103, n. 2, p. 2589-2611, 2020.

Marengo, J. A., Alves, L. M., Beserra, E. A., & Lacerda, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v. 1, p. 385-422, 2011.

MARENGO, José A.; TORRES, Roger Rodrigues; ALVES, Lincoln Muniz. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3, p. 1189-1200, 2017.

MARTINS, E. S. R.; MAGALHÃES, A. R. A seca de 2012 – 2015 no Nordeste e seus impactos. **Parc. Estrat.**, Brasília, v. 20, n. 41, p. 107-128, 2015

MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; MAGALHÃES, Antonio Rocha; FONTENELE, Diógenes. A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 17-40, 2017.

MATIAS, Avanúzia Ferreira; ALMEIDA, Larissa Naiara Souza de. Discurso e intertextualidade: uma retrospectiva com base em 100 anos de seca. 2015.

MCKEE, T.B., DOESKEN N.J.; KLEIST, J. 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: PROCEEDINGS OF THE EIGHTH CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 1993. Boston, **Anais...** Boston: American Meteorological Society, 1993. p. 179–184.

DE MEDEIROS, F. J., LIMA, K. C., DE ARAÚJO CAETANO, D., & DE OLIVEIRA SILVA, F. J. Impacto da variabilidade interanual da precipitação nos reservatórios do semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Ciências**, v. 41, n. 3, 2018.

MENEZES, H. E. A. **Influência da zona de convergência secundária do Atlântico Sul sobre a ocorrência de precipitação no leste do Nordeste brasileiro**. 2010. 85 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2010.

MONTEIRO, António Figueiredo; PAIS, Luís Pais; RODRIGUES, Carlos. **A Utilização de Plataformas Abertas em SIG para Fins Geotécnicos**. 2015. Disponível em: [http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/3313/1/Ata%20Cientifica\\_monteiro%2c%20ant%2c%20b3niofigueiredo.pdf](http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/3313/1/Ata%20Cientifica_monteiro%2c%20ant%2c%20b3niofigueiredo.pdf). Acesso em: 5 jul. 2021.

MONTEIRO, António Figueiredo; PAIS, Luís Pais; RODRIGUES, Carlos. **A Utilização de Plataformas Abertas em SIG para Fins Geotécnicos**. 2015.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, 1- 10, 2002.

- MUÑOZ, Ángel and Cedric Van Meerbeek. **Visualización y aplicaciones del SPI como indicador para eventos de sequía en el Caribe**. Taller sobre el uso del índice estandarizado de precipitación (SPI). San José, Costa Rica.2014,
- NASCIMENTO, F.R. do et al. Desertificação em bacias hidrográficas semi-áridas no Nordeste brasileiro–Estado do Ceará. In: BEZERRA et, al,(Org.) **Itinerários Geográficos**. Niterói: EdUFF, 2007. p. 281-310.
- NEVES, Frederico de Castro. Curral dos Bárbaros: os campos de concentração no Ceará (1915 e 1932). **Revista Brasileira de História**, v. 15, n. 29, p. 93-122, 1995
- NIMER, E. **Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno das secas**.In: Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- NETO, Epaminondes Pinheiro Machado; DE OLIVEIRA, Francisca Leiliane Sousa; DA CRUZ, Maria Lúcia Brito. SECA NO SEMIÁRIDO CEARENSE: ESPACIALIZAÇÃO DOS DECRETOS DE EMERGÊNCIA DOS EVENTOS 2012 A 2017. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 1254-1267, 2019
- NEVES, Frederico de Castro. Getúlio e a seca: políticas emergenciais na era Vargas. *Revista Brasileira de História*, v. 21, p. 107-129, 2001.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil, IBGE**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.
- NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil I Edmon Nimer**. 2. ed.Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.
- Nordeste em emergência: histórias de uma seca sem fim. **G1**, São Paulo, abr. 2017. Disponível em:<<https://g1.globo.com/economia/noticia/nordeste-em-emergencia-historias-de-umaseca-sem-fim.ghtml>>. Acesso em: 23 mai.2019
- Nordeste enfrenta a maior seca em 100 anos . **Estadão São Paulo**, jan. 2017. Disponível em:<<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,chuvinha-pouca-nao-counta,100000988701>>. Acesso em: 23 mai.2019
- OLIVEIRA, S. L. de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. 2.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 320 p, 2001
- OYAMA, M. D., and NOBRE,C.A."A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South América". **Geophysical Research Letters**, v.30, n. 23, 2003.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA. **IV Relatório do IPCC/ONU**. Mudança climática 2007: a base da ciência física. Novos Cenários Climáticos. Paris: IPCC/ONU,2007.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceeding Royal Society**, London, v.193, p.120-143. 1948.
- PEREIRA, Emerson Ricardo Rodrigues. **Índices pluviométricos na análise da intensidade e variabilidade regional das chuvas no Nordeste do Brasil**. 2014. 101f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

PEREIRA, R. C. G. **Índices de instabilidade na ocorrência de distúrbio ondulatório de Leste no Nordeste do Brasil**. 2013. 186 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2013.

PINHEIRO, Clebio Rodrigues; SOUZA, Danilo Diego. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis**, v. 12, n. 2, p. 284-293, jun. 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6431/4857>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PIRES, V. C. **Frequência e intensidade de fenômenos meteorológicos extremos associados à precipitação**: desenvolvimento de um sistema de monitorização de situações de seca em Portugal continental. 2003. 198f. Tese (Doutorado em Ciências)- University de Lisboa, Lisboa, 2003.

PONTES DA SILVA, B. F. **Contribuição dos Distúrbios Ondulatórios de Leste para a chuva no Leste do Nordeste do Brasil**: evolução sinótica média e simulações numéricas. 2011. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) - Universidade De São Paulo, São Paulo, 2011.

PONTES FILHO, João Dehon et al. Copula-based multivariate frequency analysis of the 2012–2018 drought in Northeast Brazil. **Water**, v. 12, n. 3, p. 834, 2020.

QUEIROGA, Francisco de Assis. **Análise econômico-financeira, ambiental e social do modelo de gestão de lotes para os colonos do perímetro irrigado de São Gonçalo (PISG)**. 2019. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal De Campina Grande, Souza, 2019.

RABELO, Udinart Prata; NETO, Iran E. Lima. Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará. **Revista DAE**, v.66 ,n..212 p.106-112,2018

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 104 -115, 2013. v. 6, n. 1, p. 67-82, abr./set. 2017

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

RUFINO, Iana Alexandra Alves; SILVA, Simone Tavares da. Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: Uma abordagem metodológica. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, p. 166-181, 2017.

SANTOS, Maria Auxiliadora Freitas; COSTA, Valéria Sandra; GALVINCIO, Josiclêda Domiciano. Secas meteorológica, agrícola, hidrológica no município de serrinha-BA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.

SANTOS, Maria Auxiliadora Freitas; COSTA, Valéria Sandra; GALVINCIO, Josiclêda Domiciano. SECAS METEOROLÓGICA, AGRÍCOLA, HIDROLÓGICA NO MUNICÍPIO DE SERRINHA-BA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.

SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos et al. Determinação de regiões homogêneas do índice de precipitação normalizada (SPI) na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 111-122, 2017.

SANTOS, F. A. **Resiliência ambiental a secas ea inundações na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca (CE-PI)**. 2019. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia)-Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

SANTOS, E., MATOS, H., ALVARENGA, J., & SALES, M. C. L. a seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçú/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 819–830-819–830, 2012.

SILVA, Maurício Corrêa da; CHACON, Márcia Josienne Monteiro; PEDERNEIRAS, Marleide Maria Macedo; LOPES, Expedito de Gusmão. Procedimentos metodológicos para a elaboração de projetos de pesquisa relacionados a dissertações de mestrado em ciências contábeis. **Revista Contabilidade & Finanças - USP**, São Paulo, n. 36, p. 97 - 104, set./dez. 2004 .

SILVA, F., GENZ, F., AGUIAR, W., SILVA, N., & KIPERSTOK, A..Avaliação da ocorrência de secas na Bahia utilizando o Índice de Precipitação Padronizada (SPI). **Bahia Análise & Dados**, v. 23, n. 2, p. 461-473, 2013.

SILVA, Greicy Kelly da et al. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal do SPI: Um Estudo de Caso para a Sub-Bacia Choró, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, 2021.

SILVA, M. T., ALCÂNTARA, C. R., SOUZA, E. P. D., OLINDA, R. A. D., & GONÇALVES, W. A. Influencia da temperatura da superfície do mar na ocorrência de linhas de instabilidade na costa norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 260-268, 2017.

SILVA, Virgínia Mirtes de Alcântara. O desastre seca no nordeste brasileiro. **Polêmica**, v. 12, n.2, 2013

SOARES; Fátima Maria. Evolução das paisagens naturais do Estado do Ceará – Brasil **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.28, n. 1, p. 63 80jan. / jun.2008. Disponível em : <http://www.redalyc.org/html/3371/337127149004/> acesso em: 15 maio 2016.

THORNTHWAITE, C.W. The moisture factor in climate. **Transactions of the American Geographical Union**, Washington, D.C., v.27, p.41-48, 1946.

THORNTHWAITE, C.W.; WILM, H.G. **Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944**. Washington, D.C.: Transactions of the American Geophysical Union, 1944. p.686-693.

UVO, Cíntia; BERNDTSSON, Ronny. Regionalization and spatial properties of Ceará State rainfall in northeast Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 101, n. D2, p. 4221-4233, 1996.

WHEATLEY, J. **Visualizing Drought**. Biospherica, 2010. Disponível em: <https://joewheatley.net/visualizing-drought/>. Acesso em: 5 jul. 2021.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. In: WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. Colorado: Westview, 1987. cap. 2, p. 11-14.

WILHITE, D.A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. In: WILHITE, D.A. **Drought: A global Assessment**; Routledge: London, UK, 2000. p. 3–18.

XIMENES, L. J. F. Efeitos da Ocorrência de Secas Sobre Indicadores Agropecuários do Estado do Ceará. **Informe Rural**, v. 7, n. 1, 2013.

ANEXOS

Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas brasileiras

Fonte: IPECE(2007)

