



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**

**ANTONIA LUANA FERNANDES PRAXEDES**

**SINERGIA E RESILIÊNCIA ENTRE A SECA E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA  
DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ**

**FORTALEZA  
2021**

ANTONIA LUANA FERNANDES PRAXEDES

SINERGIA E RESILIÊNCIA ENTRE A SECA E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE  
SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestra em Economia Rural.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos

FORTALEZA  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- P91s Praxedes, Antonia Luana Fernandes.  
Sinergia e resiliência entre a seca e a produção agrícola de sequeiro no semiárido do Ceará / Antonia Luana Fernandes Praxedes. – 2021.  
97 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos.
1. Seca. 2. Resiliência. 3. Instabilidade pluviométrica. 4. Agricultura de Sequeiro. 5. Semiárido. I.  
Título.

CDD 338.1

---

ANTONIA LUANA FERNANDES PRAXEDES

SINERGIA E RESILIÊNCIA ENTRE A SECA E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE  
SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Economia Rural.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos

Aprovada em: 03/09/2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos (Membro Interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Espedito Cezário Martins (Membro Externo)  
Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar o dom da perseverança durante toda a minha vida.

Agradeço à minha mãe, que sempre fez muito com o pouco que tinha para que eu estudasse. Agradeço às minhas irmãs, Carine Praxedes e Vitória Praxedes, por todo apoio e paciência que tiveram comigo durante toda etapa da minha vida. Agradeço também ao meu cunhado, Jonathan Lima, pelo apoio.

Agradeço muito ao meu amigo Ítalo Lima, professor da graduação, foi uma das pessoas que mais me ajudou na caminhada acadêmica, apoiou-me sempre e aconselhou-me muito.

Ao meu orientador, Dr. José de Jesus Sousa Lemos, por todo aprendizado proporcionado e pela paciência.

À banca examinadora pela disponibilidade em avaliar e pelas contribuições feitas a este trabalho de dissertação.

Aos meus amigos de curso, Enoque, Ediglê, Analice, Pedro, Luís e Jamile, que sempre estiveram comigo tornando os meus dias melhores.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (FUNCAP).

Por fim agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que esse trabalho pudesse ser realizado.

“E conhecereis a verdade, e a verdade vos libertará”.

(João 8:32)

## RESUMO

Períodos de seca podem trazer bastantes impactos negativos à população, principalmente aos agricultores familiares do semiárido que cultivam lavouras alimentares de sequeiro. A instabilidade climática temporal e espacial, que caracteriza o semiárido, também provoca instabilidades nas variáveis definidoras da produção dessas lavouras, como: áreas colhidas, produtividade da terra, valor da produção por hectare. O Ceará é o estado brasileiro que, proporcionalmente, detém a maior área inserida no semiárido, tanto de um ponto de vista técnico como de um ponto de vista de reconhecimento oficial pelo governo brasileiro. Em sendo um estado bastante heterogêneo, a distribuição de chuvas se dá de forma bastante diferenciada. À vista disso, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) dividiu o estado em oito (8) sub-regiões, fundamentalmente ancoradas em diferenças climáticas. Dentre essas regiões, a mais problemática, sob essa óptica, é a do Sertão Central e Inhamuns que é composta de quarenta (40) municípios; porém esta pesquisa trabalhou com apenas vinte e nove (29) municípios dessa região, em razão de onze municípios que a compõem terem sido recentemente emancipados e, por isso, não detinham de séries contínuas das variáveis no período estudado. Esta pesquisa se propôs a responder às seguintes perguntas: Como se dá a sinergia entre as instabilidades associadas às precipitações de chuvas com as variáveis definidoras das produções das principais lavouras de sequeiro no semiárido do Ceará? Existe capacidade de recuperação ou de resiliência dos agricultores cearenses que cultivam lavouras de sequeiro aos estresses provocados pelos anos de escassez hídrica? Com o intuito de responder a essas perguntas, esta pesquisa trabalhou com os seguintes objetivos: a) Classificar as pluviometrias em período de escassez, chuvoso e de normalidade, no período de 1974 a 2019; b) Avaliar as associações entre as instabilidades das precipitações de chuvas com as das variáveis definidoras da produção das lavouras de sequeiro de feijão, mandioca e milho; e c) Avaliar a capacidade de resiliência da produção dessas lavouras. Os dados das produções de feijão, mandioca e milho são oriundos das Pesquisas Agrícolas Municipais (PAM) do IBGE relativas aos anos de 1974 e 2019. Os dados referentes às precipitações anuais, no mesmo período, foram buscados junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). As variáveis associadas à produção agrícola utilizadas na pesquisa foram: área colhida, produtividade da terra; valor da produção por hectare das culturas. Essas variáveis foram agregadas, e utilizou-se método de análise fatorial com decomposição em componentes principais para criação de um Índice de Sinergia (INS), que aferiu o comportamento das variáveis em períodos de estiagem vis-à-vis os normalidade e chuvoso, que foram contabilizados de forma agregada. Foram realizados testes visuais através de gráficos e comprovação estatística da resiliência utilizando variável dummy para testar a hipótese de presença de resiliência. As instabilidades associadas às variáveis foram estimadas por intermédio dos respectivos coeficientes de variação (CV). Os resultados mostraram que, dentre os 29 municípios estudados, Iguatu apresentou a menor instabilidade pluviométrica no período analisado, ao passo que Monsenhor Tabosa é o mais instável. Em relação a instabilidade das variáveis associadas às produções das lavouras, aferiu-se que as áreas colhidas de mandioca foram as que apresentaram as maiores instabilidades em todos os regimes estudados (estiagem, normalidade e chuvoso). A conclusão principal da pesquisa é que a produção de feijão, mandioca e milho apresenta resiliência quando aferida de forma agregada pelo INS. Em relação às variáveis estudadas, apenas as áreas colhidas com mandioca não apresentaram resiliência.

**Palavras-chave:** seca; resiliência; instabilidade pluviométrica; agricultura de sequeiro; semiárido.

## ABSTRACT

Periods of drought can bring significant negative impacts to the population, especially for family farmers in the semiarid region who cultivate rainfed food crops. The temporal and spatial climatic instability that characterizes the semiarid region also causes instabilities in the variables that define the production of these crops, such as: harvested areas, land productivity, and production value per hectare. Ceará is the Brazilian state that, proportionally, holds the largest area in the semiarid region, both from a technical point of view and from a point of view of official recognition by the Brazilian Government. In this state, which is very heterogeneous, the distribution of rainfall occurs in a very different way. So much so that the Ceará Meteorology and Water Resources Foundation (FUNCEME) divided the state into eight (8) sub-regions, fundamentally anchored in climatic differences. Among these regions, the most problematic, from this point of view, is Sertão Central and Inhamuns, which is composed of forty (40) municipalities, but this research worked with only twenty-nine (29) municipalities in this region, due to eleven municipalities that compose it have been recently emancipated and, therefore, did not have continuous series of variables in the period studied. This research aimed to answer the following questions: How is the synergy between the instabilities associated with rainfall and the variables defining the production of the main rainfed crops in the semiarid region of Ceará? Is there capacity for recovery or resilience of Ceará farmers who cultivate rainfed crops to the stresses caused by years of water scarcity? In order to answer these questions, this research worked with the following objectives: a) To classify rainfall in periods of scarcity, rainy and normality in the period from 1974 to 2019; b) Assess the associations between rainfall instabilities with those of variables that define the production of dryland bean, cassava and maize crops; and c) Assess the resilience of the production of these crops. Data on the production of beans, cassava and corn were collected from the Municipal Agricultural Surveys (PAM) of the IBGE between the years 1974 and 2019. Those referring to annual rainfall in the same period were sought from the Ceará Meteorology and Water Resources Foundation (FUNCEME) for the same period. The variables associated with agricultural production used in the research were: harvested area, land productivity; production value per hectare of crops. These variables were aggregated, and a factor analysis method was used with decomposition into main components to create a Synergy Index (INS), which measured the behavior of variables in dry periods vis a vis normality and rainy periods, which were accounted for in an aggregated way. Visual tests were performed through graphics and statistical proof of resilience using a dummy variable to test the hypothesis of the presence of resilience. The instabilities associated with the variables were estimated using the respective coefficients of variation (CV). The results showed that among the 29 municipalities studied, Iguatu had the lowest rainfall instability in the analyzed period, while Monsenhor Tabosa was the most unstable. Regarding the instability of the variables associated with crop production, it was verified that the harvested areas of cassava were the ones that presented the greatest instability in all studied regimes (drought, normal and rainy). The main conclusion of the research is that the production of beans, cassava and corn presents resilience when measured in an aggregated way by the INS. Regarding the variables studied, only areas harvested with cassava did not show resilience.

**Keywords:** drought; resilience; rainfall instability; rainfed agriculture; semiarid.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Bacias hidrográficas com seus municípios na região Sertão Central e Inhamuns	54
Quadro 2 –	Variáveis utilizadas no estudo .....	55
Quadro 3 –	Classificação da pluviometria .....	56
Quadro 4 –	Classificação do Coeficiente de variação de acordo com sua amplitude .....	57

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 –	Vítimas da seca .....	32
Figura 2 –	Municípios em estudo da sub-região Sertão Central e Inhamuns .....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Médias pluviométricas anuais e os limites de classificação para cada regime entre os anos de 1974 e 2019 .....	65
Gráfico 2	– Resiliência das lavouras de feijão, mandioca e milho.....	73
Gráfico 3	– Resiliência da Área colhida de Feijão .....	95
Gráfico 4	– Resiliência da Produtividade do Feijão .....	95
Gráfico 5	– Resiliência do Valor da Produção por hec de Feijão .....	95
Gráfico 6	– Resiliência do Valor da Área Colhida da Mandioca .....	96
Gráfico 7	– Resiliência da Produtividade da Mandioca .....	96
Gráfico 8	– Resiliência do Valor da Produção por hec de Mandioca .....	96
Gráfico 9	– Resiliência do Valor da Área Colhida do Milho .....	97
Gráfico 10	– Resiliência da Produtividade do Milho .....	97
Gráfico 11	– Resiliência do Valor da Produção por hec de Milho .....	97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Quantidades de municípios reconhecidos oficialmente pelo governo federal como incluídos no Semiárido Brasileiro a partir de dezembro de 2017 .....	22
Tabela 2	–	Nº de municípios com decreto de emergência dividido Nº de municípios do estado entre 2011 e 2017 .....	41
Tabela 3	–	Participação da Quantidade Produzida no Semiárido Nordeste em relação à produção de seus estados (excluído o Maranhão, onde não havia semiárido reconhecido oficialmente pelo governo federal) no período 2010/2016 .....	42
Tabela 4	–	Anos de ocorrência, média em milímetros anuais de chuvas nos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nos municípios estudados entre 1974 e 2019 .....	63
Tabela 5	–	Pluviometrias mínimas, máximas e médias, bem como os coeficientes de variação (CV) com as respectivas classificações nos municípios estudados no período 1974/2019 .....	68
Tabela 6	–	Médias e coeficientes de variação (CV) das chuvas e das variáveis definidoras da produção de grãos na Região Climática do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019 .....	70
Tabela 7	–	Resultados encontrados na estimação das componentes e dos escores fatoriais utilizados para a construção do Índice de Sinergia (INS) para os municípios do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019 .....	71
Tabela 8	–	Valores mínimos, máximos, médios e coeficientes de variação (CV) da pluviometria e dos INS estimados para a Região Climática Sertão Central e Inhamuns no período de 1974/2019 .....	72
Tabela 9	–	Estimativas dos coeficientes de regressão associados à variável “Dummy” usada para captar a resiliência no INS, nas áreas, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios estudados entre 1974 e 2019 .....	74
Tabela 10	–	Médias e Coeficientes de Variação estimados das variáveis estudadas .....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise Fatorial
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CV	Coefficiente de Variação
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DP	Desvio Padrão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GTDN	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
KM	Quilômetros
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
MIN	Ministério da Integração Nacional
NEB	Nordeste Brasileiro
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>20</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	20
1.1.2	Objetivos específicos .....	20
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Seca e suas definições</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Seca em nível global</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Secas no Semiárido do Brasil</b> .....	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Três grandes secas do Nordeste e suas implicações</b> .....	<b>34</b>
2.4.1	A seca de 1958 .....	34
2.4.2	A seca de 1993 .....	37
2.4.3	Secas no século XXI .....	39
<b>2.5</b>	<b>Vulnerabilidade e Resiliência</b> .....	<b>43</b>
<b>2.6</b>	<b>Atividades agrícolas no semiárido</b> .....	<b>47</b>
2.6.1	Lavoura de Feijão .....	49
2.6.2	Lavoura de Mandioca .....	50
2.6.3	Lavoura de Milho .....	51
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>52</b>
<b>3.1</b>	<b>Objeto de Estudo</b> .....	<b>52</b>
<b>3.2</b>	<b>Base de dados</b> .....	<b>55</b>
<b>3.3</b>	<b>Método</b> .....	<b>56</b>
3.3.1	Metodologia utilizada para alcançar o primeiro objetivo específico .....	56
3.3.2	Metodologia utilizada para alcançar o segundo objetivo específico .....	57
3.3.3	Metodologia utilizada para alcançar o terceiro objetivo específico .....	58
3.3.3.1	<i>Síntese do Método de Análise Fatorial no que se aplica a esta Pesquisa</i> .....	58
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados obtidos para o primeiro objetivo específico</b> .....	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados obtidos para o segundo objetivo específico</b> .....	<b>67</b>
4.2.1	Instabilidades pluviométricas .....	67
4.2.2	Médias e Instabilidades das variáveis associadas às lavouras de sequeiro .....	69
<b>4.3</b>	<b>Resultados obtidos para o terceiro objetivo</b> .....	<b>70</b>

4.3.1	Estimação do índice de sinergia (INS) usando análise fatorial .....	71
4.3.2	Testes para avaliar a capacidade de resiliência das lavouras estudadas na Região Central e Inhamuns no período de 1974 a 2019 .....	73
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A - MÉDIAS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV) ESTIMADOS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E MILHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CLIMÁTICA DO SERTÃO CENTRAL E INHAMUNS ENTRE 1974 E 2019 .....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE B – RESILIÊNCIAS DAS LAVOURAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E MILHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CLIMÁTICA DO SERTÃO CENTRAL E INHAMUNS ENTRE 1974 a 2019 .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno atmosférico e natural que pode assumir características extremas e que é originada, essencialmente, por uma afetação temporária das condições de precipitação de chuvas numa região. Ela pode ser responsável por prejuízos em vários setores de atividades humana, nomeadamente provocando impactos ambientais relevantes com desdobramentos sociais e econômicos (CUNHA, 2008; ALVES; AZEVEDO, 2013).

O semiárido brasileiro é vulnerável aos extremos observados da variabilidade climática. Cenários globais e regionais de instabilidades climáticas no futuro indicam que a região poderia ser afetada pelo déficit de chuvas e aumento da aridez, no próximo século e, por consequência, a população que viver nesse ecossistema poderá estar submetida à ocorrência de secas (MARENGO, CUNHA e ALVES, 2016).

Dentre as várias características do Nordeste brasileiro, a seca proporciona “notoriedade”, sobretudo midiática, à região (CARVALHO, 2012), devido à escassez de chuva que se manifesta de forma sistemática e periódica. Essa manifestação periódica de escassez hídrica tem como causa fatores naturais relacionados à latitude, altitude, continentalidade, massas de ar e correntes marítimas. Mas também é causada por fatores antrópicos, tais como o desmatamento, as práticas inadequadas de preparação dos solos para o cultivo das lavouras, o uso da caatinga como fonte de energia para cozinhar alimentos e alimentar fornalhas de indústrias de diferentes portes (BEZERRA, 2016).

No passado, eventos de seca nos estados do Nordeste Brasileiro (NEB) geraram perdas massivas de produção agrícola, e também pecuária, e de vidas humanas pela fome, desnutrição e doenças, deslocamentos de pessoas para cidades de médio e grande portes, provocando impactos sobre as economias regionais e nacionais (MARENGO, CUNHA e ALVES, 2016).

Os agricultores familiares são os principais prejudicados pelos longos períodos de estiagem, pois terão a sua segurança alimentar e a pouca fonte de renda monetária comprometidas. Pode-se considerar como perdas a redução da capacidade de cultivar lavouras e animais domésticos de uma terra seca, a perda da cobertura vegetal, a perda da fauna nativa, a queda de produtividade da terra, dentre outros aspectos inerentes à escassez hídrica. A ocorrência de seca produz vulnerabilidades aos sujeitos que são diretamente afetados e ainda lhes reduz a capacidade de resiliência (HDR, 2014; BURITI e BARBOSA, 2019).

As regiões semiáridas são caracterizadas pelo desequilíbrio entre a oferta e a demanda de recursos naturais consoante as necessidades básicas das populações que nelas habitam (LIMA, 2005). Essas regiões apresentam feições variadas, pois são submetidas às condições particulares de clima, solo, vegetação, relações sociais de produção e, à vista disso, a distintos modos de vida. As variações na paisagem podem ser mais ou menos acentuadas.

Os ecossistemas nessas regiões são frágeis e sensíveis a fortes interações entre atividades humanas e instabilidades climáticas. A maioria dos efeitos humanos em climas semiáridos está relacionada à exploração agrícola predatória de terras, em grande parte, motivada pela carência em que vive, no geral, essa população. A produção agrícola nessas áreas, tanto vegetal como a criação de animais domésticos, fica bastante comprometida devido a essas instabilidades climáticas tornarem essas populações bastante vulneráveis. (HUANG *et al.*, 2016; LEMOS, 2020).

No entendimento de Pereira e Cuellar (2015), os agricultores do semiárido são diretamente afetados pelas condições climáticas, devido às suas atividades produtivas dependerem do regime de chuva que, quando ocorrem nos padrões normais, duram não mais que quatro meses (fevereiro a maio). A propósito, segundo a FUNCEME (2019), a quadra chuvosa da maioria dos municípios do Nordeste brasileiro concentra-se em alguns poucos meses, cerca de 3 a 4 meses, com os demais meses do ano sem chuva, o que induz a ocorrência de balanços hídricos negativos na maior parte dos dias de cada ano nas áreas do semiárido. As secas ocorrerão quando esse balanço hídrico negativo acontecer em plena quadra chuvosa que, no Ceará, vai de fevereiro a maio (LEMOS e BEZERRA, 2019).

Períodos de seca podem seguramente trazer bastantes impactos negativos à população, principalmente a dependente da agricultura de subsistência no semiárido. Convém ressaltar que, por si só, a ocorrência de chuvas não garante que as culturas de subsistência de sequeiro serão bem-sucedidas, pois isso vai depender da intensidade e da duração das chuvas (MARENGO, 2010).

Os fatores que se assemelham nas regiões semiáridas possuem sempre a mesma origem climática, hídrica e fitogeográfica, a saber: baixos níveis de umidade; escassez de chuvas anuais; irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos; prolongados períodos de carência hídrica; solos problemáticos, tanto do ponto de vista físico quanto do de ausência de rios perenes, sobretudo referente às drenagens autóctones (XIMENES, 2013).

No mundo, há uma grande preocupação com os impactos negativos ocasionados pelos desastres naturais. No Brasil, pode-se dizer que o destaque maior é ocasionado pela ocorrência de secas que acontecem dificultando, e até inviabilizando, a produção agrícola nas áreas situadas sob o clima semiárido. Esse fenômeno impacta a fertilidade natural dos solos, dificulta o acúmulo de águas tanto de superfície como de subsolo, reduz a cobertura vegetal natural e, em decorrência, diminui a diversidade da fauna silvestre nessas áreas (LIMA, 2005).

Segundo Marengo, Cunha e Alves (2016), a expectativa do aumento na frequência e duração dos períodos de secas no semiárido tem causado preocupação entre os gestores de recursos naturais, agricultores, especialistas em desenvolvimento, pesquisadores e formuladores de políticas, os quais tentam entender a extensão em que essas mudanças vão afetar os recursos hídricos, a produção de alimentos, a renda e a segurança alimentar das famílias rurais.

A seca, como fenômeno natural, pode impactar as produções agrícola e pecuária e potencializar o êxodo rural. É muito importante ressaltar que esse fenômeno, em longo prazo, contribui para que haja déficits projetados de chuvas na região, juntamente com o aumento da temperatura e secas mais frequentes além de períodos de seca que podem exacerbar a degradação de recursos naturais (MARENGO, CUNHA; ALVES, 2016). A degradação provocada aos recursos naturais e ao meio ambiente reduz a cobertura vegetal representada pelas lavouras temporárias e permanentes, assim como das matas e florestas. Impacta também as pastagens naturais e cultivadas.

Localizado no semiárido brasileiro, o estado do Ceará conta com 175 municípios inseridos nesta região, o que equivale a 95,1% do total dos municípios cearenses, dos atuais 1262 municípios brasileiros, reconhecidos oficialmente pelo governo federal como fazendo parte do semiárido. Em termos proporcionais, o Ceará é o estado que detém a maior quantidade de municípios da região Nordeste os quais em sua totalidade estão inseridos no semiárido brasileiro, segundo o Ministério da Integração regional (MIN, 2017) – dos seus 184 municípios, 175 estão oficialmente estabelecidos no semiárido. A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) classificou-os em 8 sub-regiões. Para fazer essa divisão, a entidade levou em consideração, principalmente, os aspectos climáticos relacionados às pluviometrias e às temperaturas (FUNCEME, 2019).

As oito sub-regiões são: Cariri; Ibiapaba; Jaguaribara; Litoral de Fortaleza; Litoral do Pecém; Litoral Norte; Maciço do Baturité; Sertão Central e Inhamuns. Dentre

essas oito sub-regiões, a do Sertão Central e Inhamuns é a que evidencia as maiores dificuldades pluviométricas (FUNCEME, 2019).

Segundo Ximenes (2013), vários estudos tentam explicar a ocorrência das secas ou o excesso de chuvas no Nordeste brasileiro. Convém ressaltar que não há padrão regular de distribuição de chuvas no Ceará nos anos de seca. Assim, para cada ano de seca, desde o ano de 1910 até 1995, houve uma conformação diferente na distribuição de chuva em várias regiões do estado.

As consequências das secas para uma região por ela atingida são de natureza ambiental, tais como a perda da flora e da fauna, a erosão do solo e também a escassez de recursos hídricos; social, tais como o desemprego, a fome e os processos migratórios; finalmente, econômica, evidenciada pela queda da produção agrícola e de atividades setoriais a ela relacionados (MANCAL, 2016).

Nessa perspectiva, é importante pesquisar e analisar as questões ambientais, sociais e econômicas da região semiárida, uma vez que a principal vulnerabilidade natural do semiárido está relacionada à má distribuição espacial e temporal da pluviometria. Sabe-se que o fenômeno das secas sempre existiu e sempre existirá – é algo que não dá para ser combatido de modo radicalmente eficaz. Todavia, em havendo políticas públicas, pode-se desenvolver propostas e experimentar alternativas baseadas na ideia de que é possível ao menos conviver com elas. O estado do Ceará sempre despertou o interesse de pesquisadores, por se tratar de uma região que apresenta sérios problemas de natureza social e econômica, ficando isso bem evidente quando estas áreas são comparadas a outras regiões do país (ALENCAR, 2019).

A ocorrência de secas – ou de escassez hídrica –, além dos impactos sociais, ambientais, geralmente incide sobre a produção agrícola das lavouras, sobretudo a de sequeiro praticadas pela maioria dos agricultores do semiárido brasileiro e do cearense, em especial. Essas lavouras, por definição, dependem exclusivamente da pluviometria, tendo em vista que os agricultores que as praticam, no geral, não têm acesso às tecnologias de uso de irrigação. Sendo assim, esse tipo de atividade de produção animal e vegetal no semiárido tende a ser muito instável e, por isso, bastante vulnerável a esse fenômeno natural (SALVIANO, 2021).

Contudo, apesar das dificuldades no cultivo dessas lavouras de sequeiro, de notar que os agricultores adquirem e acumulam conhecimentos que os fazem conviver com essas dificuldades, de tal sorte que se depois de um período de estiagem acontecer uma auspiciosa quadra chuvosa, os agricultores que cultivam essas lavouras conseguem

resgatar boas produções. Essa característica talvez justifique o não abandono de suas áreas quando os períodos de secas não são extensos. Ainda que claramente adversa, esclarecer essa permanência pode se constituir num bom elemento para o fomento de políticas públicas capazes de promover a convivência entre agricultor e o período de estiagem.

Pelo exposto, este estudo pretende responder a duas questões básicas: 1) Como se dá a sinergia entre as instabilidades associadas às precipitações de chuvas com variáveis definidoras das produções das principais lavouras de sequeiro no semiárido do Ceará?; 2) Existe capacidade de recuperação ou de resiliência dos agricultores cearenses que cultivam lavouras de sequeiro aos estresses provocados pelos anos de escassez hídrica?

## **1.1 Objetivos**

Em razão do que foi exposto a pesquisa tem os seguintes objetivos:

### **1.1.1 Objetivo geral**

Aferir a sinergia e a resiliência entre a ocorrência de secas e a produção agrícola de sequeiro de vinte e nove (29) municípios que fazem parte da sub-região do Sertão Central e Inhamuns do Ceará, no período de 1974 a 2019.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

A pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Classificar as pluviometrias em período de escassez, chuvoso e de normalidade dos municípios analisados da região climática do Sertão Central e Inhamuns;
- b) Analisar o nível de instabilidade pluviométrica com as das variáveis definidoras da produção das lavouras de sequeiro no Ceará;
- c) Aferir a capacidade de resiliência da produção dessas lavouras nos anos em que a pluviometria retorna a normalidade, tendo acontecido em ano anterior, ou em anos anteriores, estresses provocados por escassez pluviométrica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

As regiões semiáridas possuem alguns atributos que as caracterizam no que pese a ordem climática, hídrica e fitogeográfica, a saber: baixos níveis de umidade, escassez de chuvas anuais, irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos; prolongados períodos de carência hídrica; solos problemáticos – tanto do ponto de vista físico quanto do geoquímico –; e ausência de rios perenes – sobretudo com respeito às drenagens autóctones (AB’SABER, 1999).

O semiárido se caracteriza por apresentar chuvas concentradas em uma época do ano e um grande período do ano sem chuvas. Devido à irregularidade das chuvas e aos baixos índices pluviométricos, grande parte da região enfrenta o problema da falta de água, constituindo-se em um entrave ao desenvolvimento das atividades agrárias e agropecuárias (MARENGO *et al.*, 2011).

No mundo, há regiões semiáridas nas Américas, Oceania, Ásia e África. No continente Sul-americano existem três grandes áreas semiáridas: Guajira, que se espalha pela Venezuela e Colômbia. Outra área que se estende em diagonal cobrindo partes da Argentina, Chile e Equador. A terceira, e mais povoada área semiárida do continente Sul-americano, está no Nordeste brasileiro, cobrindo uma extensão na qual predomina uma vegetação rala e rasteira – única no mundo – chamada de caatinga (LEMOS, 2020).

A chamada região do semiárido brasileiro é delimitada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), a par das condições climáticas dominantes de semiaridez, especialmente a precipitação pluviométrica (SUDENE, 2018). Como reflexo das condições climáticas, a hidrografia da região é frágil, em seus amplos aspectos, sendo insuficiente para sustentar rios em abundância, para que se mantenham perenes nos longos períodos de ausência de precipitações (exceção feita ao rio São Francisco). Devido às características hidrológicas que possui, as quais permitem a sua sustentação durante o ano todo, importa ressaltar que o rio São Francisco adquire uma significação especial às populações ribeirinhas e da zona do Sertão (IBGE, 2018).

Devido a sua vulnerabilidade hídrica, somada a ausência de políticas públicas eficazes, o semiárido brasileiro tem sentido o revés dos desastres ambientais e sociais (SILVA *et al.*, 2013). Desde o início de sua história, essa região tem sido marcada pelo estigma da seca, pois está concentrada numa área conhecida como polígono das secas, peculiarmente compreendida pelo clima semiárido, chuvas irregulares e por um amplo quadro de subdesenvolvimento socioeconômico (SOARES, 2013).

O semiárido brasileiro é uma delimitação geográfica do território nacional, oficialmente definida em 2017, pelo Ministério da Integração Nacional (MIN), através da Resolução CONDEL nº 107, de 27 de julho de 2017. O artigo 2º dessa resolução estabelece os seguintes critérios técnicos e científicos para tal delimitação: i) Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; ii) Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; iii) Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (BRASIL, 2017c).

Com base nesses critérios, o semiárido brasileiro apresenta uma área territorial de 1.128.697 km<sup>2</sup>, abrangendo um total de 1.262 municípios, sendo que 1.171 estão situados em 9 estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e os demais, 91 municípios, pertencem a Minas Gerais, região Sudeste do Brasil. A Tabela 1 mostra a distribuição da delimitação do semiárido.

Tabela 1 – Quantidades de municípios reconhecidos oficialmente pelo governo federal como incluídos no Semiárido Brasileiro a partir de dezembro de 2017

<b>Estado</b>	<b>Quantidade de municípios</b>	<b>Área do semiárido (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Alagoas</b>	38	12.583
<b>Bahia</b>	278	446.021
<b>Ceará</b>	175	146.889
<b>Maranhão</b>	2	3.523
<b>Minas gerais</b>	91	121.259
<b>Paraíba</b>	194	51.306
<b>Pernambuco</b>	123	86.341
<b>Piauí</b>	185	200.610
<b>Rio grande do Norte</b>	147	49.073
<b>Sergipe</b>	29	11.093

Fonte: Brasil, 2017c.

A precipitação pluviométrica do semiárido brasileiro é caracterizada pela variabilidade espaço-temporal, que associada aos baixos totais anuais sobre a região, resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva, ou seja, períodos de veranicos – estiada que se dá em períodos chuvosos, com dias de grande calor – e, conseqüentemente, em eventos conhecidos como “seca” (CORREIA, 2011).

A região semiárida do Nordeste do Brasil apresenta um clima seco e quente responsável pela variação dos outros elementos que compõem as paisagens constituidoras do sertão. As chuvas do sertão nordestino se concentram nas estações de verão e outono.

Ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo. Em geral, os solos são pedregosos e pouco profundos, sendo eles pouco desenvolvidos em função das condições de escassez das chuvas, o que torna os processos químicos mitigados (ARAÚJO, 2011).

O semiárido nordestino tem sua região fundamentalmente marcada pela ocorrência do bioma caatinga, cujas flora e fauna vêm sofrendo a ação predatória do ser humano. A caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro. Denomina-se caatinga pela aparência que a floresta revela durante a estação seca, quando a quase totalidade das plantas está sem folhas, com os troncos esbranquiçados e presença de espinhos. O bioma abrange grande variedade de tipos de vegetação influenciada pelo clima quente, muito seco e pela baixa disponibilidade hídrica. Uma característica notável da caatinga é a sua alta resistência à seca, onde as secas estacionais e periódicas são determinantes nos resultados alcançados nas atividades agrícolas e pecuárias, e também a sobrevivência difícil das famílias na região quando esta se encontra nesses períodos (SANTOS *et al.*, 2013).

## **2.1 Seca e suas definições**

A palavra seca, rigor léxico, significa estiagem, falta de umidade (ROSENDO, 2014). Trata-se de um fenômeno climático causado pela insuficiência de precipitação pluviométrica que ocorre em uma região por um longo período de tempo. Embora não exista uma definição universal, a seca está sempre associada à deficiência hídrica, podendo ser avaliada em termos de sua duração, intensidade e variação espacial (VIVAS e MAIA, 2008; BARRA *et al.*, 2002).

A seca é um fenômeno natural em que há falta de chuvas durante um longo período de tempo numa determinada região, podendo durar meses ou anos. Ocorre em quase todos os lugares do mundo, atingindo cobertura vegetal, animais e pessoas. É considerada um sério problema para os agricultores e para as pessoas que dependem das safras que produzem. A seca é uma deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta na escassez de água para algumas atividades, seja ela rural ou industrial (BURITI e BARBOSA, 2019).

A Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca define-a como sendo um fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério

desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção e de consumo (BRASIL, 2015).

A seca distingue-se dos restantes fenômenos naturais extremos porque o seu desenvolvimento se processa de forma lenta e quase imperceptível, podendo atingir proporções mais significativas do que qualquer outro fenômeno extremo, a exemplo das cheias (CUNHA, 2008).

As secas são fenômenos atmosféricos com proporções espaciais e temporais consideradas negativas e atingem várias partes do mundo, inclusive o Nordeste Brasileiro (NEB), provocando tanto passivos hídricos quanto ambientais, ao ocasionar dificuldades socioeconômicas à sociedade, o que exige empenho dos governantes na aplicação de políticas públicas mais adequadas à convivência com essa condicionante climática (ALVES e AZEVEDO, 2013).

As secas fazem parte da variabilidade natural do clima na região, ocorreram no passado, estão ocorrendo no presente e, de acordo com as projeções de mudanças climáticas, é provável que continuem e intensifiquem no futuro (MARENGO, CUNHA e ALVES, 2016).

Segundo Zhang e Zhou (2015), a seca é caracterizada por precipitação abaixo do normal, durante um período de meses ou anos, e se tornou uma preocupação crescente nos últimos anos. De todos os desastres naturais, as consequências econômicas e ambientais da seca estão entre as mais graves, devido à sua longevidade e extensão espacial generalizada. Os quatro desastres naturais mais comuns são terremotos, tempestades, inundações e secas. No mundo, as secas são as mais mortais das quatro categorias de risco (AROURI, NGUYEN e YOUSSEF *et al.*, 2015). Segundo Cortez (2017), as secas provocam consequências e impactos sociais e econômicos graves numa região.

Para Mancal (2016), a seca é um dos mais complexos e menos compreendidos fenômenos climáticos, isso porque afeta mais pessoas do que qualquer outro perigo natural. Segundo Nunes e Medeiros (2020, p. 2) ela pode ser definida em quatro tipos:

- 1) Seca Meteorológica é expressa apenas com base no grau de secura e na duração do período seco comparados a algum estado “normal”, ou seja, é caracterizada pelo déficit de precipitação em relação ao valor normal. Caracteriza-se pela falta de água induzida pelo desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação, a qual depende de outros elementos como a velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e insolação.
- 2) Seca Agrícola está associada à disponibilidade de água no solo para suportar o crescimento e desenvolvimento das plantas. A umidade deficiente no solo junto à cultura pode afetar a germinação, o crescimento e o

desenvolvimento da planta, conduzindo à redução do rendimento final da atividade agrícola.

3) Seca Hidrológica está relacionada com a redução dos níveis médios de água em reservatórios superficiais e subterrâneos por um determinado período de tempo, podendo ser de dias, semanas, meses ou anos sucessivos. Portanto, a seca hidrológica afeta o abastecimento hídrico da sociedade.

4) Seca Socioeconômica está relacionada com o impacto da seca sobre as atividades humanas, incluindo os impactos diretos e indiretos na produção agrícola e outras atividades econômicas. Ocorre quando o déficit de água induz a falta de bens ou serviços (energia elétrica, alimentos, entre outros) devido a um volume de água inadequado, resultante de má distribuição das chuvas, de um aumento no consumo, e/ou ainda de um mau gerenciamento dos recursos hídricos.

Segundo Alpino, Freitas e Costa (2014), a seca meteorológica normalmente é o que desencadeia as outras categorias de seca, visto que com a diminuição da precipitação, ocorrem prejuízos e degradações de terra e solos, causando danos nas plantações, colheitas e pastagem.

As diferentes definições de seca ancoram suas abordagens em enlances estatísticos, quando, por vezes, esquecem as implicações sociais e, quando a elas se referem, o fazem em favor de apelos econômicos, desconsiderando as ações antrópicas que potencializam os seus efeitos (NUNES; MEDEIROS, 2020).

## **2.2 Seca em nível global**

A seca pode ocorrer em quase todos os lugares do mundo. As áreas desérticas recebem muito pouca chuva ao longo do ano, e algumas delas têm seca permanente. Apesar de a seca ser um fenômeno mais frequente em certos climas, a maioria dos países que são afetados por ela não estão preparados para enfrentar e gerir situações de seca (CUNHA, 2008). Importa ressaltar que os impactos causados pelos desastres naturais diferem para diferentes nações, regiões, comunidades e indivíduos devido às diferenças em suas exposições e vulnerabilidades aos desastres naturais. Existe ainda um consenso de que os desastres causam mais perdas humanas nos países em desenvolvimento do que nos desenvolvidos (AROURI, NGUYEN & YOUSSEF *et al.*, 2015). Sendo a seca um risco natural e recorrente, que afeta grandes áreas com graves impactos no meio ambiente, na sociedade e na economia.

Poucos eventos extremos são tão econômica e ecologicamente perturbadores quanto a seca, que afeta milhões de pessoas no mundo a cada ano (WILHITE, 2000). Os seus efeitos dependem, em grande parcela, da capacidade de organização e enfrentamento da sociedade (NUNES e MEDEIROS, 2020).

As secas regionais podem ter impacto global no suprimento de alimentos e prejudicar a economia e a consequente estabilidade dos governos, uma vez que o mundo está interconectado. E uma vez o mundo interconectado, alguns países tiveram suas produções prejudicadas em razão das secas: Rússia e Ucrânia, localizados na Europa, reduziram a colheita de trigo em 32,7% e 19,3%, respectivamente, havendo diminuição severa no fornecimento de trigo mundialmente (STERNBERG, 2011).

Sobre o continente asiático, pode-se falar o caso do leste da Ásia, que inclui principalmente China, Japão, Península da Coreia e Mongólia, que são países altamente impactados pela seca todos os anos. O sudoeste da China sofreu uma seca severa que durou do outono de 2009 à primavera de 2010, período em que aproximadamente 21 milhões de pessoas estavam com falta de água potável e as perdas econômicas atingiram aproximadamente US\$ 30 bilhões (ZHANG e ZHOU, 2015).

Em se tratando da Oceania, a Austrália tem a seca como um evento recorrente no país. A seca severa de 2018, naquele país, durou meses, afetou a maior parte do sudeste do país, o que reduziu a produção de trigo no inverno em quase 45%, tendo impactos expressivos sobre a economia australiana (FENG *et al.*, 2019).

No continente Africano, por sua vez, pode-se destacar a seca severa que ocorreu no ano de 2011 na Somália, que causou uma crise humanitária elevada, com 10 milhões de pessoas precisando de ajuda, mais de 2 milhões de crianças desnutridas e necessitando de ações que salvem vidas e mais de 380.000 refugiados que viveram em campos do Quênia (VICENTE-SERRANO *et al.*, 2012).

Extremos climáticos, tais como a seca, têm profundo impacto na sociedade, podendo causar centenas de mortes, e também têm influência sob a economia, levando um país a ter perdas de bilhões de dólares, assim como aconteceu com os Estados Unidos. Esse país teve perdas significativas na economia – aproximadamente 1,4 bilhão de dólares – decorrentes de perdas de colheitas devido a seca que ocorreu no ano de 2007 no sudeste do país (SOHRABI, 2013). A Califórnia, estado localizado no oeste dos EUA, também sofreu impactos substanciais tanto na sociedade como no meio ambiente. A seca, que começou em 2012, e durou cinco anos naquele estado americano, também causou grande impacto econômico em todo país, porque a Califórnia cultivava mais de um terço dos vegetais americanos e dois terços de suas frutas e nozes (CHANG, 2016).

Cervantes-Martínez *et al.*, (2019), em seu estudo sobre a seca no México, Guatemala e Honduras, países localizados na América Central, construíram uma base de dados de 120 anos e mostraram que existe uma relação significativa entre surtos de

besouros e condições de seca na região. Pragas florestais são consideradas uma das principais causas de perturbação em florestas temperadas, ao aumentarem a vulnerabilidade das árvores, podendo ocorrer uma grande perda de árvores. Condições intensas de estiagem fazem com que as árvores se enfraqueçam, tornando-as suscetíveis ao ataque de pragas. Os efeitos diretos das temperaturas quentes sobre a capacidade reprodutiva dos besouros de casca geram condições ideais para um surto, com isso os eventos de seca são um fator importante para um desequilíbrio ambiental em países como México, Guatemala e Honduras.

Por fim, na América do Sul, o Brasil e a Argentina possuem áreas com características de uma geografia semiárida e uma desigualdade social que perpassa gerações. Nesses dois países, as regiões semiáridas sofrem com o fenômeno da seca que, quando severas, levam a uma onda de fome, sede, migrações e desemprego (MELO, 2020). Essas informações servem para mostrar, de uma forma geral, a potencialidade de danos que este desastre natural pode causar na sociedade, na economia e no meio ambiente de todo o mundo.

### **2.3 Secas no Semiárido do Brasil**

Ao longo da história, as secas têm causado graves impactos sociais, econômicos e ambientais no Nordeste (NYS, ENGLE; MAGALHÃES, 2016). As secas que amiúde afetam o semiárido nordestino, através de seus efeitos econômicos e sociais provocados sobre a população rural, em específico, e sobre toda a economia regional, em geral, constituem as principais razões da caracterização do Nordeste como problema regional (NUNES e MEDEIROS, 2020).

Segundo Alpino, Freitas e Costa (2014), a seca atua sobre os sistemas ecológicos, econômicos, sociais e culturais, causando danos e prejuízos significativo às condições de vida das populações que com ela sofrem. Os principais danos e prejuízos são: deficiência no fornecimento de água para a população; prejuízos na agricultura e pecuária; migrações populacionais; incêndios florestais; degradação da qualidade da água; problemas de saúde; conflitos e pobreza.

É importante ressaltar que o fenômeno da seca não é um problema recente para a população brasileira. Desde o período colonial, os relatos sobre o semiárido brasileiro enfatizam cenários de clima seco, no qual a população sertaneja passava dificuldades durante os períodos de seca e tinha que se deslocar de sua região para outra em busca de

melhores condições de vida (OLIVEIRA, 2018). Segundo Nys, Engle e Magalhães (2016, p. 22):

As secas sempre existiram no Nordeste. Antes do adensamento da ocupação humana no interior da região, que começou em meados do século XVI, não havia grandes problemas, porque o ecossistema predominante, a Caatinga, era adaptado ao clima e suas variações periódicas. Somente nos casos de secas extremas, as antigas e esparsas populações indígenas eram atingidas e migravam em direção ao litoral, conforme informam cronistas dos primeiros anos da colonização portuguesa. Contudo, depois que os colonizadores penetraram o sertão e começaram a modificar a paisagem, com o estabelecimento de fazendas e com desmatamentos para a criação de gado e para a produção de alimentos, aumentou muito a vulnerabilidade às secas.

“Entre as cinco regiões do país, a área geográfica do semiárido nordestino constitui-se como a que possui as mais fortes características e contrastes ambientais e climáticos que favorecem os episódios de seca” (ALPINO, FREITAS, COSTA, 2014, p. 110). A seca no semiárido brasileiro não ocorre de forma homogênea, podendo haver anos de seca total, com efeitos observados em todas as áreas da região e secas parciais, em que apenas algumas áreas são atingidas (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Períodos longos de estiagem afetam as atividades agropecuárias e dificultam a melhoria das condições de vida da população. “O problema da escassez de chuva é uma perturbação que se repete e coloca a necessidade de adaptação da população às condições ambientais.” (PEREIRA; CUELLAR, 2015, p.115).

Algumas medidas são tomadas pelo governo, a fim de acudir o setor produtivo e as comunidades afetadas pela escassez de água. Tais medidas são de caráter emergencial, nomeadamente socorrendo financeiramente os agricultores via empréstimos e/ou reescalonamento das dívidas; a constituição sequencial de frentes de emergência, de serviço e de trabalho tais que possam garantir uma renda mínima aos agricultores familiares; o fornecimento de cestas básicas e água através dos carros-pipas; e também a perfuração de poços (TEIXEIRA e MACHADO, 2016).

As intervenções governamentais no Nordeste foram iniciadas e orientadas pelo que ficou conhecido como “solução hidráulica”, ou seja, acumulação de água no período da curta estação chuvosa em reservatórios construídos com essa finalidade (CEARÁ, 2011).

Comparativamente aos séculos anteriores, o século 20 teve uma melhora nos registros da seca, havendo mais informações de seus impactos sociais e econômicos. Desde então foi possível implementar uma política voltada à construção de infraestrutura

hídrica, nomeadamente a construção de barragens para o armazenamento de água (LIMA; MAGALHÃES, 2018).

A estratégia de represar água evoluiu de tal sorte que em muito auxiliou no desenvolvimento da agricultura irrigada. Tanto que, muitos anos depois, passou-se a reconhecer a necessidade de promover o gerenciamento integrado e participativo das águas acumuladas (CEARÁ, 2011).

Não obstante, nesse compasso foram implementados programas de construção de açudes para armazenar água de chuva e uma ampla rede de infraestrutura hídrica para adução e distribuição de água bruta, com a finalidade de atendimento de múltiplos usos. O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) foi e tem sido o maior responsável pela implementação desses programas de infraestrutura hídrica, em parceria com os governos estaduais das regiões brasileiras (TEIXEIRA e MACHADO, 2016). A primeira grande obra de combate à seca realizada pelo Governo Imperial como resposta à Grande Seca foi a construção do Açude do Cedro, no município de Quixadá, iniciada em 1884 e concluída somente em 1906, já no governo republicano. O açude Cedro marcou o início do planejamento e da implementação de grandes barragens no Brasil (LIMA e MAGALHÃES, 2018).

Nos últimos 500 anos, a região Nordeste do Brasil enfrentou vários períodos de secas, cujas ocorrências mais salientes são as seguintes: 1723-1727; 1744-1745; 1808-1809; 1824-1825; 1877-1879; 1888-1889; 1915; 1919-1921; 1930-1932; 1934-1936; 1958; 1970; 1979-1985; 1993; 1997-1999; 2001; 2007-2008; 2010-2018 (LEMOS, 2020).

Uma das primeiras secas registradas no Nordeste foi a dos anos de 1723-1727. Naquele período, a principal área atingida foi a que ficava na então chamada Capitania de Pernambuco, onde grupos de índios fugiram das serras e invadiram as fazendas. Além da seca, o Nordeste foi atingido por uma grande peste, que provocou várias mortes, principalmente em populações mais frágeis, especialmente os escravos (ANTUNES, 2016).

Outra seca severa foi a dos anos 1744-1745. Essa seca atingiu toda a população, dizimando também o gado na época. Após o ano de 1745, logo no ano seguinte, 1776, a seca que já existia se agravou ainda mais, pois foi somada ao grande surto de uma doença, no caso, a varíola. A seca se prolongou até 1778, provocando alto índice de mortalidade. Os flagelados da seca foram reunidos em povoações nas margens dos rios, cumprindo

determinação da Corte Portuguesa, essa foi uma solução encontrada na época, pois havia muita gente morrendo (SILVA *et al.*, 2013).

Os anos de 1808 a 1809 foram marcados pela seca no sertão nordestino. Essa seca atingiu intensamente apenas o estado de Pernambuco, a ponto de causar mortes. Estima-se que morreram 500 pessoas de fome. Outro período de seca compreendeu os anos de 1824 a 1825, também marcado pela fome, visto que atingiu até mesmo os engenhos de cana-de-açúcar. A varíola também contribuiu para sua intensificação, gerando muitas mortes na região nordestina (ANTUNES, 2016).

De 1877 até 1879, aconteceu outro período de seca – uma das maiores que havia acontecido até então. Aquela seca atingiu em cheio o estado do Ceará, causando a morte de 500 mil pessoas. Na época, a população cearense era da ordem de 800 mil habitantes. Desse total, algo em torno de 120 mil migraram para a Amazônia e 68 mil foram para outros estados (SILVA *et al.*, 2013).

Em 1888/1889 uma outra grande seca destruiu lavouras e atingiu a população da Paraíba e de Pernambuco. Em 1903/1904 aconteceu outra seca no Nordeste. Nesses anos, milhares de nordestinos abandonaram a região. Foi por causa dessa grande seca que passou a constar na Lei de Orçamento da República uma parcela destinada às obras contra as secas. Em decorrência daquela tragédia, foram criadas três comissões para analisar o problema das secas nordestinas (CÂNDIDO, 2013). De igual modo, naquele período, houve os prolongamentos das ferrovias de Baturité e de Sobral e a construção do açude de Quixadá (FILOMENO FILHO, 2019).

A histórica seca de 1915, que serviu de base para que a escritora Rachel de Queiroz escrevesse um dos seus mais renomados trabalhos literários nomeado, “O Quinze”, castigou o Nordeste brasileiro. O livro da escritora retrata parte do que foram os chamados campos de concentração da seca. Ali, o governo prometia comida, água, assistência médica e oferta de trabalho aos flagelados da seca que saíam do interior rumo à Fortaleza em busca de melhores condições de vida.

Pouco disso, sem embargo, acontecia. Não havia água tratada, tampouco comida para todos e muita gente morria de fome ou doença (ROSSI, 2019). Segundo Castro (2010), milhares de retirantes começaram a longa trajetória em direção aos centros urbanos. Uma das políticas públicas de combate à seca e aos problemas que envolviam os retirantes incluiu a criação da comissão de Obras Novas Contra as Secas. Essa foi uma das estratégias do governo disposto a acalmar os ânimos dos retirantes e impedir que uma

quantidade maior invadissem as cidades, com a criação de obras públicas no interior. Castro (2010, p. 100) ainda escreve que:

Os jornais cearenses relatam sobre os retirantes da seca de 1915 em direção a Sobral e seus entorno. “Muitos fazendeiros dizimam seu próprio gado” que já “morre nos campos sem alimento”, “pessoas enlouquecidas pela fome” acorrem às cidades, “assaltam”, “apelam à caridade cristã” no “intuito de salvar a vida”.

Na passagem do século XIX para o século XX, a cidade de Fortaleza passou por um processo de reformulação urbana. Diante do discurso predominante na nova cidade da capital cearense, os retirantes passaram a ser vistos como ameaças à segurança e moralidade públicas. À vista disso, como forma de controle social, foi criado o Campo de Concentração do Alagadiço, com o objetivo de impedir a chegada de flagelados da seca à cidade (NUNES e MEDEIROS, 2020).

Segundo Lima e Magalhães (2018), diante do grande número de flagelados fugindo das condições ambientais que a seca trazia, o governo cearense criou o primeiro campo de concentração, que consistia em uma área demarcada por arames farpados e vigiada 24 horas por dia por policiais. Ali foram confinadas aproximadamente 8 mil retirantes. Esse campo de concentração foi desativado após incentivos para os retirantes migrarem para a Amazônia.

No ano de 1919 ocorreu outra seca, cujas consequências foram proporcionalmente impactantes, nomeadamente um grande crescimento no êxodo rural no Nordeste, em que os retirantes foram em busca de melhores condições de vida. O governo da época foi pressionado pela imprensa, opinião pública e o Congresso Nacional para que houvesse atuação oficial em busca de soluções para o drama. “Com isso, em 1920 foi criada a Caixa Especial de Obras de Irrigação de Terras Cultiváveis do Nordeste Brasileiro, mantida com 2% da receita tributária anual da União” (ANTUNES, 2016). Porém, segundo Cândido (2013), nada foi feito para amenizar o drama das secas.

Entre 1930 e 1932, ocorreu uma seca muito intensa que fez com que milhares de pessoas migrassem para os grandes centros urbanos. Novamente, a solução foi a criação e a ampliação dos campos de concentração para evitar que os flagelados fossem para as cidades. Para controlar a ação de assistência do governo, foram criados novos campos de concentração nos seguintes municípios: Senador Pompeu, Ipu, Quixeramobim, Cariús (LIMA e MAGALHÃES, 2018). A Figura 1 ilustra as vítimas da seca ao lado da linha férrea que levava para o campo de concentração de Senador Pompeu.

Figura 1 - Vítimas da seca



Fonte: Cavalcante, 2018.

Outra grande seca, no Brasil, ocorreu em 1936 e não ficou restrita aos estados nordestinos. Minas Gerais e São Paulo também sofreram pela falta de chuva, foi só aí que o sertão nordestino passou a ser encarado como um problema nacional (ANTUNES, 2016).

A estiagem registrada em 1958 atingiu mais intensamente os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí, causando prejuízos de aproximadamente 10 bilhões de cruzeiros à época, o equivalente a US\$ 132 milhões, em valores de 1957. O presidente Juscelino Kubitschek passou três dias no interior do Ceará, tendo como objetivo avaliar a gravidade da situação e visitar as obras do açude de Araras (LIMA e MAGALHÃES, 2018).

Naquele ano, o Nordeste passava por um dos seus piores momentos da história, pois a seca atingira a região de forma a afetar intensamente a produção de alimentos, e isso acabou de provocar uma forte preocupação no governo de Juscelino Kubitschek, no qual culminou na convocação de Celso Furtado para apresentar um programa de ação que pudesse tratar os problemas no Nordeste. E foi nesse contexto que, em 1959, Furtado elaborou “Uma Política de Desenvolvimento Econômico para o Nordeste”, também chamado de Relatório que compôs o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), posteriormente será aprofundado esse assunto (TOLEDO, 2013).

Na seca de 1970, ocorreu a criação das frentes de emergência, que garantiam alimento e trabalho à população nordestina nos períodos de estiagem, uma alternativa para 1,8 milhões de pessoas (SILVA *et al.*, 2013).

Segundo Cândido (2013), a seca de 1979 a 1983 foi a mais prolongada até então, pela quantidade de anos seguidos, até aquele momento, durando 5 anos. Atingiu toda a região nordestina, deixando um rastro de miséria e fome; lavouras inteiras perdidas e animais mortos em todos os estados. Uma população faminta e desesperada conduziu saques a feiras e armazéns (LIMA e MAGALHÃES, 2018). Aproximadamente 3,5 milhões de pessoas morreram naquele período, sendo a maioria crianças que sofriam de desnutrição (ANTUNES, 2016).

No período de 1997/1999, a seca no Nordeste agravou-se por causa do fenômeno El Niño, causando o aumento das temperaturas das águas do Oceano Pacífico e trazendo várias consequências para o clima da região. Essa seca foi devastadora, tendo em vista que a coisa de 5 milhões de pessoas foram afetadas e registradas ocorrências de saques a depósitos e muitas lavouras perdidas. “A seca foi tão grave que Recife passou a receber água encanada apenas uma vez por semana” (ANTUNES, 2016). Segundo Cândido (2013), esta seca já estava prevista há mais de um ano, em decorrência do fenômeno El Niño, mas, como das vezes anteriores, nada foi feito para amenizar os efeitos dessa catástrofe na região.

Em 2001 teve a continuidade da seca da década de 90, que havia experimentado uma trégua em 2000. A seca foi tão severa que o Rio São Francisco sofreu um impacto negativo em seu reservatório, devido à falta de chuvas, provocando a diminuição do seu volume de água. Nesse mesmo ano, a falta de água foi tão grande que ocorreu a pior crise energética do Brasil. As secas dos anos de 2007 e 2008 foram marcadas pela falta de chuva no Norte de Minas Gerais, região de clima semiárido, totalizando 15 meses de estiagem. Neste período, foram registrados cerca de 54 mil focos de incêndios e mais ou menos 190 mil mortes de cabeças de gado. Vale ressaltar que nesta época centenas de municípios decretaram estado de emergência (ANTUNES, 2016).

No período de 2010 a 2017, com uma trégua em 2011, ocorreu a pior seca até então registrada nesse século, no semiárido brasileiro, acarretando impactos marcantes em termos socioeconômicos e ambientais (BURITI e BARBOSA, 2019).

Como podemos perceber, ao longo da história do Nordeste, a região semiárida do Brasil, as famílias rurais, principalmente, sofrem um alto grau de riscos sociais, resultado da vulnerabilidade que as secas trazem. É muito importante o conhecimento de

questões relacionadas a vulnerabilidade hídrica para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes para amenizar os problemas que a população dessa região vem sofrendo durante décadas.

## **2.4 Três grandes secas do Nordeste e suas implicações**

Independentemente do tipo, se seca meteorológica, agrícola, hidrográfica ou socioeconômica, as consequências da seca para a população do semiárido nordestino são invariavelmente catastróficas, pois promovem a desestruturação do já frágil sistema socioeconômico da região, deixando em seu rastro a miséria aguda, doenças ou epidemias e enormes migrações da população para outras regiões do país (KHAN *et al.*, 2005).

Secas como as de 1958, 1993 e a de 2012 a 2017 impuseram prejuízos de magnitude e natureza variadas sobre os viventes nas áreas semiáridas do Nordeste. Segundo Ximenes (2013), no período de 1958 a 2012, fazendo um ranking para os cinco anos com perdas mais drásticas, nas safras de sequeiro (milho e feijão) destacam-se as secas de 1958 (com cerca de 92,02%), seguida pelos anos de 1983 (-88,83%), 1993 (-86,20%), 2012 (-84,94%) e 1981 (-84,81%). Neste subitem, serão discutidos e apresentados eventos associados a três grandes secas que aconteceram no Ceará, devido às suas repercussões econômicas, ambientais e, sobretudo sociais. Serão discutidas as secas de 1958, 1993 e 2012 a 2017.

### **2.4.1 A seca de 1958**

Na década de 1950, as ações governamentais foram determinantes para o conhecimento dos impactos econômicos provocados pelas secas, uma vez que foi criado o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, vinculado ao Banco do Nordeste do Brasil – BNB (XIMENES, 2013). O Etene é responsável por elaborar, promover e difundir estudos, pesquisas e informações socioeconômicas, além de avaliar políticas e programas do Banco do Nordeste.

Foi a partir da década de 1950, que a chamada questão regional tomou espaço na consciência nacional. A discussão sobre os desequilíbrios apresentados pelas regiões do Brasil foi alimentada pelas grandes secas nordestinas nos anos de 1951 e 1958 e pelo maior grau de informação sobre dados de desenvolvimento regional, e foi justamente nesse período que crescia o debate nacional sobre o tema (CANO, 1981).

Com os dados relativos à produção agropecuária (1951 a 1953), foi possível observar a amplitude dos impactos das secas na região Nordeste. Com efeito, a produção declinou 18%, e observou-se que a recuperação nos anos subsequentes foi mínima. O pequeno aumento da renda *per capita* ocorrido no Nordeste entre 1948 e 1956, em torno de 7%, deve-se em grande parte ao aumento da produção fora do setor agropecuário (BRASIL, 1967). O mesmo autor ainda fala que a produção industrial cresceu cerca de 50% no período referido, correspondendo a uma taxa anual de 5,2%. Sendo bem mais intenso do que o sul do país, esse crescimento é uma clara indicação de que as indústrias nordestinas conservam algum vigor e estão lutando para sobreviver.

Os relatórios do Etene, ao abordarem as atividades econômicas predominantes na zona semiárida, destacaram o tripé em que se apoiava a economia rural, nomeadamente as lavouras de subsistência, o algodão e a pecuária extensiva (principalmente os rebanhos bovino, caprino e ovino), que representava mais da metade do valor da produção pecuária total do Nordeste (LIMA e MAGALHÃES, 2018).

Em suas linhas mais gerais, a economia das zonas semiáridas apresenta como um complexo de pecuária extensiva e agricultura de baixo rendimento. Do ponto de vista do trabalhador rural, a atividade mais importante é a agrícola, ao passo que do ponto de vista do proprietário das terras, a pecuária (BRASIL, 1967).

“Na seca de 1958 – 1959 foi mais evidente a institucionalização política das secas” (NUNES, MEDEIROS, 2020, p.6). A seca de 1958 afetou em cheio os estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte e, de forma menos acentuada, Piauí e Pernambuco, que sofreram com perdas graves tanto nas lavouras quanto nos rebanhos. As medidas para o enfrentamento dos efeitos da escassez causados pela seca seguiam três frentes: a intensificação na construção de açudes e outras obras complementares, o aumento da construção de estradas de rodagem e de ferro e o incentivo à emigração para outros estados, principalmente nas áreas onde o desemprego assumiu grandes proporções, garantindo a ocupação e os meios de subsistência da população (DUARTE, 2003). Segundo Campos (2014, p. 78):

No ano 1958 aconteceu uma das secas mais intensas da história climática do Nordeste. Nessa época, a região já dispunha de uma razoável rede de açudes, estradas e de suprimento elétrico e um aparato institucional significativo com o Dnocs, o BNB, a Comissão do Vale do São Francisco (CVSF) e a Chesf. Mesmo com toda essa infraestrutura foram criadas frentes de serviço para atendimento a cerca de quinhentos mil sertanejos, o dobro dos atendidos na seca de 1932. Buscou-se então repensar as políticas públicas contra as secas.

A seca é um fenômeno que afeta a todos e não há como combatê-la, e é nessa perspectiva que o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), criado no ano de 1958, liderado por Celso Furtado, então designado pelo Presidente Juscelino Kubitschek, elaborou um plano de trabalho com o objetivo de fazer um levantamento sobre as questões relacionadas a seca. A partir de então, constatou-se que o baixo dinamismo econômico na região era saliente e que havia se instalado na base produtiva, impedindo que o Nordeste crescesse economicamente. De forma que, enquanto a indústria no Sudeste conduzia o crescimento econômico, o Nordeste se mostrava incapaz de continuar se desenvolvendo (SILVA, 2006).

A principal proposta do relatório do GTDN era industrializar a região Nordeste via indústria de base (COSTA, 2019). Segundo Toledo (2013), o relatório fez uma análise precisa no que diz respeito a economia nordestina e propôs planos de ação para reverter o quadro de perda de importância econômica da região, tornando-a menos suscetível a graves impactos gerados pelas secas no semiárido. Ainda em 1959, sob a direção de Celso Furtado, foi criada a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), através da Lei n.º 3.692, resultado de uma proposta do GTDN. A instituição consolidou-se como uma importante experiência de planejamento regional no país (COSTA, 2019).

A criação da Sudene resulta da necessidade de desenvolver economicamente a região Nordeste, a partir da percepção de que, com o processo de industrialização, crescia a diferença entre o Nordeste e o Centro-Sul do Brasil. Era necessário, então, intervir diretamente na região, guiada pelo planejamento, entendido este como caminho fundamental para o desenvolvimento (CABRAL, 2018, p. 30).

É muito importante destacar que a criação da Sudene foi motivada, também, pelas denúncias de corrupção na gestão dos recursos enviados pelo governo para custear as frentes de trabalho (TEIXEIRA; MACHADO, 2016).

As diretrizes do Plano de Desenvolvimento para o Nordeste contidas no relatório do GTDN podem ser sintetizadas em quatro grandes linhas ou programas, a saber: a industrialização; a transformação da agricultura da faixa úmida; a transformação da economia do semiárido; e o deslocamento da fronteira agrícola para o Maranhão (DINIZ, 2009).

Antes da existência do relatório do GTDN, os relatórios do Etene apostaram também na necessidade de industrialização do Nordeste como contraponto às desvantagens físico-climáticas, principalmente na zona semiárida da região. Os relatórios sugerem ainda uma ação simultânea visando à industrialização do Nordeste e à emigração

controlada, para áreas de colonização, de parte da população mais vulnerável aos efeitos da seca (DUARTE, 2003).

Durante a seca de 1958, foi preciso criar mais de meio milhão de empregos para evitar que a população se deslocasse em massa, na direção do litoral. Uma fração mínima da população permaneceu nas fazendas, para cuidar do gado e de tarefas inadiáveis. Os demais venderam as suas forças de trabalho aos fazendeiros, tiveram participação na colheita algodoeira ou trataram de procurar qualquer atividade como meio de subsistência. A política tradicional do governo tem consistido em reter essa população próxima, tanto quanto possível, aos seus locais de trabalho, abrindo um certo número de frentes de obras públicas (BRASIL, 1967).

Em resumo, o ano de 1958 está incluso no intervalo de 1877 a 1958, considerado um período hidráulico de solução para o que se designava combate às secas. Esse período propiciou condições de sustentabilidade e de desenvolvimento das populações da região do Nordeste. Ademais, foi nesse período que se criou um confiável suprimento de águas potáveis e conseqüente redução da frequência das secas hidrológicas. As secas agrícolas persistiram, contudo, sem ocasionar os desastres e mortandades que aconteciam no passado (CAMPOS, 2014).

#### 2.4.2 A seca de 1993

Ainda nos anos 1990, o Nordeste continuava seu drama com a seca (SOUZA, 2017). Em 1993 houve uma seca grave, não apenas pelos índices de precipitação pluviométrica extremamente baixos, mas também pelas fracas pluviometrias que vinham ocorrendo desde 1990 (MOREIRA FILHO; GALINDO FILHO; DUARTE, 2002).

Neste período seco, além das tradicionais medidas contra a seca adotadas pelo governo da época – como abertura de frentes produtivas para os agricultores, a distribuição de cestas básicas aos cidadãos e de água potável através de carros-pipas –, foram realizadas ações diversificadas para atenuação dos danos causados pela falta de chuva. Pode-se citar como exemplo a implantação de um programa de alfabetização para jovens e adultos alistados nas frentes produtivas, além da criação de uma linha de crédito direcionada aos produtores das áreas rurais afetadas (SILVA, 2006).

No Nordeste do Brasil a seca está associada ao êxodo rural, à fome, às frentes de serviços, a carros-pipas e cisternas, onde ao longo do tempo criaram-se diferentes órgãos para combater a seca. A problemática da seca provocou várias ações do governo, algumas

direcionadas para oferecer água a população do semiárido (NEVES, 2018). Em 1992, ocorreu a Rio-92, que foi uma conferência ambiental em nível global na qual os países participantes reconheceram o conceito de desenvolvimento sustentável e começaram a moldar ações com o intuito de proteger o meio ambiente.

Nessa conferência, foi redigida a Agenda 21, na qual há menção à temática da região semiárida, uma vez que sofria o fenômeno das secas. Com o novo contexto em que o Brasil se encontrava, a erradicação da pobreza foi descrita como um objetivo da Agenda 21. Segundo Campos (2014, p.81), “o combate à pobreza sempre foi característica associada ao socorro público aos flagelados das secas no Nordeste brasileiro”. Desde então, o Brasil desenvolveu vários programas para atender a este objetivo, como Bolsa Família, Água para Todos e Seguro Safra (NUNES e MEDEIROS 2020).

O Bolsa Família é um programa federal consolidado em 2003, que agregava num único programa assistencialista ações propostas nos meados da década de 1990. O programa se baseia na transferência direta de renda destinado às famílias em situação de pobreza (renda mensal por pessoa de R\$ 60,00 a R\$ 120,00) e de extrema pobreza (com renda mensal por pessoa de até R\$ 60,00 por mês). Ele tem dois objetivos básicos: combater a miséria, a exclusão social; e promover a emancipação das famílias mais pobres (WEISSHEIMER, 2006).

Outro programa criado naquele período de crise hídrica foi o Água para Todos, que teve como objetivo dar acesso às águas às populações mais pobres. O atendimento às populações difusas dos sertões constitui-se em um grande desafio sem solução fácil (CAMPOS, 2014).

Uma alternativa criada para tentar arrefecer os problemas causados por aquela seca foi a criação do Programa Seguro Safra, um mecanismo de transferência de renda que foi idealizado e implantado primeiramente no estado do Ceará e só depois passou a ser proposto para outros estados brasileiros. Este Programa é destinado aos agricultores gravemente prejudicados e suscetíveis aos efeitos negativos das secas ou estiagens. Uma vez que quando ocorre a seca numa região os agricultores do semiárido têm sua produção prejudicada, muitas vezes ocorre perda parcial ou total da safra e a debilitação ou morte do rebanho, e isso fragiliza a sobrevivência de famílias de agricultores. Logo, no perfil do seguro safra enquadram-se os pequenos agricultores de base familiar do semiárido (SILVA e SOUZA, 2008).

Voltando para o assunto de conferências mundiais, observa-se que “nos debates mundiais sobre o desenvolvimento, o tema meio ambiente entra em pauta em várias

dimensões, como: as mudanças e variabilidades climáticas; a desertificação e a gestão racional das águas” (CAMPOS, 2014, p. 80). Em 1993, foi criada no Ceará a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), que ficou responsável por desenvolver ações de monitoramento para o uso racional da água.

Criada pela Lei nº 12.217/93, a COGERH tem como finalidade a implantação de um sistema de gerenciamento da oferta de água superficial e subterrânea no estado do Ceará, compreendendo os aspectos de monitoramento dos reservatórios e poços, manutenção, operação de obras hídricas e organização de usuários (COGERH, 2019).

Em resumo, o ano de 1993 foi um ano incluso num período de gerenciamento das águas e as políticas sociais. Houve urbanização e migração de grandes contingentes humanos para as grandes cidades. As secas agrícolas persistiram, porém os impactos na economia e nas populações passaram a ser relativamente menores comparados a anos anteriores. Os investimentos na infraestrutura hidráulica continuaram e as secas hidrológicas foram ainda mais atenuadas (CAMPOS, 2014).

#### 2.4.3 Secas no século XXI

O início do século 21 foi marcado pelo prolongamento do período de seca do final da década de 1990. Porém, no início da década de 2000, a seca se apresentava já com nova face, em que os seus efeitos eram mitigados pelos programas governamentais de assistencialismo. A mortalidade e a queda da produção do gado já não causavam impactos tão drásticos como nas secas até meados dos anos noventa do século passado. A estiagem se intensificou mesmo no período de 2001 a 2002 e causou grandes impactos na agricultura, principalmente nos perímetros irrigados ao longo do rio São Francisco, que registrou uma diminuição drástica do volume de águas, afetando, inclusive, a produção energética da região Nordeste (XIMENES, 2013; LIMA e MAGALHÃES, 2018).

Logo no ano de 2000, aconteceu a criação da Agência Nacional de Águas, conhecida como ANA, o seu efetivo funcionamento ocorreu no ano de 2001. A ANA veio com o intuito de coordenar a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Assim, trouxe novo alento aos esforços requeridos para melhorar o ambiente técnico e institucional necessário ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos aplicáveis à região semiárida (TEIXEIRA e MACHADO, 2016).

A seca ocorrida nos anos de 2007 e 2008 afetou mais fortemente o norte do estado de Minas Gerais, onde registrou um período de estiagem equivalente a 15 meses. Durante o período, foram registrados quase 54 mil focos de incêndio e mais de 190 mil mortes de cabeças de gado. Centenas de municípios decretaram estado de emergência (LIMA e MAGALHÃES, 2018).

No ano de 2010, ocorreu uma grande seca meteorológica, porém não se repetiu a experiência de calamidade social, como ocorrido há um par de décadas (ANA, 2012). Isso se deve ao fato das recentes políticas de proteção social, onde foi criada uma rede de proteção para as pessoas mais pobres, a infraestrutura de acumulação de água em açudes e infraestrutura de transportes, também se mostraram capazes de assegurar o abastecimento de água para grande parte da população nesse ano de seca.

A seca iniciada em 2012 – e se estendeu pelo ano de 2017 –, é considerada a mais grave em décadas, sobretudo porque acumulou os efeitos da seca ocorrida em 2010, com uma pausa no ano medianamente chuvoso de 2011, ou seja, os sistemas hídricos e as comunidades praticamente não tiveram fôlego para se recuperar (TEIXEIRA e MACHADO, 2016). Segundo Lima e Magalhães (2018, p. 206):

Em condições normais, os açudes existentes no Nordeste, construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e, mais recentemente, pelos estados, nos últimos 120 anos, deveriam ser suficientes para assegurar o abastecimento de água para as populações residentes no interior, inclusive nas cidades. No entanto, durante essa grande seca pluri-anual, tanto os pequenos quanto os grandes reservatórios sofreram um grande abalo. No final de 2017, 62% dos depósitos de água do Semiárido – incluídos no Nordeste e norte de Minas Gerais – se encontravam com índices abaixo de 10% do volume e muitos estavam completamente secos. Essa situação levou dezenas de cidades ao colapso, forçando o abastecimento por carros-pipas.

O Programa Emergencial de Distribuição de Água, conhecido popularmente como Operação Carro-pipa, foi criado pelo governo federal por meio de parceria entre o Ministério da Integração Nacional e o Ministério da Defesa e tem como objetivo principal levar água potável para consumo humano nas áreas atingidas pela seca e estiagem na região do semiárido nordestino, norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (SANTOS, 2018).

A princípio, a Operação Carro-pipa era temporária, ou seja, acontecia nos momentos em que a seca e estiagem se prolongavam. Porém, com o passar do tempo, verificou-se a necessidade de realizar a operação de forma contínua, haja vista a intensidade do período de seca e estiagem dos anos seguidos (BRASIL, 2020). “Hoje o governo federal conta com a Operação Carro-pipa administrada pelo Exército em

conjunto com a Secretária Nacional de Defesa Civil, sua atuação se dá por meio logístico de transporte de água visando mitigar os efeitos da falta de água” (SOUZA *et al.*, 2016, p. 6). O governo brasileiro sempre buscou estratégias para enfrentar as crises de seca com medidas pontuais e permanentes, e sempre de forma a obter uma resposta emergencial (TEIXEIRA; MACHADO, 2016).

A ausência de políticas públicas eficazes pode causar impactos negativos às populações mais vulneráveis. Assim, as medidas voltadas a resolver, ou minimizar, os impactos da estiagem prolongada nas populações do semiárido nordestino seguiram a lógica do combate aos efeitos da seca por meio de ações emergenciais durante os períodos de ausência de chuva (LIMA; MAGALHÃES, 2018).

Muitos municípios nordestinos tiveram situação de emergência reconhecida pelo Ministério da Integração Nacional, e através disso foi possível que as prefeituras desses municípios solicitassem apoio ao governo federal. A Tabela 2 mostra o histórico do percentual de municípios, pertencentes à Sudene, de cada estado que decretaram estado de emergência, devido à seca, ao longo de 7 anos.

Tabela 2 - Nº de municípios com decreto de emergência dividido Nº de municípios do estado entre 2011 e 2017

UF/ANO	RELAÇÃO EM %						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AL	0,0	35,3	57,8	42,2	37,3	39,2	69,6
BA	9,6	63,1	54,4	41,0	31,9	18,9	53,7
CE	3,8	96,2	96,2	95,7	75,5	69,0	51,1
ES	3,6	3,6	10,7	10,7	57,1	46,4	10,7
MA	0,0	33,6	34,6	5,1	0,9	5,1	0,0
MG	6,0	72,6	82,7	87,5	56,0	47,6	38,7
PB	4,9	87,9	90,6	88,8	88,1	87,9	88,3
PE	5,95	65,4	70,3	67,6	68,1	67,6	38,4
PI	1,8	86,6	94,4	91,1	93,3	54,5	18,8
RN	0,0	85,0	96,4	95,8	91,8	91,6	91,6
SE	6,7	24,0	52,0	22,7	10,7	21,3	36,0

Fonte: Brasil, 2017a.

Os estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Maranhão e Sergipe foram os que menos tiveram municípios em estado de emergência, de acordo com seus percentuais relatados na Tabela 2. De notar que os estados do Ceará, Minas Gérias, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte foram os que mais tiveram municípios decretando situação de emergência por anos consecutivos, tendo um percentual acima ou próximo de 70%.

Todos os estados apresentados na Tabela 2 possuem em comum a produção agrícola de quatro culturas, são elas: cana-de-açúcar, feijão, mandioca e milho. Nos dados da Tabela 3 se mostram as evoluções das participações relativas de cada uma dessas lavouras na produção agrícola do semiárido entre 2009 e 2016.

Tabela 3 - Participação da Quantidade Produzida no Semiárido Nordestino em relação à produção de seus estados (excluído o Maranhão, onde não havia semiárido reconhecido oficialmente pelo governo federal) no período 2010/2016

<b>Culturas anuais</b>	<b>Média 09/10</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Cana-de-açúcar	10	10	8	8	7	7	7
Feijão (em grão)	80	77	47	71	57	57	62
Mandioca	55	51	46	39	46	49	41
Milho (em grão)	52	49	16	41	29	29	20
<b>TOTAL</b>	<b>197</b>	<b>187</b>	<b>117</b>	<b>159</b>	<b>139</b>	<b>142</b>	<b>130</b>

Fonte: Brasil, 2017b.

Como mostra a Tabela 3, a produção agrícola dos anos que antecederam a grande seca no semiárido, que neste caso foram os anos de 2009 e 2010, os municípios produziam 10% da cana-de-açúcar, 80% do feijão, 55% da mandioca e 52% do milho obtidos no Nordeste. O ano de 2011 não foi um período de estiagem, porém é possível perceber a diminuição no percentual da produção de feijão, mandioca e milho. O ano de 2012 teve uma brusca queda na produção agrícola, até mesmo a cana-de-açúcar sofreu impacto negativo<sup>1</sup>. Nesse ano a produção de cana-de-açúcar caiu para 8% (antes era 10%); a produção de feijão caiu para 47% (antes era 77%); a produção de mandioca caiu para 46% (antes era 51%) e a produção de milho, na qual foi a mais afetada, caiu para 16% (antes era 49%).

No ano de 2013, o percentual da produção de cana-de-açúcar se manteve constante em relação ao ano anterior; a produção feijão e milho melhorou bastante, já a produção de mandioca continuou caindo. Em 2014, ocorreu a queda de produção nas quatro culturas, e, em 2015, continuaram constante em relação a 2013, exceto a mandioca, cujo percentual cresceu 3 pontos. Uma grande queda de produção ocorreu em 2016, e novamente a cultura que mais sofreu com o impacto da estiagem foi a do milho.

Em resumo, os impactos causados, na seca iniciada em 2012, sobre a produção agrícola foram acentuados. Faltou água para os animais selvagens e umidade para a

<sup>1</sup> Fato este que não havia acontecido no ano de 2011 comparado à média de 2009 e 2010.

vegetação, sendo importante destacar que não apenas as produções tradicionais foram afetadas, como a produção de milho, feijão e mandioca, mas também outras atividades, como a apicultura e a cultura de caju (LIMA; MAGALHÃES, 2018).

## 2.5 Vulnerabilidade e Resiliência

Os Relatórios de Desenvolvimento Humano das Nações (*Human Development Report*, HDR) que são lançados anualmente a partir do começo dos anos 1990, são temáticos. O HDR de 1994 teve como tema reflexões conceituais e empíricas acerca dos conceitos de vulnerabilidade e resiliência. No começo desse documento se pode encontrar a seguinte passagem:

Tradicionalmente, o conceito de vulnerabilidade é usado para descrever a exposição ao risco e gerenciamento de risco, incluindo seguro contra choques e diversificação de ativos e receitas. (HDR, 2014, p. 1, tradução nossa).

Segundo Lemos (2020), o termo “vulnerabilidade” expressa a dificuldade de um determinado sistema reagir satisfatoriamente à multidimensionalidade ou à sinergia de fatores que, combinados com forças encontradas no meio ambiente, produzem desastres. A complexidade de alguns fatores como condições econômicas modernas; crescimento populacional e tendência demográfica; decisões sobre a ocupação do solo; infraestrutura verde e construída; e, instabilidades climáticas, ampliam o risco de desastres. Tal complexidade potencializa dois fatores transversais e antagônicos, comuns e subjacentes a maioria dos desastres, a saber, a vulnerabilidade e a resiliência (SHERER, 2014).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a vulnerabilidade é a propensão ou predisposição para ser afetado(a) negativamente. A vulnerabilidade abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos ou falta de capacidade para enfrentar ou se adaptar. Já o termo “resiliência” é a capacidade dos sistemas físicos, sociais, econômicos e ambientais de lidar com eventos perigosos, tendências ou perturbações, respondendo ou reorganizando-se de forma que mantenham a sua função, identidade e estrutura essenciais, enquanto também mantêm a capacidade de adaptação, aprendizagem e transformação. Em outras palavras, resiliência pode ser definida como a capacidade de um sistema voltar à sua forma original após ter sido submetido a uma perturbação, ou seja, um desastre (IPCC, 2014).

A maioria das pessoas, em todos os lugares, são vulneráveis a choques ou a estresses, até certo ponto – desastres naturais, crises financeiras, conflitos armados –, bem como a problemas sociais, econômicos e ambientais de longo prazo. No entanto, algumas pessoas são muito mais vulneráveis do que outras. E, em muitos casos, normas sociais discriminatórias e deficiências institucionais exacerbam essa vulnerabilidade, deixando certos grupos sem o apoio da família, da comunidade e do estado necessário para aumentar as suas capacidades de enfrentamento (HDR, 2014).

Choques adversos podem vir de várias direções. As mudanças ambientais podem levar a desastres naturais, como inundações e secas. Choques econômicos podem levar à perda de empregos devido à recessão ou à piora dos termos de troca. Choques na saúde podem levar à redução da renda - bem como ao aumento das despesas médicas - para as famílias. Guerras e conflitos civis podem ter impactos negativos generalizados no desenvolvimento humano. (HDR, 2014, p. 27, tradução nossa).

A população do semiárido brasileiro tem vivido e vem se adaptando às condições climáticas muito adversas. Com efeito, a maior parte da população rural vive em situação de vulnerabilidade devido a estas condições. À vulnerabilidade ambiental somam-se as vulnerabilidades sociais e econômicas, com uma grande proporção da população vivendo em pobreza, ou extrema pobreza (SENA, 2017). Segundo Andrade, Souza e Silva (2013), a região semiárida é considerada uma das mais vulneráveis às variações climáticas devido a irregularidade das chuvas, a deficiência hídrica e a pobreza da população.

A partir de meados do século XX, houve maior preocupação com o desenvolvimento regional, com repercussões sobre a demanda e a oferta de água. O crescimento econômico ajudou a reduzir a vulnerabilidade econômica ao problema das secas, na medida em que reduziu a participação no PIB de setores mais dependentes das estações chuvosas, como a agricultura. Mais recentemente, políticas de proteção social, como os programas Bolsa Família e Aposentadoria Rural, também ajudaram a reduzir a vulnerabilidade das pessoas mais pobres que, normalmente, são as mais atingidas pelas secas. As políticas públicas continuaram evoluindo, incorporando a preocupação com a sustentabilidade do desenvolvimento e, de modo particular, com o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. No conjunto, essas políticas ajudaram a reduzir a vulnerabilidade e os impactos das secas sobre as pessoas e sobre a economia, mas há desafios que ainda precisam ser superados (ANA, 2012, p. 28).

Não há dúvidas de que o semiárido brasileiro é um dos ecossistemas mais vulneráveis, devido à instabilidade do regime pluviométrico que provê a ocorrência sistemática de secas e, muitas vezes, as enchentes (LEMOS, 2019). As populações consideradas de maior vulnerabilidade frente aos impactos associados à seca incluem

pessoas pobres, com nível educacional e socioeconômico mais baixo, pessoas que sobrevivem de agricultura de subsistência, crianças, gestantes e idosos (SENA, 2017).

O setor agrícola torna-se mais vulnerável no semiárido devido à instabilidade climática que, dentre outros problemas, provoca secas sistemáticas. Essas instabilidades e as secas recorrentes são fatores de risco a que os agricultores presentes nesse ecossistema buscam saídas ou adaptação. Isso de fato acontece, dado que sempre que ocorrem períodos de normalidade ou abundância de chuvas, depois de uma sequência de anos de estiagem, os agricultores conseguem obter alguma produção. Ou seja, observa-se que há alguma resiliência nesses agricultores. Resiliência que poderia ser incrementada se o poder público proovesse serviços de pesquisa e assistência técnica que possibilitassem aos agricultores do semiárido acesso a sementes e mudas mais adaptadas às dificuldades climáticas e tecnologias adaptadas à ocorrência do estresse hídrico (TINÔCO, 2018; LEMOS, 2020).

Resiliência, de um ponto de vista físico, é a negação da vulnerabilidade. Segundo Pimm (1991), a resiliência seria a habilidade que tem um determinado sistema, uma vez afetado por um estresse ou a um fator que o tenha deslocado de uma posição de equilíbrio, retomar essa posição tão logo o fator causador tenha sido superado.

Com base nessa reflexão, pode-se definir resiliência como:

A capacidade que possui um sistema de absorver impactos externos e reorganizar-se enquanto prepara mudanças para continuar mantendo as mesmas funções, estruturas, identidades e capacidades de prover retornos. A ênfase do conceito recai sobre a dinâmica de recuperação do sistema quando experimenta estresses que o retiram do seu estágio modal inicial. (LEMOS, 2020, p. 44).

A resiliência é a habilidade que um sistema juntamente com suas partes componentes tem de antecipar, absorver, acomodar ou recuperar-se de efeitos provocados por fatores externos, de uma forma eficiente, em relação a um ponto de vista temporal (IPCC, 2001).

Segundo a FAO (2014), a resiliência pode ser aferida em sistemas por meio de indicadores que captam as seguintes dimensões: capacidade de absorção de experiências; capacidade adaptativa; e capacidade de transformação do sistema.

Dessas informações, depreende-se que resiliência e vulnerabilidade caminham em sentidos opostos. Resiliência podendo ser entendida como a capacidade que tem um sistema (ou sujeito social) que uma vez defrontado com algum estado de vulnerabilidade, causado por algum fator de risco, recuperar-se e passar para outra situação mais segura,

que pode ser igual ou aproximada àquela em que se encontrava antes de experimentar o estresse. Assim, resiliência pode advir de forças latentes ou em potencial do sistema (ou do sujeito social), ou ser induzida por fatores externos que agem como indutores ou catalisadores do processo de recuperação (LEMOS, 2020).

Nesta perspectiva, Atkins, Mazzi e Easter (2000) esclarecem o conceito de vulnerabilidade incorrendo-lhe um atributo adicional relativo a dificuldade de um sistema em ter experimentado um estresse, perigo ou desastre, recuperar a sua capacidade inicial.

No semiárido, o maior fator de risco ou de vulnerabilidade é a instabilidade climática, sobretudo a associada às instabilidades temporais e espaciais da distribuição pluviométrica. Não obstante ser esse um risco que faz parte do cotidiano dos agricultores desse regime climático, observa-se que eles desenvolvem instrumentos de adaptação e convivência com as dificuldades. Tais instrumentos decorrem das próprias experiências ou daquelas observadas nos comportamentos dos seus antecedentes, como os pais, avós, parentes próximos, vizinhos.

Em geral, os agricultores, especialmente os do semiárido, costumam fazer seleção de sementes e de mudas dos cultivos que apresentam melhores resultados em anos de bonança climática e, sobretudo, naqueles de maiores dificuldades, quando conseguem ter alguma colheita. Armazenam esse material de forma segura e o disponibiliza para as próximas fases de cultivo.

Além disso, desenvolvem habilidades em poupar água e no cultivo de itens que têm uma maior capacidade de adaptação às dificuldades pluviométricas. Neste caso, o plantio de palma forrageira é um exemplo bastante representativo desse “*feeling*” dos agricultores em conviver com dificuldades para alimentarem os seus rebanhos de animais domésticos de médio e de grande porte, nos períodos de maiores dificuldades.

Em relação às lavouras cultivadas em regime de sequeiro, dependentes que são exclusivamente das chuvas, observa-se que às tragédias provocadas pela escassez ou ausência de produção ocorridas nos períodos de estiagens, seguem-se colheitas razoáveis ou mesmo satisfatórias, quando ressurge o “inverno” nas suas áreas. Essa pode ser uma das razões pelas quais os agricultores não emigram de imediato ao se depararem com tais dificuldades. Costumam esperar por anos subsequentes, na esperança de melhores quadras chuvosas. Neste aspecto, os programas de transferências de renda funcionam como amortecedores das dificuldades que as famílias rurais se deparam em períodos de escassez hídrica. Embora sejam paliativos, esses programas podem contribuir para evitar o êxodo rural.

## 2.6 Atividades agrícolas no semiárido

As secas variam segundo a intensidade dos seus impactos sobre a região afetada, que podem ser de natureza econômica, ambiental e social. Tradicionalmente, a primeira consequência da seca é a falta d'água, que afeta o abastecimento de pessoas, de animais, bem como as atividades agrícolas (ANA, 2012).

As maiores limitações para a produção agrícola decorrem da irregularidade das chuvas e da baixa fertilidade natural dos solos (SILVA *et al.*, 2010). Devido às condições climáticas do semiárido brasileiro, há uma enorme dificuldade em desenvolver práticas agrícolas, sobretudo quando exercidas sem o uso de tecnologias adequadas face aquelas condições. Muitas vezes, essas práticas agrícolas são mal executadas, resultando na degradação das áreas agrícolas e a desertificação da região (SAMPAIO, 2008).

Alguns dos piores indicadores econômicos e sociais do Brasil se encontram no semiárido do país. Em consequência da instabilidade pluviométrica na região, onde algumas vezes apresentam um comportamento chuvoso e outras vezes comportamento de estiagem, e uma vez que grande parte da produção agrícola, sobretudo a de sequeiro, é altamente dependente da água de chuva, a economia da região semiárida caracteriza-se por ter uma baixa produtividade e um reduzido grau de integração aos mercados. Não é apenas a região Nordeste que é afetada pela irregularidade climática. Em todo o Brasil há consequências da ação dos efeitos climáticos, com destaque para os fenômenos La Niña e El Niño, que também influenciam mudanças climáticas em outras regiões do planeta (XIMENES, 2013).

A economia das zonas semiáridas é marcada por um complexo de pecuária extensiva e agricultura de baixo rendimento. Do ponto de vista do trabalhador rural, a atividade mais importante é a agrícola, ao passo que do ponto de vista dos grandes proprietários de terra, a pecuária é a atividade preferida (BRASIL, 1967).

Segundo Suassuna (2007), a economia agrícola do sertão é tipicamente marcada por atividades pastoris, com o predomínio da criação extensiva de gado bovino e de pequenos ruminantes (caprinos e ovinos), e a cultura de espécies resistentes à estiagem a exemplo do algodão e da carnaúba nas áreas mais secas, fora a produção de grãos (milho e feijão) e mandioca nas áreas mais úmidas. A cana-de-açúcar é bastante cultivada nos brejos de altitude, como em Triunfo, Pernambuco.

Segundo Silva *et al.*, (2010), as atividades econômicas padecem da herança arcaica da estrutura agrária regional, que sofre sérios problemas de concentração e

desigualdade na distribuição de terras. Importa destacar que na região ainda predominam os sistemas agrícolas diversificados de base familiar, explorados com baixa eficiência de produção, sendo responsáveis por uma crescente degradação dos recursos naturais. Essa economia, extremamente débil, está sujeita a crises periódicas de produção. “As práticas da agricultura familiar no Nordeste brasileiro, associadas à pecuária, estão sendo apontadas como aceleradoras dos processos de degradação ambiental, em virtude do caráter extrativista e predatório dos recursos naturais” (GIONGO, 2011, p.119).

A agricultura familiar de sequeiro, caracterizada por sistemas de produção dependentes de chuva que integram a criação animal, a produção vegetal e o extrativismo, é de inegável relevância ao Brasil: está presente em mais de 2 milhões de estabelecimentos agropecuários; ocupa uma área em torno de 28 milhões de hectares e envolve 8,6 milhões de pessoas, das quais 38% residem no semiárido. Essas famílias, que têm a agropecuária como sua principal atividade, enfrentam o desafio de ter uma produção sustentável em áreas dependentes de chuva devido à limitada oferta de água no semiárido (MELO e VOLTOLINI, 2019).

As instabilidades climáticas do semiárido brasileiro ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água, sendo os mais vulneráveis os agricultores mais pobres como aqueles de subsistência na área do semiárido do Nordeste. Levando em conta o semiárido e o aumento da frequência de ocorrência das secas, a base de sustentação das atividades humanas diminuirá, sendo provável que aumente o deslocamento da população para as grandes cidades ou para as áreas nas quais seja possível desenvolver a agricultura irrigada (MARENGO *et al.*, 2011). Os que vivem em extrema pobreza e privação estão entre os mais vulneráveis.

De acordo com Diaz (2017), o semiárido nordestino é assolado por secas que obrigam fluxos migratórios desde tempos pré-coloniais; existem até registros de grupos indígenas migrando para o litoral, fugindo da escassez de água, causada por esses eventos extremos e isso acontece até os dias de hoje. O mesmo autor ainda fala que essa condição extrema de seca impõe uma situação de vulnerabilidade ao ambiente, que associada ao elevado nível de crescimento populacional, gera situações de risco aos grupos residentes com menor poder aquisitivo. A atividade econômica praticada na região semiárida é particularmente vulnerável ao fenômeno das secas, pois a seca provoca uma crise da agricultura de subsistência (BRASIL, 1967).

As culturas mais comuns para a agricultura de subsistência são feijão, mandioca e milho, as quais têm grande importância socioeconômica para o estado do Ceará, pois

atuam como geradoras de segurança alimentar e de renda para os agricultores familiares (SALVIANO, 2021).

### 2.6.1 Lavoura de Feijão

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar do brasileiro, pois além de ser rico em proteína, o feijão também possui carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças. Além do papel relevante na alimentação da população brasileira, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, principalmente devido à mão de obra empregada durante o ciclo da cultura, sobretudo na época da colheita, que na maioria das vezes é manual (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Segundo Pereira *et al.*, (2014), o conhecimento das exigências edafoclimáticas das culturas é uma ferramenta fundamental que auxilia o planejamento agrícola, favorecendo uma maior produtividade, rentabilidade e diminuição de perdas por fatores climáticos. São inúmeros os fatores que influenciam o desempenho do feijoeiro, destacando-se a temperatura, radiação solar, precipitação pluvial e solo.

A temperatura, dentre todos os fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento do feijoeiro, é considerada o fator de maior influência no desenvolvimento de vagens, bem como sobre o florescimento e frutificação do feijão. A planta de feijão é sensível a altas e baixas temperaturas, sendo a média ótima entre 18° e 24°C e a temperatura ideal 21°C. Médias acima de 30°C e abaixo de 12°C podem provocar abortamento de flores, vagens e grãos (PEREIRA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Na fase de germinação, temperaturas baixas podem atrasar a emergência e também prejudicar o desenvolvimento das plantas. Segundo Silva, Reichert e Reinert (2006, p. 392), “o feijoeiro não tolera excesso de água e deficiência hídrica durante o florescimento, fatores que podem provocar perdas de até 60% na produção de grãos”.

Em relação a radiação solar, segundo Oliveira *et al.* (2016), deve-se manejar a cultura de feijão para que as plantas consigam interceptar a maior quantidade de radiação solar possível, principalmente antes do florescimento, para que seja acumulada uma quantidade adequada de biomassa.

Em relação à precipitação pluvial, o feijoeiro não tolera excesso de água e deficiência hídrica durante o seu desenvolvimento, fatores que podem provocar perdas de até 60 % na produção de grãos (SILVA; REICHERT; REINERT, 2006).

Já em relação ao solo, o feijoeiro é uma planta com raiz delicada, com sua maior parte concentrada numa camada de até 20 cm de profundidade do solo, por isso, deve-se ter um cuidado especial escolha da área (Costa Filho, 2019). Segundo Oliveira *et al.*, (2016) o feijão pode ser cultivado tanto em várzeas quanto em terras altas, desde que em locais com solos soltos, friáveis e não sujeitos a encharcamento.

### 2.6.2 Lavoura de Mandioca

A cultura da mandioca é considerada uma atividade de grande importância social e econômica, com destaque na alimentação humana e animal, assim como na utilização dos subprodutos em inúmeros produtos industriais (IDAM, 2018). A época de plantio adequado é importante para seu desenvolvimento, principalmente pela relação com a presença de umidade no solo, necessária para a brotação das manivas e enraizamento. A falta de umidade durante os primeiros meses após o plantio da mandioca favorece a perdas na brotação e na produção, enquanto o excesso, em solos mal drenados, prejudica a brotação e favorece a podridão de raízes. Ademais, a escolha da época de plantio adequada ainda pode reduzir o ataque de pragas e doenças e a competição das ervas daninhas na região da plantação (SOUZA; FIALHO, 2003).

Segundo Silva *et al.*, (2012), o controle de plantas daninhas é muitas vezes negligenciado nas práticas de manejo utilizadas pelos pequenos produtores por acreditarem que, por ser essa cultura rústica, não precisam se preocupar com o controle.

Em relação ao clima, a mandioca possui características que fazem o seu desenvolvimento ser favorável em todos os climas tropicais e subtropicais. A faixa ideal de temperatura situa-se entre os limites de 20° a 27°C (média anual), podendo a planta crescer bem entre 16° e 38°C. É importante ressaltar que as temperaturas baixas, em torno de 15°C, retardam a brotação das gemas e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa, entrando em fase de repouso (SOUZA; FIALHO, 2003).

“Pelo fato de ser tolerante a restrição hídrica, a mandioca acaba sendo uma boa opção de cultivo no semiárido nordestino por parte dos agricultores que praticam agricultura de subsistência na região, proporcionando aos mesmos, renda e fonte alimentar” (COSTA FILHO, 2019, p. 39).

Em relação a pluviometria ideal, ela está compreendida numa faixa entre 500 a 700 mm de chuva por ano em regiões semiáridas, bem distribuídas. Para Souza e Fialho (2003), é importante adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo (período de estabelecimento da cultura), pois isso prejudica o desenvolvimento da produção.

### 2.6.3 Lavoura de Milho

O milho tem grande importância econômica, podendo ser utilizado desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na indústria, o milho é utilizado para fins alimentícios, como o fubá, o amido de milho, a farinha de milho e o óleo de cozinha. Do total produzido, a maior parte do consumo de milho em grão é destinada à alimentação animal (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade (CRUZ, 2010). Os solos ideais para o cultivo da cultura do milho são os que apresentam estrutura granular bem desenvolvida, soltos e com boa drenagem, pois o milho não suporta solos encharcados e necessita arejamento para o sistema radicular (FERREIRA; RESENDE, 2000).

Segundo Oliveira *et al.*, (2016), a faixa ideal de temperatura para que a cultura do milho se desenvolva adequadamente é de 25° a 30°C. Quando há queda de temperatura, abaixo de 10°C, deve-se evitar o plantio, pois neste caso a germinação é reduzida e o número de plantas anormais aumenta.

Em relação a radiação solar, ela é considerada um dos parâmetros de extrema importância para a planta de milho, sem a qual o processo fotossintético é inibido e a planta é impedida de expressar o seu máximo potencial produtivo. Uma redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, atrasa a maturação dos grãos ou pode ocasionar até mesmo queda na produção (CRUZ, 2010).

Já em relação a pluviometria, “para alcançar altas produtividades a cultura do milho necessita de 500 a 800mm de água durante seu ciclo. A cultura exige um mínimo de 350 a 500 mm para produzir sem necessidade de irrigação” (OLIVEIRA *et al.*, 2016, p. 54). O milho é uma cultura que tem grandes necessidades de água e é muito eficiente na sua utilização. Para uma mesma quantidade de água utilizada produz uma quantidade de matéria seca muito superior a outras culturas (BARROS; CALADO, 2014).

### 3 METODOLOGIA

O estado do Ceará, que cobre uma área de 148.894 km<sup>2</sup>, está situado na região Nordeste do Brasil, e devido a sua grande variabilidade anual da precipitação ocorre problemas de seca de diferentes intensidades (BARRA *et al.*, 2002; IBGE, 2020). A FUNCEME classificou o estado do Ceará em oito sub-regiões, levando em consideração seus aspectos climáticos, são elas: Cariri (28 municípios); Ibiapaba (26 municípios); Jaguaribana (24 municípios); Litoral de Fortaleza (4 municípios); Litoral do Pecém (16 municípios); Litoral Norte (22 municípios); Maciço do Baturité (14 municípios); e Sertão Central e Inhamuns (40 municípios).

A sub-região do Sertão Central e dos Inhamuns é a sub-região que foi mais afetada pelo fenômeno das secas (FUNCEME, 2019), em virtude disso a sub-região se tornou o objeto de estudo dessa pesquisa, com isso justifica-se a escolha dessa sub-região.

Os quarenta municípios que compõem essa região climática são: Acopiara, Aiuaíba, Antonina do Norte, Araripe, Arneiroz, Assaré, Boa Viagem, Campos Sales, Canindé, Caridade, Catarina, Catunda, Choró, Crateús, Deputado Irapuan Pinheiro, Ibaretama, Iguatu, Independência, Itatira, Madalena, Milha, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Novo Oriente, Parambu, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Potengi, Quiterianópolis, Quixadá, Quixelô, Quixeramobim, Saboeiro, Salitre, Santa Quitéria, Senador Pompeu, Solonópole, Tamboril, Tarrafas e Tauá (FUNCEME, 2019).

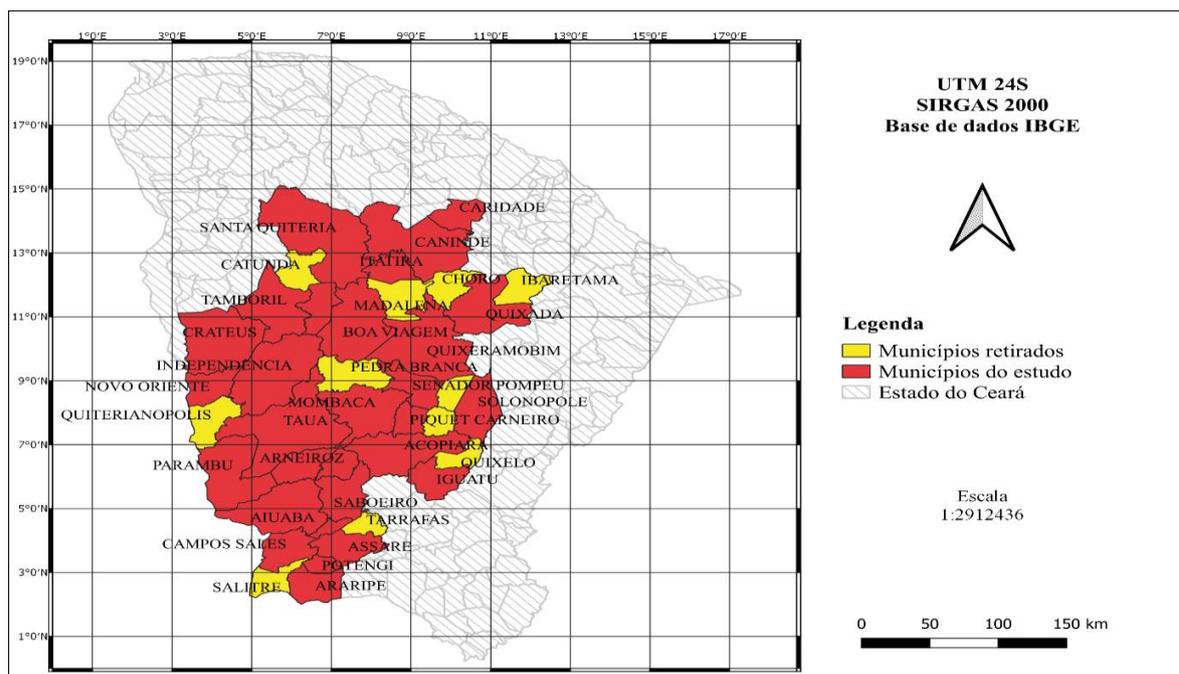
A produção agrícola da região consiste em laranja, goiaba, castanha de caju, algodão herbáceo, cana-de-açúcar, fava, mamona, feijão, mandioca e milho. Em relação a fruticultura, tem-se: manga, maracujá, caju, banana, mamão, acerola, goiaba e graviola. (BRASIL, 2011). Nesse estudo, trabalhou-se apenas com as lavouras de feijão, mandioca e milho, uma vez consideradas cultura para a agricultura de subsistência.

#### 3.1 Objeto de Estudo

O presente trabalho tem como objeto de estudo 29 municípios que fazem parte da Sub-Região Sertão Central e Inhamuns, a escolha dos municípios levou em consideração a existência de dados entre o período de 1974 a 2019, tendo em vista que alguns municípios não selecionados para este estudo não haviam sido emancipados antes de 1974 e como não havia informações completas desses municípios, e a inclusão destes poderia comprometer a matriz de dados, foram eles: Catunda, Choró, Deputado Irapuan

Pinheiro, Ibaretama, Madalena, Milhã, Pedra Branca, Quiterianópolis, Quixelô, Salitre e Tarrafas, a Figura 2 destaca em amarelo tais municípios. O total de municípios da sub-região é 40 municípios, com a retirada de 11 ficaram 29 municípios para o estudo em questão, os quais estão destacados em vermelho na Figura 2, representativa dos municípios do Ceará.

Figura 2 – Municípios em estudo da sub-região Sertão Central e Inhamuns



Fonte: Autoria própria com base no IBGE (2020).

Segundo dados do IBGE (2020), o ranking dos cinco maiores municípios em extensão territorial segue a seguinte ordem: Santa Quitéria, Tauá, Quixeramobim, Independência e Canindé, com área territorial de: 4.262,30 km<sup>2</sup>, 4.010,62 km<sup>2</sup>, 3.324,99 km<sup>2</sup>, 3.222,38 km<sup>2</sup> e 3.032,39 km<sup>2</sup>, respectivamente. Já os cinco menores são: Aiuaba, Antonina do Norte, Potengi, Catarina e Piquet Carneiro possuindo área territorial de: 256,053 km<sup>2</sup>, 259,706 km<sup>2</sup>, 343,264 km<sup>2</sup>, 488,153 km<sup>2</sup> e 589,601 km<sup>2</sup>.

Em relação à pluviometria, segundo dados de 2017 do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece), os municípios com maiores pluviometrias médias são: Antonina do Norte do Norte (977,2 mm), Piquet Carneiro (897,6 mm) e Quixadá 838,1 mm de pluviometria. Sendo as menores pluviometrias médias anuais encontradas nos municípios de Parambú, Aiuba e Arneiroz, 532,1 mm, 562,4 mm e 582,1 mm, respectivamente.

O clima da sub-região varia de município a município, sendo na sua maioria considerado Tropical Quente Semiárido, apenas quatro municípios são classificados como possuidor dos climas Tropical Quente Semiárido, Brando, Tropical Quente Semiárido, são eles: Crateús, Caridade, Canindé e Potengi. Por outro lado, o município de Araripe é o único com o clima Tropical Quente Subúmido (IPECE, 2017).

Em relação à temperatura dos municípios, ela varia de 22°C a 28°C, onde as menores temperaturas se encontram nos municípios de Monsenhor Tabosa e Araripe, com variação entre 22°C a 24°C, e a maior no município de Iguatu com variação de 27°C a 28°C (IPECE, 2017).

O período chuvoso da maioria dos municípios se concentra entre fevereiro a abril, apenas os municípios de Itatira e Potengi tem como intervalo de período chuvoso os meses de janeiro a abril.

A bacia hidrográfica da sub-região é bem diversificada, tendo a Bacia do Acaraú, Bacia do Parnaíba, Bacia do Alto Jaguaribe, Bacia do Médio Jaguaribe, Bacia do Banabuiú, Bacia do Curu, e Bacia Metropolitana. O Quadro 1 mostra essas bacias hidrográficas e seus municípios.

Quadro 1 - Bacias hidrográficas com seus municípios na região Sertão Central e Inhamuns

<b>BACIA HIDROGRÁFICA</b>	<b>MUNICÍPIOS ALCANÇADOS</b>
Bacia do Acaraú	Tamboril, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria e Itatira
Bacia do Parnaíba	Tamboril
Bacia do Alto Jaguaribe	Araripe, Assaré, Campos Sales, Catarina, Aiuaba, Parambú, Antonina do Norte, Acopiara, Tauá, Saboeiro, Arneiroz, Iguatu, Potengi e Solonópole.
Bacia do Médio Jaguaribe	Solonópole
Bacia do Banabuiú	Piquet Carneiro, Senador Pompeu, Quixeramobim, Boa Viagem, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria, Itatira e Quixadá
Bacia do Curu	Caridade e Canindé
Bacia Metropolitana	Quixadá e Canindé

Fonte: Autoria própria com base no Ipece (2017).

Como é possível observar, a maioria dos municípios estão inserido na bacia do Alto Jaguaribe, e alguns municípios estão inseridos em mais de uma bacia, que são os de

Tamboril, Solonópole, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria, Itatira, Quixadá e Canindé. Apenas Solonópole está incluída na Bacia do Médio Jaguaribe (Quadro 1).

### 3.2 Base de dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram secundários e obtidos através do banco de dados disponibilizado no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e na Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O período analisado foi de 1974 a 2019. Para os 29 municípios cearenses, foi levantada em consideração as precipitações anuais cobrindo o período de 1974 a 2019. As lavouras que compõem a série estudadas são: feijão, mandioca e milho.

Pode-se dividir as variáveis estudadas neste estudo em três tipos: endógenas, exógenas e construídas. Considera-se como sendo variável exógena, a precipitação média anual de cada município ocorrida no período estudado. As variáveis endógenas são: área colhida (ha) de cada lavoura (feijão, mandioca e milho); e produtividade de terra de cada lavoura. E como variável construída tem-se o valor da produção de cada cultura dividido pela sua área colhida. Para a correção dos valores monetários, associados a variável valor da produção, foi adotado o IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas, referente a dezembro de 2019.

Quadro 2 - Variáveis utilizadas no estudo

VARIÁVEIS	DEFINIÇÃO
<b>Exógena</b>	$CH_{jt}$ = Precipitação média anual (mm) no município j ( $j = 1, 2, \dots, 29$ ) e no ano t ( $t = 1974, 1975, \dots, 2019$ ).
<b>Endógenas</b>	$AR_{ijt}$ = Área colhida em hectares (ha) da cultura i ( $i = 1, 2, 3$ ) no ano t de cada município j.
	$RD_{ijt}$ = Produtividade de terra de cada lavoura ( $Kg \cdot ha^{-1}$ ), no município j e no ano t.
<b>Construída</b>	$VH_{ijt}$ = Valor da produção da cultura i no município j, corrigido para valores de 2019, dividido pela área colhida da cultura i, no município j, no ano t.

Fonte: Autoria própria (2021).

Os dados associados à produção de lavouras (áreas colhidas, valores da produção de feijão, mandioca e milho) foram levantados junto à Produção Agrícola Municipal (PAM) encontrados no SIDRA/IBGE.

### 3.3 Método

Os procedimentos metodológicos estão divididos em três etapas neste tópico. Na primeira, apresentam-se as estatísticas descritivas de todas as variáveis envolvidas na pesquisa, onde a partir daí se buscam as pluviometrias de todos os anos de cada município para que assim seja possível classificá-las. Na segunda etapa, foram utilizados os coeficientes de variação das variáveis onde foi estimado as estabilidades/ instabilidades. E, por fim, na terceira etapa foi avaliada a capacidade de resiliência da produção das lavouras de feijão, mandioca e milho.

#### 3.3.1 Metodologia utilizada para alcançar o primeiro objetivo específico

Com base na pluviometria que aconteceu no Ceará entre os anos de 1947 e 2017, Lemos e Bezerra (2019) classificaram os períodos de pluviometria do Ceará em anos de escassez, anos de normalidade e anos chuvosos. Esses períodos, definidos naquela pesquisa, bem como os limites superior e inferior foram tomados como referências na realização desta dissertação. Assim, computam-se entre os anos de 1974 e 2019, anos que o estudo cobre, os anos em que ocorreram os períodos pluviométricos definidos no estudo de Lemos e Bezerra (2019) que estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação da pluviometria

Períodos	Amplitude	Valores estimados
Estiagem	Pluviometria < (Média - ½ DP)	Estiagem ≤ 656,1mm
Normal	Pluviometria = (Média ± ½ DP)	656,1mm < Normal ≤ 927,7mm
Chuvoso	Pluviometria > (Média + ½ DP)	Chuvoso > 927,7mm

DP- Desvio Padrão.

Fonte: Lemos e Bezerra, 2019.

Com base nesses dados, foi possível descrever a caracterização climática dos municípios da sub-região do Sertão Central e Inhamuns. Um trabalho que utilizou dessa mesma metodologia, obtendo resultados satisfatórios, foi o de Costa Filho no ano de

2019, no qual abordou os efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá.

Outro trabalho, bem mais recente, que utilizou metodologia semelhante, mas não igual, e também obteve resultados satisfatórios, foi o de Salviano (2021), intitulado como: Relações entre Instabilidades das Chuvas e Indicadores de Produção de Lavouras de Sequeiro no Semiárido Cearense, Brasil.

### 3.3.2. Metodologia utilizada para alcançar o segundo objetivo específico

Foi utilizado como instrumento de aferição do nível de instabilidade pluviométrica da Sub-região Sertão Central e Inhamuns o coeficiente de variação (CV). Por definição, o coeficiente de variação mede a relação percentual entre o desvio padrão e a média aritmética de uma variável aleatória, sendo este utilizado por pesquisadores para medir a variabilidade de seus experimentos, sendo sua classificação importante para várias áreas da pesquisa agrícola brasileira (VAZ, 2017).

Segundo Lemos (2020), a vantagem de usar o CV nesse tipo de avaliação é que ele é invariante com respeito às unidades de medidas. Assim, permite a comparação de desigualdades ou de instabilidades entre variáveis aferidas. É muito importante ressaltar que quanto menor o valor do CV, mais os dados estão concentrados em torno da média, ou seja, o conjunto é mais homogêneo.

Gomes (1985) estabeleceu limites para classificação dos CV em experimentos agrícolas, sendo esses os valores utilizados nesta pesquisa (representados no Quadro 4).

Quadro 4 - Classificação do Coeficiente de variação de acordo com sua amplitude

<b>Classificação do CV</b>	<b>Amplitude do CV</b>
Baixo	$CV < 10\%$
Médio	$10\% \leq CV < 20\%$
Alto	$20\% \leq CV < 30\%$
Muito alto	$CV \geq 30\%$

Fonte: Gomes, 1985.

O coeficiente de variação é usado para analisar a dispersão em termos relativos a seu valor médio quando duas ou mais séries de valores apresentam unidades de medida diferentes. Dessa forma, pode-se dizer que o coeficiente de variação é uma forma de

expressar a variabilidade dos dados excluindo a influência da ordem de grandeza da variável (RIGONATTO, 2019). Quanto menor o valor do CV, mais os dados estão concentrados em torno da média, ou seja, o conjunto é mais homogêneo.

### 3.3.3 Metodologia utilizada para alcançar o terceiro objetivo específico

Neste tópico foram construídos índices para aferir a interação que se suspeita existir entre a pluviometria e as variáveis que definem a produção agrícola de sequeiro dos municípios da sub-região do Sertão Central e Inhamuns. Uma vez se tratando de lavouras de sequeiro – lavouras que não utilizam tecnologias como irrigação para produção agrícola – é de se esperar que o comportamento das lavouras de feijão, mandioca e milho estejam correlacionadas com a distribuição de chuvas. Portanto, supõe-se que as variáveis áreas colhidas de feijão, mandioca, milho; produtividades de feijão, mandioca, milho; valor da produção por hectare de feijão, mandioca e milho variam de forma conjunta e em sinergia ao longo dos anos nos municípios estudados.

Para aferir a resiliência foi feita a agregação dessas variáveis e das chuvas anuais através da técnica de decomposição em componentes principais (DCP) do método de análise fatorial (AF). A execução dos testes foi realizada na versão 26 do software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 26. A seguir será apresentada uma síntese do método de análise fatorial no que se aplica a este estudo.

#### 3.3.3.1 Síntese do Método de Análise Fatorial no que se aplica a esta Pesquisa

As chamadas técnicas exploratórias de análise fatorial são muito úteis quando há a intenção de se trabalhar com variáveis que apresentem, entre si, coeficientes de correlação relativamente elevados, e se quer estabelecer novas variáveis que capturem o comportamento conjunto das variáveis originais (FÁVERO, 2015).

Atualmente, a análise fatorial é utilizada em diversos campos do conhecimento, como marketing, economia, estratégia, finanças, contabilidade, atuária, engenharia, logística, psicologia, medicina, ecologia e bioestatística, entre outros. A análise fatorial por componentes principais deve ser definida com base na teoria subjacente e na experiência do pesquisador, de modo que seja possível aplicar a técnica de forma correta e analisar os resultados obtidos.

A análise fatorial (AF) é um método desenhado para investigar se um número de variáveis de interesse  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ , estão linearmente relacionadas com um número menor de fatores não observáveis:  $F_1, F_2, \dots, F_k$ . Dado que os fatores não são observáveis, inviabiliza-se a utilização de outros métodos de análise, como regressão por exemplo.

Para que seja feita a AF de maneira adequada, foi preciso executar as seguintes etapas: confirmar que a matriz de correlação das variáveis não é de identidade; assegurar que a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) tenha valor mínimo 0,5; realizar o teste de esfericidade de Bartlett para confirmar que a matriz de correlação não é uma identidade; avaliar o percentual de explicação da variação acumulada dos componentes estimados.

Muitos são os procedimentos inerentes à análise fatorial, com diferentes métodos para a determinação (extração) de fatores a partir da matriz de correlações de Pearson. O método utilizado neste estudo para a extração dos fatores foi a decomposição em componentes principais (DCP), que tem como característica buscar uma combinação linear das variáveis observadas, maximizando, assim, a variância total explicada (MCCLAVE; BENSON; SINCICH, 2005; HASSAN *et al.*, 2012; FÁVERO *et al.*, 2009; FÁVERO, 2015).

Quando se quer aplicar a AF, as variáveis utilizadas no estudo são transformadas na normal padronizada, cuja média é igual a zero e variância igual a um. Através desse procedimento, é possível neutralizar as unidades de medida nas variáveis. Após a extração e a determinação do número de fatores, é possível estimar os escores fatoriais, e é a partir daí que são geradas as variáveis não observadas, desde que feita a rotação dos eixos. Essas variáveis não observadas reúnem, por meio das correlações entre elas, as informações das variáveis originais (MCCLAVE; BENSON; SINCICH, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009; HASSAN *et al.*, 2012; CHAN, 2017).

A análise fatorial (AF) é utilizada para investigar os padrões ou relações latentes para um número grande de variáveis e determinar se a informação pode ser resumida a um conjunto menor de fatores (MATOS; RODRIGUES, 2019). Tais variáveis assumem valores negativos e positivos. A partir da sinergia encontrada entre as variáveis Pluviometria anual; área colhida feijão, área colhida mandioca, área colhida milho, produtividade do feijão; produtividade da mandioca; produtividade do milho, valor da produção por hectare de feijão; valor da produção por hectare de mandioca; e valor da produção de milho por hectare foi gerado 2 escores fatoriais para cada município, e a partir deles foi calculada a estatística descritiva para se obter o valor máximo e o mínimo de cada um, que serão utilizados para o cálculo do índice parcial de sinergia. Com os

valores de máximo e mínimo dos escores fatoriais gerados, foram gerados dois fatores, podendo ser chamado de índices parciais ( $Y_{jt}$ ), com a Equação 1.

$$Y_{jt} = \frac{F_t - F_t^{\min}}{F_t^{\max} - F_t^{\min}} \quad (1)$$

Em que:

$Y_{jt}$  é o índice parcial associado ao j-ésimo fator gerado no estudo;

$F_t^{\min}$  = é o valor mínimo assumido pelo escore fatorial estimado na pesquisa;

$F_t^{\max}$  = é o valor máximo assumido pelo escore fatorial estimado no estudo.

Uma vez definido dessa forma,  $Y_{jt}$  variará entre 0,00 e 1,00. Sendo importante destacar que quanto mais próximo de 0,00 for a magnitude desse índice, num determinado ano, pior será a situação observada para aquele ano da combinação das variáveis envolvidas na confecção desse específico índice que está associado à combinação de variáveis que gerou o respectivo escore fatorial. São gerados tantos índices parciais, quantos forem os fatores de agrupamento dos dados.

Através da agregação dos índices parciais via a média geométrica entre eles, foi gerado o Índice de Sinergia utilizado neste estudo para aferir a sinergia que existe entre as pluviometrias, áreas colhidas, as produtividades e os valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho em cada um dos municípios avaliados no estudo. Ou seja, foram 10 variáveis para cada um dos 29 municípios. A equação de definição será dada pela Equação 2:

$$INS = \sqrt[n]{X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n} \quad (2)$$

$X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$  são os valores dos fatores e  $n$  é a quantidade de fatores. Com base no conceito de resiliência, que consiste na capacidade de uma variável, de um atributo ou de um sistema que tendo passado por um estresse, recuperar-se e voltar, ao menos proximamente da situação que prevalecia antes de ter passado por aquele evento externo. No presente estudo, o evento exógeno é a ocorrência de dificuldades hídricas para as lavouras de sequeiro, aferida por anos de estiagem, tal como definidos neste estudo.

O índice de sinergia construído na pesquisa, como se viu, agrega de forma ponderada as variáveis: áreas colhidas, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho entre os anos de 1974 e 2019. Esse pode ser considerado o sistema de produção dessas lavouras que flutuarão com os regimes pluviométricos criados

neste estudo. Assim, a resiliência será observada em gráficos de barras nos períodos de estiagem e nos períodos em sequência em que aconteceram anos chuvosos ou de normalidade pluviométrica. A observação visual através do gráfico de barras mostrará como aconteceram essas flutuações.

Esses efeitos dos períodos de estiagem e chuvosos-normalidade (tomados de forma conjunta) sobre o Índice de Sinergia (INS) serão captados e quantificados pela Equação 3, logo a seguir:

$$\text{INS} = \alpha + \beta D + \epsilon \quad (3)$$

D é uma variável Dummy e que tem as seguintes definições: D = 0 nos períodos de estiagens; e D = 1 nos períodos chuvosos ou de normalidade. O coeficiente linear  $\alpha$  será igual à média de INS quando D = 0 ou se  $\beta$  não for estatisticamente diferente de zero. O coeficiente angular  $\beta$  sendo estatisticamente diferente de zero, significa que os valores de INS são diferentes entre os períodos de estiagem e de normalidade ou chuvosos. Espera-se que além de ser diferente de zero, seja positivo. Neste caso, fala-se que houve resiliência no sistema produtivo de feijão, mandioca e milho nos municípios estudados.

## **4 RESULTADOS**

Como foi discutido na seção metodológica, o intervalo analisado nesta pesquisa cobriu o período compreendido entre os anos de 1974 a 2019. Com isso o estudo aborda uma série de 46 anos. Nesta seção se apresentam os resultados encontrados na pesquisa, organizados na sequência dos objetivos específicos em que foi definido.

### **4.1 Resultados obtidos para o primeiro objetivo específico**

No que concerne aos resultados associados ao primeiro e segundo objetivos, os resultados estão sintetizados na Tabela 4. Através das evidências mostradas nesta Tabela constata-se que foi possível classificar a pluviometria de cada um dos 29 municípios estudados em regime de estiagem, normal e chuvoso. Observa-se que as situações mais críticas, no que concerne à ocorrência de anos com estiagem em que as chuvas ocorreram abaixo de 656mm por ano, foram nos municípios de Aiuaba (média de 484mm no período) e Tauá (média de 423,3mm no período), pois ambos passaram mais tempo em regime de estiagem, com 37 anos cada um. O município de Campos Sales, com 35 anos de estiagem e com média de 483,7mm nesse período, segue na segunda posição como município com maior incidência de anos com estiagem (Tabela 4).

No outro extremo, o município de Iguatu, com apenas 7 anos de estiagem, e com média de 532,5mm nesse período, sendo o município que menos experimentou dificuldades pluviométrias no período analisado.

Observou-se também que o maior volume de pluviometria apresentado no regime de estiagem foi a do município de Aiuaba no ano de 2007, quando choveu 654,9 mm. Um valor muito próximo ao limite superior de pluviometria para o período ser considerado de estiagem. Nesse mesmo ano, acontecia o fenômeno da seca, quando foi decretado estado de emergência em centenas de municípios do Nordeste (ANTUNES, 2016).

Dos 29 municípios da sub-região do Sertão Central e Inhamuns analisados neste trabalho, 20 municípios sofreram com essa seca e tiveram perdas irreparáveis em 2007, foram eles: Aiuaba, Antonina do Norte, Potengi, Campos Sales, Araripe, Caridade, Catarina, Quixadá, Novo Oriente, Arneiroz, Itatira, Santa Quitéria, Quixeramobim, Crateús, Independência, Tamboril, Canindé, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem e Tauá. Para se ter noção da intensidade da seca, nenhum dos municípios dessa sub-região teve

regime chuvoso naquele ano, sendo o maior volume de pluviometria observado de 832,6 mm que aconteceu no município de Mombaça, o qual é classificado como período de normalidade.

Tabela 4 - Anos de ocorrência, média em milímetros anuais de chuvas nos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nos municípios estudados entre 1974 e 2019

Município	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Anos	Média (mm)	Anos	Média (mm)	Anos	Média (mm)
Acopiara	17	496,9	21	774,8	8	1189,2
Aiuaba	37	484,2	6	738,4	3	1204,6
Antonina do Norte	26	451,1	14	741,8	6	1127,7
Araripe	20	506,5	19	771,9	7	1120,2
Arneiroz	32	406,5	11	750,7	3	1076,0
Assaré	24	537,3	13	755,8	9	1081,7
Boa Viagem	29	455,2	10	749,5	7	1113,3
Campos Sales	35	483,7	7	718,5	4	1057,0
Canindé	28	464,2	9	773,2	9	1171,9
Caridade	22	441,0	14	827,5	10	1164,4
Catarina	27	488,5	16	762,2	3	1217,3
Crateús	24	479,4	10	782,3	12	1102,7
Iguatu	7	532,3	19	777,3	20	1162,4
Independência	33	427,1	10	766,1	3	1139,5
Itatira	31	423,7	10	817,2	5	1111,5
Mombaça	22	497,8	18	797,5	6	1172,6
Monsenhor Tabosa	31	465,9	9	781,3	6	1375,9
Novo Oriente	20	460,9	15	763,5	11	1126,3
Parambú	32	491,2	9	777,6	5	1282,4
Piquet Carneiro	22	509,8	15	771,4	9	1153,8
Potengi	26	500,4	11	793,4	9	1077,8
Quixadá	22	473,1	14	764,8	10	1147,5
Quixeramobim	28	501,8	8	783,7	10	1105,3
Saboeiro	31	459,4	13	762,7	2	1240,8
Santa Quitéria	20	432,9	16	753,4	10	1211,2
Senador Pompeu	16	526,9	18	762,8	12	1132,6
Solonópole	21	504,7	17	774,9	8	1187,6
Tamboril	28	438,6	14	748,4	4	1174,6
Tauá	37	423,3	6	717,1	3	1103,4

Fonte: Autoria própria com base na Funceme (2020).

Em relação ao período de normalidade, o município de Acopiara, com pluviometria média anual de 774,8 mm, obteve 21 anos classificados nesse regime, sendo ele considerado o município com mais anos em regime normalidade. Em seguida está o município de Araripe e Iguatu, ambos com 19 anos, Mombaça e Senador Pompeu com 18 anos cada um. O município de Solonópole ocupa o 6º lugar do ranking, com 17

municípios, após tem-se o município de Catarina (16 anos), Santa Quitéria (16 anos), Novo Oriente (15 anos) e Piquet Carneiro (15 anos).

A Tabela 4 mostra, também, a pluviometria média anual, em mm, de cada município. Nesse intervalo de 46 anos, a média anual que mais se assemelha a média anual do Ceará calculada por Lemos e Bezerra (2019) no regime de normalidade, sendo de 774,82mm, é a do município de Solonópole, a saber, 774,9 mm.

Iguatu foi o município com maior número de anos chuvosos (20 anos). Seguem-se os municípios de Crateús e Senador Pompeu (ambos com 12 anos), Novo Oriente (com 11 anos), Caridade (com 10 anos), Quixadá (com 10 anos), Quixeramobim (com 10 anos), Santa Quitéria (com 10 anos), Piquet Carneiro, Assaré, Potengi e Canindé (todos com 9 anos) (Tabela 4).

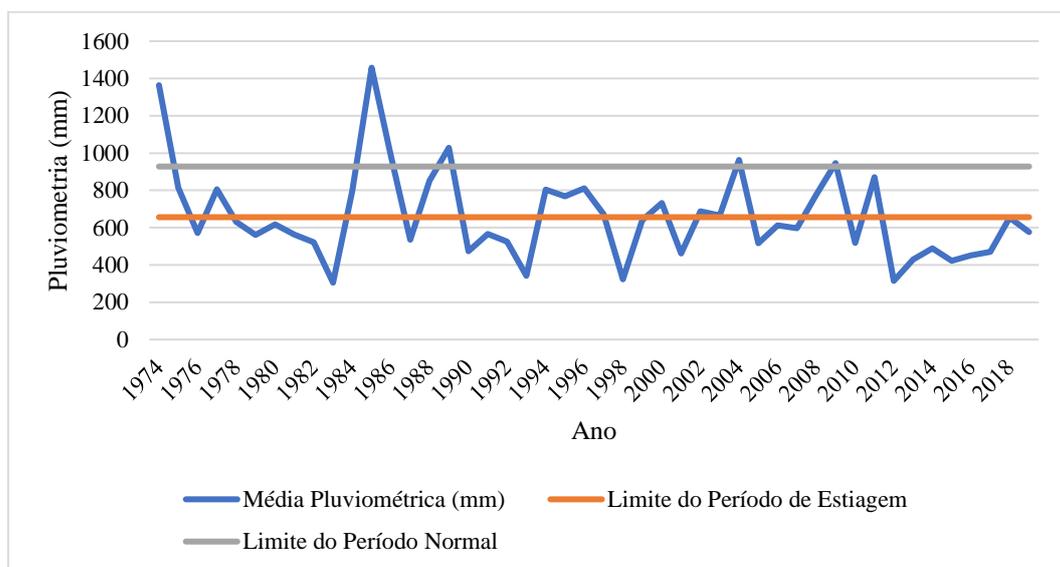
O maior volume pluviométrico do regime chuvoso ocorreu em 1985 no município de Santa Quitéria, com 2047,7mm. Esse foi um ano muito chuvoso, tanto é que todos os municípios se encontraram nesse regime, ou seja, nenhum apresentou regime de normalidade ou estiagem. O menor volume pluviométrico neste ano foi de 1045,1 mm no município de Antonina do Norte.

A média anual para regime chuvoso que mais se assemelha com a média anual do Ceará, calculada por Lemos e Bezerra (2019), que foi de 1120,39mm, é a do município de Araripe que apresentou uma média de 1120,2mm.

O Gráfico 1 mostra as médias das flutuações pluviométricas anuais dos 29 municípios analisados. No gráfico também está apresentado os limites para o regime de estiagem e para o de normalidade, assim pode-se identificar o regime no qual o ano se encontra. É possível identificar que poucas foram as vezes que a pluviométrica esteve em regime chuvoso, apenas os anos de 1974, 1985, 1989, 2004, 2009, com as seguintes médias anuais: 1364,44mm; 1457,64mm; 1028,07mm; 963,49mm e 946,11mm, respectivamente.

Nos anos de 1974 e 1985, todos os municípios apresentaram regime chuvoso. Já no ano de 1989 teve 23 municípios com esse regime. Nesse mesmo ano apenas o município de Saboeiro apresentou regime de estiagem, com pluviometria igual a 636,1 mm. Em 2004, nenhum município apresentou regime de estiagem, sendo 16 com regime chuvoso e 13 estiveram com regime de normalidade. E, por fim, em relação aos anos de pico que se encontram no regime chuvoso do Gráfico 1, o ano de 2009 teve 15 municípios em regime chuvoso e apenas 3 em regime de estiagem, que foram Arneiroz, Aiuba e Tauá com pluviometria de 647,0mm, 631,2mm, e 616,8mm mutuamente.

Gráfico 1– Médias pluviométricas anuais e os limites de classificação para cada regime entre os anos de 1974 e 2019



Fonte: Autoria própria com base nos dados da Funceme (2021).

Como pode-se ver no Gráfico 1, os anos em que a média dos municípios se encontraram em regime de estiagem foram 1976, 1978 - 1983, 1987, 1990 - 1994, 1998-1999, 2001, 2005 - 2007, 2010 e o intervalo de 2012 – 2019. A seguir será dada ênfase a esses anos.

Apesar de no ano de 1976 ter sido observado 20 municípios em regime de estiagem e nenhum município em regime chuvoso, a seca daquele ano foi considerada uma seca suave (LIMA e MAGALHÃES, 2018).

O período de 1978 a 1983 apresentou anos seguidos de estiagem, e esse intervalo foi considerado uma das secas mais prolongadas da história do Nordeste. A situação foi tão séria, que na época o presidente, João Figueiredo, chegou a fazer uma declaração dizendo que só restava rezar para chover (ANTUNES, 2016). No ano de 1978, apenas dois dos municípios estudados apresentaram regime chuvoso, foram eles: Iguatu, com 984,6 mm; e Senador Pompeu, com 967,1 mm de pluviosidade. Em 1979, teve apenas regime normal (9 municípios) e de estiagem (20 municípios). Em 1980, apenas 3 municípios estiveram em regime chuvoso, e novamente Iguatu se encontra em regime chuvoso dentro de uma seca intensa na sub-região do Sertão Central e Inhamuns, com 995,8mm de pluviosidade, os outros dois municípios foram Antonina do Norte e Acopiara. Os demais municípios se encontraram em período de normalidade e estiagem.

Por outro lado, em 1981 e 1982 nenhum município apresentou regime chuvoso, apenas regime normal e de estiagem, e em 1983 todos os municípios se encontraram em

regime de estiagem. A seca do ano de 1983 ano foi muito intensa. Naquele ano, um total de 1.200 municípios do Nordeste decretaram estado de emergência, e em algumas cidades os pequenos agricultores que plantaram milho e feijão perderam tudo; até mesmo o algodão arbóreo, que é uma cultura resistente à seca, estava sendo dizimado, mas pela praga do bicudo (MEMORIA GLOBO, 2021)

Em 1987, apenas Iguatu se encontrou em regime chuvoso, com pluviometria de 937,9 mm. Três municípios estiveram em normalidade (Santa Quitéria, Senador Pompeu e Solonópole) e os demais municípios em regime de estiagem, sendo que a menor pluviometria registrada foi a do município de Tamboril, a saber, 298,8 mm.

No intervalo de estiagem entre 1990 a 1994, acontecia o El Niño mais forte já registrado pelos equipamentos meteorológicos, com um aquecimento de quase 6° C na temperatura do Oceano Pacífico Sul. Isso acarretou perdas econômicas consideráveis, acontecendo enchentes em algumas regiões do mundo e secas em outras (SILVA, 2021). No Brasil, teve enchentes em São Paulo e seca no Nordeste, por causa dessa seca o Ceará perdeu 90% de sua safra agrícola (VERÃO, 1997).

No ano de 1992, apenas o município de Iguatu apresentou regime chuvoso, os municípios só vieram apresentar regime chuvoso novamente em 1994, pois em 1993 todos os municípios estiveram em regime de estiagem com média pluviométrica de 341,6 mm, foram eles: Senador Pompeu, Piquet Carneiro, Parambu, Santa Quitéria, Solonópole, Quixadá e Quixeramobim.

Em 1998, todos os municípios estiveram em regime de estiagem, a menor pluviometria foi a do município de Aiuba com 159,8mm; já em 1999, apenas Novo Oriente e Crateús apresentaram regime chuvoso. Essa seca impactou negativamente a produção de diversas lavouras, incluindo feijão e milho, impactando negativamente a pecuária, que experimentou perdas consideráveis (DUARTE, 2001).

Em 2001, um total de 27 municípios apresentaram regime de estiagem, e dois apresentaram regime de normalidade. Entre os anos de 2005 a 2007, aconteceu apenas regime normal e de estiagem, sendo a menor pluviometria a do município de Tauá em 2006 (365,4mm), e a maior pluviometria a do município de Assaré (836,6mm), também em 2006.

Outro ano de estiagem mostrado no Gráfico 1, foi o ano de 2010, em que a média pluviométrica dos municípios foi de aproximadamente 518,2mm. Exatamente 25 municípios se encontraram em regime de estiagem, sendo o menor valor de pluviometria a do município de Independência (302,2mm), e quatro municípios em regime de

normalidade, foram eles: Aiuba (671,4mm), Saboeiro (693,6mm), Campos Sales (698mm) e Iguatu (774,3mm).

Por fim, o intervalo de 2012 a 2019, apenas o município de Novo Oriente apresentou regime chuvoso no ano de 2018 com 989,7 mm, os outros municípios variaram no regime de normalidade e estiagem durante os oito anos do intervalo. Essa seca também é uma das mais longas da história; ela trouxe instabilidade para a produção, produtividade e também para a renda gerada, pois alguns produtos apresentaram grande queda na produção, sobretudo em 2012, que marca o primeiro ano de estiagem.

É muito importante destacar que alguns municípios citados, foram classificados em regime chuvoso mesmo estando com a média anual dos municípios em regime de estiagem (Gráfico 1). Isso acontece porque a análise desse trabalho de dissertação levou em consideração a média da pluviometria dos 29 municípios, em que os anos foram classificados nos três regimes de acordo com sua pluviometria anual.

## **4.2 Resultados obtidos para o segundo objetivo específico**

A visão panorâmica geral dos municípios estudados, no que concerne os níveis de pluviometria observados no período estudado podem ser constatados nas evidências mostradas na Tabela 5. Por essas evidências, constata-se de imediato as elevadas instabilidades pluviométricas observadas em todos eles, quando avaliadas pelos respectivos CV.

### **4.2.1 Instabilidades pluviométricas**

Observa-se que em todos os municípios a classificação das distribuições de chuvas são classificadas como “Muito Altas” de acordo com a elaboração de Gomes (1985). Com efeito o menor CV=32,2% foi observado em Iguatu e o maior CV=56,0% no município de Monsenhor Tabosa. Portanto, além dos CV serem todos elevados, apresentaram uma amplitude igualmente elevada de 23,8%. Este resultado acentua as disparidades espaciais na distribuição de chuvas nos municípios que compõem a região Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019 (Tabela 5).

Tabela 5 - Pluviometrias mínimas, máximas e médias, bem como os coeficientes de variação (CV) com as respectivas classificações nos municípios estudados no período 1974/2019.

<b>Município</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>CV(%)</b>	<b>Classificação</b>
Acopiara	349,5	2026,6	744,1	39,0	Muito Alto
Aiuaba	159,8	1320,5	564,3	39,4	Muito Alto
Antonina do Norte	215,30	1227,50	641,8	39,0	Muito Alto
Araripe	311,1	1557,5	709,5	34,6	Muito Alto
Arneiroz	222,30	1228,10	569,6	39,0	Muito Alto
Assaré	341,7	1303,8	705,6	32,7	Muito Alto
Boa Viagem	169,6	1340,0	619,3	43,4	Muito Alto
Campos Sales	224,1	1205,0	569,3	35,1	Muito Alto
Canindé	217,5	1544,6	663,1	47,5	Muito Alto
Caridade	173,2	1724,3	715,9	45,8	Muito Alto
Catarina	270,0	1540,6	631,3	36,3	Muito Alto
Crateús	197,4	1542,0	707,9	41,8	Muito Alto
Iguatu	454,4	1859,6	907,4	32,2	Muito Alto
Independência	124,1	1251,1	547,3	44,8	Muito Alto
Itatira	150,2	1249,1	584,0	46,6	Muito Alto
Mombaça	239,6	1482,3	703,1	36,6	Muito Alto
Monsenhor Tabosa	142,1	2014,3	646,3	56,0	Muito Alto
Novo Oriente	249,8	1793,3	718,7	41,9	Muito Alto
Parambú	253,3	1920,0	633,2	46,5	Muito Alto
Piquet Carneiro	268,1	1517,0	721,1	37,6	Muito Alto
Potengi	197,3	1428,0	683,5	38,2	Muito Alto
Quixadá	269,4	1742,4	708,5	43,2	Muito Alto
Quixeramobim	218,4	1432,4	682,0	40,6	Muito Alto
Saboeiro	109,3	1397,9	579,1	40,0	Muito Alto
Santa Quitéria	133,3	2047,7	713,6	50,2	Muito Alto
Senador Pompeu	310,6	1557,4	777,2	33,8	Muito Alto
Solonópole	41,3	1467,4	723,3	38,7	Muito Alto
Tamboril	138,8	1385,4	596,9	43,2	Muito Alto
Tauá	215,5	1215,1	505,9	42,0	Muito Alto

Fonte: Autoria própria com base nos dados da Funceme (2021).

Outra informação relevante que se depreende das evidências mostradas na Tabela 5, é que as amplitudes pluviométricas (Precipitação máxima – precipitação mínima) entre os municípios também são igualmente elevadas. Essas amplitudes variaram de 962,10 mm em Assaré a 1914,40 mm em Santa Quitéria. Por outro lado, as precipitações mínimas oscilaram de 41,3 mm em Solonópole a 454,4mm em Iguatu. As pluviometrias máximas variaram de 1205,0 mm em Campos Sales a 2047,7 mm em Santa Quitéria. No que se refere às precipitações médias, a oscilação variou de 505,9mm em Tauá a 907,4 mm em Iguatu.

Essas evidências confirmam que todos os municípios estudados, e que fazem da região do Sertão Central e Inhamuns, além de apresentarem elevadas instabilidades nos respectivos regimes pluviométricos observados entre 1974 e 2019, também apresentam grandes diferenças entre eles. No que concerne a essas distribuições de chuvas, quando avaliadas pelas médias, valores mínimos e máximos, o que confirma instabilidade temporal e espacial da pluviometria nesses municípios (Tabela 5).

Lembrando que quanto menor o CV, mais homogênea ou mais estável será a distribuição das observações em torno da média. Desse modo, observou-se com os resultados que os municípios de Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria e Canindé foram os mais instáveis, nos termos do coeficiente de variação, tendo os seguintes valores para CV: 56,0%, 50,2% e 47,5%, respectivamente. E em relação a esses três municípios, o município de Monsenhor Tabosa foi o mais instável por possuir o maior CV.

Através dos resultados mostrados na Tabela 5, é possível perceber que o município de Iguatu é o mais estável (ou o menos instável), pois possui o menor CV observado (32,2%). Em seguida, estão os municípios de Assaré (CV de 32,7%) e Senador Pompeu (CV de 33,8%). Como ficou constatado no tópico anterior, o município de Iguatu se sobressaiu diversas vezes em relação ao regime. Enquanto a maioria dos municípios analisados enfrentavam o regime de estiagem, esse município apresentava um regime chuvoso, sugerindo que dentre os municípios que fazem parte da região estudada, Iguatu é o que apresentou menores problemas de pluviometria, tanto de instabilidade como de volumes médios, no período analisado (Tabelas 5).

#### 4.2.2 Médias e Instabilidades das variáveis associadas às lavouras de sequeiro

A tabela do Apêndice A mostra todos os resultados estimados para as médias e para os CV obtidos das pluviometrias, áreas colhidas, produtividades e valores da produção por hectare das lavouras de sequeiro de feijão, mandioca e milho de todos os municípios estudados neste trabalho de dissertação.

De modo geral, a Tabela 6 mostra a média agregada de todos os resultados obtidos. As evidências constataam que, como era esperado, todas as variáveis associadas às produções das lavouras de sequeiro estudadas tiveram médias menores nos períodos de estiagem. Os resultados também mostrados na Tabela 6 sugerem que as áreas colhidas com mandioca foram as que apresentaram as maiores instabilidades em todas as variáveis e em todos os regimes estudados: estiagem, normalidade e chuvoso. Por outro lado, os

valores da produção por hectare de feijão foram os mais instáveis quando comparados aos observados para a mandioca e para o milho.

Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação (CV) das chuvas e das variáveis definidoras da produção de grãos na Região Climática do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Pluviometria (mm)	469,9	26,7	769,6	9,9	1151,5	19,5
Área Colhida Feijão (ha)	5007,2	61,6	6553,4	51,1	6131,3	46,2
Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	190,3	68,9	305,9	43,6	235,5	44,8
Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	674,1	83,8	947,3	61,6	966,3	58,4
Área Colhida Mandioca (ha)	435,8	114,4	482,9	116,8	465,9	96,5
Produtividade de mandioca(kg.ha <sup>-1</sup> )	7477,7	42,6	9344,6	23,8	8973,7	23,8
Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3779,2	68,7	4134,4	59,0	4412,9	56,5
Área Colhida milho(ha)	5933,7	59,6	7739,0	41,8	7127,9	41,2
Produtividade de milho(kg.ha <sup>-1</sup> )	368,2	83,0	725,2	46,0	564,0	42,9
Valor da produção por hectare de milho(R\$)	435,8	78,5	847,4	45,3	786,6	45,1

Fonte: Resultados estimados a partir dos dados da FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

Com respeito às produtividades agregadas, observa-se que foram as do milho, dos três regimes estudados, as que apresentaram os maiores CV estimados para o regime de estiagem e de normalidade, sendo assim considerados Muito Altos. Portanto, essa lavoura apresentou a maior instabilidade em produtividade nos municípios estudados, nos regimes de estiagem e normalidade, na sub-região do Sertão Central e Inhamuns (Tabela 6).

### 4.3 Resultados obtidos para o terceiro objetivo

A análise dos resultados associados a este objetivo se divide em duas etapas. Na primeira, apresenta-se e discute-se a estimação do Índice de Sinergia (INS) utilizando análise fatorial. Na segunda parte, mostra-se graficamente e através de análise de regressão a capacidade de resiliência das lavouras de sequeiro estudadas, de acordo com as variáveis utilizadas no estudo, entre os anos de 1974 e 2019.

#### 4.3.1 Estimação do índice de sinergia (INS) usando análise fatorial

Como ficou demonstrado nos objetivos da pesquisa, as resiliências são estimadas através do índice de sinergia (INS) que agrega, através de análise fatorial, as variáveis associadas às produções das lavouras estudadas: pluviometrias, áreas colhidas, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho. A síntese dos resultados encontrados nesta etapa está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados encontrados na estimação das componentes e dos escores fatoriais utilizados para a construção do Índice de Sinergia (INS) para os municípios do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019

Variáveis	Componentes estimados após Rotação ortogonal Varimax		Escores Fatoriais Coeficientes	
	f1	f2	F1	F2
Chuva	0,547	0,119	0,160	0,035
Área colhida de feijão	0,032	0,968	-0,040	0,509
Produtividade de feijão	0,825	0,080	0,246	0,000
Vp/ha de feijão	0,689	0,021	0,208	-0,024
Área colhida de mandioca	0,068	0,030	0,019	0,012
Produtividade de mandioca	0,643	-0,082	0,199	-0,076
Vp/ha de mandioca	0,296	-0,061	0,093	-0,047
Área colhida de milho	0,064	0,969	-0,031	0,508
Produtividade de milho	0,805	0,100	0,239	0,011
Vp/ha de milho	0,858	0,089	0,256	0,002
Teste de Bartlett	Qui Quadrado = 5934,887		Sig = 0,000	
KMO	0,624			
Variância explicada	57,8%			

Fontes: Autoria própria com base nos dados da FUNCEME e do IBGE.

As evidências mostradas na Tabela 7 sugerem que as dez variáveis, inicialmente utilizadas, foram reduzidas a dois fatores. Constatou-se que os ajustamentos encontrados foram robustos de um ponto de vista estatístico, tendo em vista que o teste de esfericidade de Bartlett mostra que a matriz de correlação entre as variáveis não é uma identidade. O coeficiente KMO de 0,624 está bem acima do nível crítico inferior que seria de 0,500. A variância explicada pelos dois fatores foi de 57,8%. Quanto às variáveis associadas aos fatores, observa-se que apenas as áreas colhidas com feijão e com milho apresentaram

maiores coeficientes de saturação com F2. Todas as demais variáveis estiveram mais relacionadas com F1 (Tabela 7).

Na Tabela 8 estão apresentados os valores mínimos, máximos, médios e dos coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias e para os INS estimados para a Região Central de dos Inhamuns, como um todo, e para essa região dividida nos períodos pluviométricos definidos na pesquisa entre 1974 e 2019.

Através das evidências mostradas nessa Tabela 8 depreende-se que dos 46 anos observados em vinte e oito, o que equivale a 60,9%, ocorreram anos classificados no período de estiagem. Em doze anos, ou 26,1% são enquadrados no período de normalidade pluviométrica; e em apenas 6 anos, o que equivale a 13%, se enquadram como período chuvoso, de acordo com os critérios adotados neste estudo. Além de apresentar a grande maioria dos anos classificados como de estiagens, a região, como um todo, também apresentou instabilidade pluviométrica considerada muito alta (CV = 37%) segundo a classificação de Gomes (1985).

Durante os anos estudados, a pluviometria média da região oscilou de um mínimo de 304,92mm em 1993 a 1457,64mm em 1985, que gravitaram em torno de uma média de 655,93mm. As pluviometrias médias nos anos classificados nos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso foram de, respectivamente: 508,02mm, 767mm, e 1124,04mm (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores mínimos, máximos, médios e coeficientes de variação (CV) da pluviometria e dos INS estimados para a Região Climática Sertão Central e Inhamuns no período de 1974/2019

Períodos (Nº anos)	Chuvas				INS			
	Mín. (mm)	Máx. (mm)	Média (mm)	CV (%)	Mín.	Máx.	Média	CV (%)
<b>Estiagem</b> (28 anos)	304,92	654,08	508,02	19,58	14,70	48,51	30,95	27,70
<b>Normalidade</b> (12 anos)	664,94	870,62	766,99	8,40	30,81	57,84	46,66	15,05
<b>Chuvoso</b> (6 anos)	946,11	1457,64	1124,04	20,10	40,26	47,48	42,90	5,93
<b>Geral</b> (46 anos)	304,92	1457,64	655,93	36,95	14,70	57,84	36,61	28,52

Fontes: Estimativas obtidas a partir dos dados da FUNCEME e do IBGE.

A média do INS geral estimado para a região foi de 36,61, com valores oscilando entre 14,7 e 57,84. Os INS médio para os períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso foram de 30,95, 46,66, e 42,90, respectivamente.

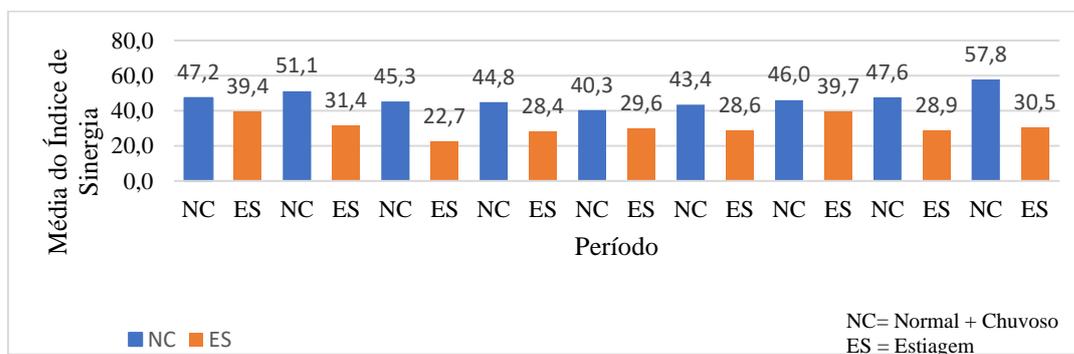
#### 4.3.2 Testes para avaliar a capacidade de resiliência das lavouras estudadas na Região Central e Inhamuns no período de 1974 a 2019

Nesta etapa do estudo, primeiro avaliam-se as evidências de resiliência na produção de sequeiro, utilizando-se o índice de sinergia (INS) como o instrumento de captação. Dessa forma, tenta-se capturar o comportamento das dez variáveis oscilando em conjunto e de forma sinérgica, de acordo com os períodos testados: Estiagem (ES) e normalidade e/ou chuvoso (NC).

Inicialmente, observam-se os comportamentos dos valores médios estimados do INS nos períodos de estiagem (quando acontece mais de um ano) que antecedem aos períodos de normalidade e/ou chuvosos. Quando acontecem mais de um ano de um desses períodos, ou de ambos, em sequência ao período de estiagem, se calculam as médias. Esses valores estão plotados no Gráfico 2. ES são as médias dos anos dos períodos de estiagem (barras alaranjadas) e NC são períodos de normalidade, Períodos chuvosos acontecendo isoladamente, ou de normalidade e chuvosos, acontecendo em sequência (barras azuis).

Percebe-se que a sequência observada em todo o gráfico evidencia que há sim uma demonstração de resiliência captada pela agregação das variáveis utilizadas para a composição do INS. Os INS médios estimados para os períodos de normalidade e/ou chuvosos (barras azuis) são sempre maiores do que as médias observadas para os períodos de estiagens (barras alaranjadas) que os antecederam (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Resiliência das lavouras de feijão, mandioca e milho



Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Essas evidências se confirmam de um ponto de vista econométrico quando se faz a regressão dessa variável (INS) tendo como variável explicativa uma variável dummy (D). Como foi demonstrado na metodologia, D = 0 indica período de estiagem, e quando D=1 indicam períodos de normalidade e/ou chuvosos. Os resultados encontrados nesta etapa estão mostrados na primeira linha da Tabela 9.

Observa-se na Tabela 9 que os ajustamentos obtidos foram satisfatórios de um ponto de vista estatístico, tendo em vista que os resultados encontrados e mostrados nessa tabela sinalizam que as estimativas encontradas, tanto para o coeficiente linear, como para o coeficiente de regressão (associado à variável dummy) são estatisticamente diferentes de zero em níveis inferiores a 1% de probabilidade de erro. O coeficiente linear estimado (31,614) afere a média do INS quando D=0, portanto, no período de estiagem. O coeficiente angular estimado (13,322) se agrega ao valor do coeficiente linear quando D=1, somando (44,936) que é a média agregada do INS para os períodos de normalidade e chuvoso (Tabela 9).

Das evidências mostradas na primeira linha da Tabela 9, depreende-se que, de forma agregada (com todas as variáveis utilizadas para estimar os INS), há evidências de resiliência na produção agrícola de sequeiro na Região Central e Inhamuns do Ceará entre os anos de 1974 e 2019.

Tabela 9 - Estimativas dos coeficientes de regressão associados à variável “Dummy” usada para captar a resiliência no INS, nas áreas, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios estudados entre 1974 e 2019

Variáveis dependentes	R <sup>2</sup> Ajustado	Constante		Coeficiente de Regressão (D)	
		Valor	Sign	Valor	Sign
INS	0,166	31,614	0,000	13,322	0,000
Area Feijão	0,110	5170,456	0,000	1073,635	0,000
Produtividade Feijão	0,114	189,776	0,000	98,670	0,000
VP/Ha Feijão	0,064	652,031	0,000	326,294	0,000
Area mandioca	-0,001	464,545	0,000	15,396	0,854
Produtividade mandioca	0,097	7376,204	0,000	2013,005	0,000
VP/Ha mandioca	0,010	3636,102	0,000	593,725	0,000
Area milho	0,012	6093,971	0,000	1213,902	0,000
Produtividade milho	0,159	374,941	0,000	309,148	0,000
VP/Ha milho	0,216	440,244	0,000	397,610	0,000

Fonte: Estimativas obtidas a partir dos dados da FUNCEME e do IBGE (vários anos).

Quanto à capacidade de resiliência associada às variáveis que entram na composição do INS, observa-se, pelas evidências mostradas na Tabela 9, que apenas as

áreas colhidas com mandioca nos municípios que compõem a região climática do Sertão Central e Inhamuns não mostraram essa capacidade, tendo em vista que o coeficiente de regressão associado à variável binária D não foi estatisticamente diferente de zero. Isso significa que depois de períodos de estiagem, os períodos de normalidades e/ou chuvosos que se seguem não são capazes de recuperar os valores que eram observados antes do estresse pluviométrico (Tabela 9).

Os Gráficos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, e 11 (Apêndice B) mostram as visualizações das resiliências associadas às áreas colhidas com feijão, produtividade do feijão, valor da produção por hectare de feijão, área colhida com mandioca, produtividade da mandioca, valor da produção por hectare de mandioca, área colhida com milho, produtividade do milho e valor da produção por hectare de milho.

As tabelas e os gráficos do Apêndice B mostram essa mesma oscilação nas variáveis estudadas em cada lavoura. Neste sentido verificou-se o mesmo padrão de resiliência, onde após um período de estiagem todas as culturas conseguiram se recuperar, mostrando, assim, que há resiliência das culturas em condições extremas, exceto com a área colhida de mandioca, onde teve um resultado de 85,4% de erro, neste caso não houve resiliência.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que todos os objetivos da pesquisa foram alcançados, uma vez que os resultados obtidos confirmaram as suposições que motivaram a realização desse trabalho de Dissertação. Mostraram-se as principais dificuldades decorrentes dos períodos de estiagem que aconteceram nos anos de 1958, 1993 e entre 2012 a 2017.

Em relação ao primeiro objetivo que era adaptar aos municípios que compõem a região climática Sertão Central e Inhamuns a classificação das pluviometrias em período de escassez, chuvoso e de normalidade no período de 1974 a 2019, o estudo conseguiu identificar essas três categorias de regimes pluviométricos nos 29 municípios estudados.

Os resultados encontrados mostraram que em 28, dos 46 anos estudados, houve períodos de estiagens e que nessa classificação os municípios de Aiuaba e Tauá foram os que mais estiveram sob esse regime em 37 anos. Em relação ao período de normalidade, o município de Acopiara, com pluviometria média anual de 774,8 mm, obteve 21 anos classificados nesse regime, sendo ele considerado o município com mais anos em regime normalidade. Por outro lado, Iguatu foi o município com mais anos no regime chuvoso, com cerca de 20 anos nesse regime pluviométrico.

A pesquisa conclui que há elevada instabilidade pluviométrica avaliada pelo coeficiente de variação. Todos os municípios exibiram CV de pluviometria acima de 30% o que os qualifica como tendo instabilidades muito altas.

No que se refere ao segundo objetivo específico, que foi avaliar as associações entre as instabilidades das precipitações de chuvas com as das variáveis definidoras da produção das lavouras de sequeiro no Ceará, entre os anos de 1974 e 2019. A pesquisa demonstrou que as instabilidades das precipitações de chuvas e das variáveis avaliadas na produção das lavouras de feijão, mandioca e milho se manifestam de forma sinérgica.

Em relação aos valores médios associados às áreas colhidas, produtividades, valores da produção por hectare, são menores nos períodos de escassez pluviométrica como era o esperado. Além disso, essas variáveis apresentam maiores instabilidades (maiores CV) nesse período, ficando assim demonstrada a sinergia entre os níveis de pluviometria com as variáveis que definem a produção de lavouras de sequeiro nos municípios estudados da região do Sertão Central e Inhamuns.

No que se refere ao terceiro objetivo específico, que foi avaliar a capacidade de resiliência da produção dessas lavouras nos anos em que a pluviometria volta à normalidade, tendo acontecido em ano anterior ou em anos anteriores estresses

provocados por deficiência hídrica, observou-se que o Índice de Sinergia (INS) retorna aos seus valores de forma aproximada aos que existiam previamente, antes da ocorrência da estiagem e, em alguns períodos até com valores superiores. O INS agrega de forma sinérgica as pluviometrias, áreas colhidas, produtividades, valores da produção por hectare dos 29 municípios estudados entre 1974 e 2019.

Por outro lado, quando se avaliou esse comportamento resiliente em cada uma das variáveis definidoras das produções de feijão, mandioca e milho, nos 29 municípios estudados, constatou-se que apenas as áreas colhidas com mandioca não apresentaram esse comportamento.

Sendo assim, a pesquisa conseguiu responder às duas questões que lhe foram norteadoras. A primeira pergunta que consistia em buscar como se dá a sinergia entre as instabilidades associadas às precipitações de chuvas com variáveis definidoras das produções das principais lavouras de sequeiro no semiárido do Ceará, foi respondida através da criação do índice de sinergia (INS) que captou como ocorre essa relação.

A segunda questão norteadora da pesquisa que é: existe capacidade de recuperação ou de resiliência dos agricultores cearenses que cultivam lavouras de sequeiro aos estresses provocados pelos anos de escassez hídrica? As evidências encontradas mostraram que a resposta é positiva tanto em termos agregados das nove variáveis utilizadas (áreas colhidas, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho). Contudo, quando se buscou a desagregação para testar a capacidade resiliente de cada uma dessas variáveis, constatou-se que apenas a variável de área colhida da mandioca não apresentou essa característica, ou seja, não apresentou resiliência. Que também é uma resposta interessante do ponto de vista de sinalizações para o fomento de ações políticas que visem incrementar ou mesmo buscar resiliência na agricultura de sequeiro do Ceará.

A conclusão geral é que os agricultores desenvolvem capacidade de adaptação e, em decorrência, de resiliência às instabilidades climáticas nos municípios estudados da Região Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019. E isso é feito, praticamente, sem qualquer ação indutora ou de ajuda das ditas políticas públicas. Tendo em vistas que é precário, ou inexistente para a maioria deles, o acesso a políticas de assistência técnica, ao crédito rural e de tecnologias que os possibilitem conviver com menos riscos a essas calamidades do clima que são naturais. Embora não sejam previsíveis com exatidão, mas elas sempre estarão no horizonte de possibilidade desses agricultores. E eles deveriam ter acesso às ações externas do poder público que os possibilitem a evidente capacidade

resiliente que já tem, como foi demonstrado nesta pesquisa. Esse é o apelo final mostrado pelas evidências encontradas nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59. 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SJtzrMvDKVPTZ7svpZzFWJM/?lang=pt>. Acesso em: 3 maio 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA. **A questão da água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012. 435 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61861/1/agua-nordeste.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- ALENCAR, M. O. *et al.* Impacto da precipitação pluviométrica na produção, produtividade e área plantada do milho no estado do Ceará. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, n. 3, p. 165-184. 2019. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/geonordeste/article/view/9575>. Acesso em: 7 maio 2020.
- ALPINO, T.M.A.; FREITAS, C.M.; COSTA, A.M. Seca como um desastre. **Revista Ciência e Trópico**, Recife, v.38, n. 2, p.87-135. 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/39605/2/seca%20como%20um%20desastre%20carlos%20freitas.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P.V. Caracterização dos efeitos da seca no semiárido Paraibano. **EXPEDIÇÃO DO SEMIÁRIDO**, 4. Brasília: (s.n). 2013.
- ANDRADE, A. J.; SOUZA, C. R.; SILVA, N. M. A vulnerabilidade e a resiliência da agricultura familiar em regiões semiáridas: o caso do Seridó Potiguar. **Revista Campo-Território: revista de geografia agrária**, Uberlândia, v. 8, n. 15, 2013.
- ANTUNES, L. **Os 10 maiores períodos de seca no Brasil**. São Paulo: Redação Super, 21 dez. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/blog/superlistas/os-10-maiores-periodos-de-seca-no-brasil/>. Acesso em: 3 maio 2020.
- ARAÚJO, S.M.S. de. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, Paulo Afonso, v. 5, n. 5, p. 88-98. 2011.
- AROURI, M.; NGUYEN, C.; YOUSSEF, A. B. Natural disasters, house holdwelfare, and resilience: evidence from rural Vietnam. **World development**, Amsterdã, v. 70, p. 59-77. 2015.
- ATKINS, J. P., MAZZI, S. A.; EASTER, C. D. **A commonwealth vulnerability index for developing countries: The position of small states**. London: Commonwealth Secretariat. 2000.
- BARRA, T.S. *et al.* Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 266-272. 2002.

BARROS, J. F. C; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 22 jun. 2021.

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

BRASIL. Conselho do Desenvolvimento GTDN. **Uma política de desenvolvimento econômico para o nordeste**. 2. ed. Recife: SUDENE, 1967. Disponível em: <https://lemons.pro.br/wp-content/uploads/2020/05/GTDN-DOCUMENTO-ORIGINAL.pdf>. Acesso em: 9 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Combate à Seca. *In: Informativo sobre a estiagem no Nordeste - nº 108*. Brasília, 2017a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/combate-a-seca-1/arquivos-combate-a-seca/108.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Combate à Seca. *In: Informativo sobre a estiagem no Nordeste - nº 113*. Brasília, 2017b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/combate-a-seca-1/arquivos-combate-a-seca/113.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Operação Carro Pipa**. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3dOPINr>. Acesso em: 23 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Superintendência do desenvolvimento do Nordeste. Resolução n° 107/2017. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. **Resolução CONDEL nº 107, de 27/07/2017**, Recife, 27 jul. 2017c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. MDA. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável: território sertão central**. Fortaleza: MDA/SDT/ Instituto Agropolos do Ceará. 2011.

BRASIL. **Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015**. Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e mitigação dos efeitos da seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. Brasília: [s.n]. 2015.

BURITI, C. O. ; BARBOSA, H.A. Secas e vulnerabilidade socioambiental no Semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. **Ciência Geográfica**, Bauru, ano 23, v. 23, p. 267-282. 2019.

CABRAL, R. Das ideias à ação, a Sudene de Celso Furtado—oportunidade histórica e resistência conservadora. **Cadernos do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 8, p. 17-34. 2018.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88. 2014.

CÂNDIDO, I. **Cronologia das secas no sertão nordestino (1583 - 2013)**. Recife: Recanto das Letras, 18 dez. 2013. Disponível em: <https://www.recantodasletras.com.br/artigos-de-sociedade/4616674>. Acesso em: 3 maio 2020.

CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. 2. ed. São Paulo: T.A. Queiroz, 1981.

CARVALHO, O. As secas e seus impactos. *In*: Agência Nacional de Águas. ANA. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012. cap. 2, p. 45-100.

CASTRO, L. As retiradas para os campos de açudagem na seca “do quinze”. **Revista Historiar**, Bahia, v. 2, n. 2. 2010.

CAVALCANTE, T.L. **A grande seca do Nordeste**. Disponível em: <http://www.museudeimagens.com.br/grande-seca-do-nordeste/>. Publicado em 18 de julho de 2014. Atualizado em 22 de maio de 2018. Acesso em 14 de jun. 2021.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Bases para a Formulação de uma Política Estadual de Convivência com o Semiárido Cearense: Pacto pela convivência com o semiárido cearense**. Fortaleza: INESP, 2011. 134 p.

CERVANTES-MARTÍNEZ, R. *et al.* Historical bark beetle outbreaks in Mexico, Guatemala and Honduras (1895-2015) and their relationship with droughts. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales**, Chapingo, v. 25, n. 2. 2019.

CHAN, L. L. Validity and reliability of the instrument using exploratory factor analysis and cronbach’s alpha. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, Índia, v.7, n. 10. 2017.

CHANG, H.; BONNETTE, M.R. Climate change and water-related ecosystem services: impacts of drought in California, USA. **Ecosystem Health and Sustainability**, Londres, v. 2, n. 12, p. e01254. 2016.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. COGERH. **Histórico**. Fortaleza, Ce, 2019. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/historico/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

CORREIA, R. C. *et al.* A região semiárida brasileira. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/916891>. Acesso em 4 jun. 2020.

CORTEZ, H.S. ; LIMA, G.P.; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 22, n. 44, p. 83-118. 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/858/786](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/858/786). Acesso em 7 jun. 2020.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no**

**semiárido do Estado do Ceará:** casos de Irauçuba e Tauá. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

COSTA, S. S. Políticas de desenvolvimento econômico para o Nordeste: Do GTDN à PNDR. *In: GEOGRAFIA NO SÉCULO XXI*. Belo Horizonte: Poisson, 2019. v. 3, cap. 1, p. 7-20.

CRUZ, J. C. **Cultivo do Milho**. 6. ed. Brasília: Embrapa, 2010. Disponível em: [https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas\\_anuais/artigos/CULTIVO%20DO%20MILHO%20EMBRAPA.pdf](https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/artigos/CULTIVO%20DO%20MILHO%20EMBRAPA.pdf). Acesso em: 29 jul. 2021.

CUNHA, R. L. A. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas**. 2008. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58023/1/000129128.pdf>. Acesso em 7 jun. 2020.

DIAZ, C.C.F.; PEREIRA, I.M.; SOARES, D.B. Relações entre a variabilidade pluviométrica e a produtividade agrícola do algodão herbáceo no Semiárido brasileiro. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, Campinas, v. 1, p. 2115-2126, 2017.

DINIZ, C.C. Celso Furtado e o desenvolvimento regional. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 2, p. 227-249. 2009.

DUARTE, R. Os relatórios do Etene sobre a seca de 1958. **Cadernos de estudos sociais**, Recife, v. 19, n. 1. 2003.

DUARTE, R. Seca, pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. *In: ZICCARDI, Alicia. Pobreza, desigualdad social y ciudadanía: los límites de las políticas sociales en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO, 2001. p. 425-440. Disponível em: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/pobreza/duarte.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados:** modelagem multivariada para tomada de decisões. 2. ed., Rio de Janeiro. Elsevier. 2009. p. 641.

FÁVERO, L.P. **Análise de Dados:** técnicas multivariadas exploratórias com SPSS e STATA. [S.l]: GEN Atlas. 2015.

FENG, P. *et al.* Machine learning-based integration of remotely-sensed drought factors can improve the estimation of agricultural drought in South-Eastern Australia. **Agricultural Systems**, Amsterdã, v. 173, p. 303-316. 2019.

FERREIRA, L. F.; RESENDE, J. S. **A Cultura do Milho:** Informações resumidas sobre a cultura do milho. Belo Horizonte, 2000. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/doc/site/serevicoesprodutos/livraria/Culturas/Cultura%20do%20Milho.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

FILOMENO FILHO, P. S. A seca e as obras de socorro no Ceará republicano (1889-1915). *In*: SANTOS, Carlos Augusto Pereira dos. **Nossa gente, nossa história: O Ceará Republicano**. Sobral: Sertão Cult, 2019. cap. 1, p. 55-64. Disponível em: <https://deposita.ibict.br/handle/deposita/61>. Acesso em: 29 jul. 2021.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. FUNCEME. **Evolução da pluviometria no Ceará entre 1947 e 2017**. Fortaleza: FUNCEME. 2019.

GIONGO, V. **Balço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e desafios**. *In*: Desertificação e mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA. 2011. p. 115-130.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.

HASSAN, S. *et al.* Using factor analysis on survey study of factors affecting students' learning styles. **International Journal of Applied Mathematics and Informatics**. London, UK: v. 6, p. 33 – 40. 2012.

HUANG, J. *et al.* Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**, Alemanha, v. 46, n. 3-4, p. 1131-1150. 2016.

HUMAN development report - HDR. 2014 Sustaining human progress: Reducing vulnerabilities and building resilience. **United Nations Development Programme**, New York, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2018. **Semiárido brasileiro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 24 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2020. **Território e Ambiente**. Fortaleza: IBGE. 2020.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS - IDAM. **Como Cultivar Mandioca**. Amazonas: [s. n.], 2018. 12 p. Disponível em: <http://www.sepror.am.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/CARTILHA-Cultura-da-Mandioca.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil Municipal 2017**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>. Acesso em: 27 jun. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change: Synthesis Report**. World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme. Geneve, [s.n]. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Impactos, adaptação e vulnerabilidade das mudanças climáticas em 2014**. [S.l.] [s.n].2014.

KHAN, A. S. *et al.* Efeito da seca sobre a produção, a renda e o emprego agrícola na microrregião geográfica de Brejo Santo e no estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 242 – 261. 2005.

LEMOS, J. J. S. **Vulnerabilidades induzidas no Semiárido**. Fortaleza: Editora Universitária, 2020.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15632-15652. 2019.

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 23, n. 46, p. 191-212. 2018.

LIMA, J. R. L. *et al.* **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca-PAN BRASIL**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2005.

MANCAL, A. *et al.* À espera da seca que vem: capacidade adaptativa em comunidades rurais do semiárido. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, p. 257-281. 2016.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 149-176. 2010.

MARENGO, J.A. *et al.* **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas, v. 1, 2011.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-6. 2016.

MATOS, D.A.S.; RODRIGUES, E.C. **Análise fatorial**. Brasília, DF: ENAP, 2019. 75 p.

MCCLAVE, J. T.; BENSON, P.G. SINCICH, T. **Statistics for Business and Economics**. Boston: Pearson. 2005.

MELO, L. Brasil e Argentina. **Brazilian Journal of Latin American Studies**. São Paulo: Universidade de São Paulo, v. 19, n. 36, p. 115-142. 2020.

MELO, R. F.; VOLTOLINI, T. V. **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília, DF: Embrapa Semiárido - Livro técnico (INFOTECA-E), 2019.

MEMORIAGLOBO, G1. **Seca no Nordeste**: Dez anos após o período de crescimento acelerado da economia, reportagens sobre a seca do Nordeste colocaram em xeque a situação social do Brasil. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/coberturas/seca-no-nordeste/>. Acesso em: 26 jul. 2021.

MOREIRA FILHO, J. C.; GALINDO FILHO, O. T.; DUARTE, R. S. **A seca de 1993**: crônica de um flagelo anunciado. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002 (Série Estudos sobre as Secas no Nordeste, v.4).

NEVES, D. S. **Os impactos da seca do nordeste**: uma questão histórica e social na região do Sertão Paraibano e no município de Bonito de Santa Fé–PB. 2018. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em História) – Centro de Formação de Professores, Universidade Federal e Campina Grande, Cajazeiras, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7439>. Acesso em: 23 jun. 2021.

NUNES, L. F. C.V.; MEDEIROS, P. H. A. Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 17. 2020.

NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil**: Política e gestão proativas. Brasília: CGEE, 2016. 292 p.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* **Culturas Anuais**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/handle/123456789/579>. Acesso em: 29 jul. 2021.

OLIVEIRA, G. S. **A seca no Nordeste e os livros didáticos de geografia**: uma análise a partir da Escola Estadual Watson Clementino de Gusmão Silva. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

PEREIRA, G.; CUELLAR, M.D.Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos avançados**, Natal, v. 29, n. 84, p. 115-137. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/Z3QqdD43cMrg3F78WKZ8VRC/?lang=pt>. Acesso em 17 set. 2020.

PEREIRA, V.G.C. *et al.* Exigências agroclimáticas para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 32-42. 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/36917>. Acesso em: 26 jul. 2021.

PIMM, S. **The balance of nature**. Chicago, Illinois: University of Chicago. 1991.

RIGONATTO, M. **Coeficiente de variação**. Goiânia, 2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/matematica/coeficiente-variacao.htm>. Acesso em: 15 set. 2020.

ROSENDO, E. E.Q. **Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira**. 2014. 137f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5536?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5536?locale=pt_BR). Acesso em: 15 set. 2020.

ROSSI, M. **Quando a seca criou os “campos de concentração” no sertão do Ceará.** Senador Pompeu, 2019. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/08/politica/1546980554\\_464677.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/08/politica/1546980554_464677.html). Acesso em: 26 dez. 2020.

SALVIANO, J. I. A. **Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense, Brasil.** 2021. 130 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural. Departamento de Economia Agrícola. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SAMPAIO, E.V. S. B; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, Y.S. B. Propensão à desertificação no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia**, Recife, v. 22, n. 2, p. 59-76. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228643>. Acesso em: 26 dez. 2020.

SANTOS, A.P.S. *et al.* **O Semiárido Brasileiro: riquezas, diversidade e saberes.** Campina Grande: INSA/MCTI. 2013.

SANTOS, V. J. F. **A evolução da operação carro-pipa na região do semiárido brasileiro e sua possibilidade de emprego como ferramenta de inteligência para o Exército Brasileiro.** 2018. Projeto de Pesquisa (Pós-Graduação em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército Marechal Castello Branco, Rio de Janeiro, 2018.

SENA, A.R.M. **Seca, vulnerabilidade socioambiental e saúde: impactos no semiárido brasileiro.** Orientador: Prof. Dr. Christovam de Castro Barcellos. 2017. 281f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Informação e Comunicação em Saúde) – Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Rio de Janeiro, 2017.

SHERER, K.R.; NETO, N.C. **Vulnerabilidade e Resiliência: O desastre natural ocorrido no Vale do Itajaí em 2008 como irritação sistêmica para a criação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil-Lei 12.608/2012.** Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=1766fff4851ac9c1>. Acesso em: 26 dez. 2020.

SILVA, D. V. *et al.* Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, p. 901-910. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/NqtHhHGNxDwq8TtBqbSWSWs/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SILVA, D. D. E.; DE ASSUNÇÃO RIOS, F.R. Degradação ambiental: uma análise sobre a agricultura no Semiárido Nordeste. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 7, n. 2, p. 01-06. 2013.

SILVA, J. C. L. **El Niño**. Brasil Escola. Goiânia, 2021. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/el-nino.htm>. Acesso em: 26 jul. 2021.

SILVA, N. G. A.; SOUZA, J.P.O. Seguro Safra para o semiárido cearense. **AgEcon Search**, Rio Branco. 2008. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/133290/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SILVA, P. *et al.* **Caracterização do Semiárido brasileiro**: fatores naturais e humanos. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Capítulo em livro técnico científico. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861906/caracterizacao-do-semiarido-brasileiro-fatores-naturais-e-humanos>. Acesso em: 07 fev. 2020.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido**: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) -Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

SILVA, V. M. A. *et al.* O desastre seca no Nordeste Brasileiro. **POLÊM!CA**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6431/4857>. Acesso em: 26 dez. 2020.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 391-399. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/q38YvBqZSy8hQfNDdrXkSbx/?lang=pt>. Acesso em: 27 jun. 2020.

SOARES, E. Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 75-86. 2013.

SOHRABI, M. M. *et al.* Climate extreme and its linkage to regional drought over Idaho, USA. **Natural Hazards**, Berlim, v. 65, n. 1, p. 653-681. 2013.

SOUZA, É. M. **As Secas no Nordeste e Seus Efeitos Recentes na Agropecuária do Rio Grande do Norte**. 2017. 129 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, ASSÚ/RN, 2017. Disponível em: [https://www.corecon-rn.org.br/wp-content/uploads/2017/09/PRNE\\_1.pdf](https://www.corecon-rn.org.br/wp-content/uploads/2017/09/PRNE_1.pdf). Acesso em: 20 jun. 2021.

SOUZA, J. L. *et al.* Águas sobre rodas: O uso de carros-pipas como medida de resposta à seca no Seridó Potiguar. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO: APRENDER O SEMIÁRIDO, NO SEMIÁRIDO E COM O SEMIÁRIDO, 1, 2016, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande, Editora Realize. 2016.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. F. **Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado**. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. Disponível em:

[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/plantio.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/plantio.htm). Acesso em: 29 jul. 2021.

STERNBERG, T. Regional drought has a global impact. **Nature**, London, v. 472, n. 7342, p. 169, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21490659/>. Acesso em: 03 maio 2020.

SUASSUNA, J. Semiárido: proposta de convivência com a seca. **Cadernos de Estudos Sociais**, Recife, v.23, n.1-2, p.135-148. 2007.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. 2018. **Nova delimitação Semiárido**. Fortaleza, 2 abr. 2018. Disponível em: [http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf). Acesso em: 24 ago. 2020.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385>. Acesso em: 20 jun. 2021.

TEIXEIRA, F. J. C. ; MACHADO, J. Secas no Brasil: a construção de outro modelo de gestão. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 20, n. 41, p. 89-106. 2016. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/800/732](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/800/732). Acesso em: 27 jun. 2021.

TINÔCO, I. C. M. **Perfis de vulnerabilidade sociodemográfica e agroclimatológica do semiárido brasileiro**. 2018. 97f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas do Centro de Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

TOLEDO, P. H. V. M. **O GTDN e a SUDENE de Furtado no desenvolvimento econômico do Nordeste: concepção e realidade**. 2013. 57f. Monografia (Curso XXX) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

VAZ, M.A.B. *et al.* Classification of the coefficient of variation to variables in beef cattle experiments. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 11. 2017.

VERÃO brasileiro deverá ser mais quente. **El Niño volta e leva seca ao Nordeste**. Folha de São Paulo. São Paulo 18 jun. 1997. Cotidiano. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff180635.htm>. Acesso em 26 jul. 2021.

VICENTE-SERRANO, S.M. et al. Challenges for drought mitigation in Africa: the potential use of geospatial data and drought information systems. **Applied Geography**, Amsterdã, v. 34, p. 471-486. 2012.

VIVAS, E.; MAIA, R. Avaliação de Situações de Seca e Escassez de Água em Portugal Continental. Utilização de Indicadores. *In*: ACTAS DO CONGRESSO DA ÁGUA, 9, com o tema-água: desafios de hoje, exigências de amanhã, 2008, Portugal. **Anais...** Estoril - Portugal, APRH. 2008. p. 1-15.

WEISSHEIMER, M. A. **Bolsa Família**: Avanços, limites e possibilidades do programa que está transformando a vida de milhões de famílias no Brasil. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2006. 160 p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fpabramo.org.br/xmlui/handle/123456789/304>. Acesso em: 23 jun. 2021.

WILHITE, D. A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *In*: D. A. Wilhite (Ed.), **Droughts: global assessment**. London: Routledge. 2000.

XIMENES, L. J. F. Efeitos da ocorrência de secas sobre Indicadores Agropecuários do Estado do Ceará. **Informe Rural**, Fortaleza, v. 7, n. 1. 2013. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/800705/ano+7-01.pdf/6003ae87-27a7-e1b0-b995-2478518199bd>. Acesso em: 24 jun. 2021.

ZHANG, L. ; ZHOU, T. Drought over East Asia: a review. **Journal of Climate**, Boston, v. 28, n. 8, p. 3375-3399. 2015.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A - MÉDIAS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV)  
ESTIMADOS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E  
MILHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CLIMÁTICA DO SERTÃO  
CENTRAL E INHAMUNS ENTRE 1974 E 2019**

Tabela 10 - Médias e Coeficientes de Variação estimados das variáveis estudadas  
(continua)

Município	Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
		Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Acopiara	Pluviometria (mm)	496,9	17,0	774,8	12,1	1189,2	29,4
	Área Colhida Feijão (ha)	5795,6	42,1	7450,9	27,4	5801,9	47,5
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	175,4	71,1	264,6	44,0	199,1	61,9
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	748,6	92,8	852,1	60,2	797,1	75,1
	Área Colhida Mandioca (ha)	42,8	140,7	114,7	110,1	191,3	88,4
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	7243,7	43,3	8833,4	26,4	9692,7	19,7
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3708,5	62,6	3588,1	44,1	4304,9	43,0
	Área Colhida milho (ha)	7168,2	56,7	7909,2	34,5	7408,5	39,3
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	278,1	96,4	599,5	44,4	533,1	42,3
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	308,5	84,6	719,5	45,7	859,5	56,0	
Aiuaíba	Pluviometria (mm)	484,2	17,0	738,4	10,0	1204,6	16,6
	Área Colhida Feijão (ha)	4399,1	37,4	4291,7	46,2	1537,7	64,7
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	215,1	57,7	213,8	75,2	154,3	4,9
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	668,3	92,3	669,4	76,7	792,9	72,9
	Área Colhida Mandioca (ha)	327,1	108,5	285,3	127,1	257,3	65,3
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8335,2	38,9	10847,0	33,3	9398,0	21,0
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3206,2	64,1	3404,4	57,1	4280,6	74,0
	Área Colhida milho (ha)	5128,0	46,6	5700,7	55,7	3238,7	58,6
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	408,2	71,6	550,7	50,8	388,3	22,4
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	467,6	66,1	931,0	71,4	649,5	40,9	
Antonina do Norte	Pluviometria (mm)	451,1	33,3	741,8	8,3	1127,7	9,0
	Área Colhida Feijão (ha)	876,7	116,1	2080,6	221,5	2152,2	56,5
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	166,2	60,9	339,8	52,7	238,5	58,6
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	468,7	54,0	1197,9	93,4	1250,3	70,6
	Área Colhida Mandioca (ha)	26,2	161,0	18,5	98,6	30,2	51,6
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8040,6	41,2	9153,8	21,6	8395,8	21,9
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	4178,4	87,6	3987,8	55,7	5135,4	40,7
	Área Colhida milho (ha)	1013,5	105,4	955,1	46,5	2061,8	67,6
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	384,7	77,7	672,4	60,4	536,7	46,6
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	414,9	74,4	772,7	57,7	1029,8	50,1	
Arapipe	Pluviometria (mm)	506,5	21,2	771,9	10,1	1120,2	20,0
	Área Colhida Feijão (ha)	2742,0	80,1	3782,1	59,1	3056,1	81,0
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	208,4	52,5	273,2	41,6	346,9	37,9
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	808,2	75,3	937,2	89,9	1044,7	72,3
	Área Colhida Mandioca (ha)	4824,7	71,2	5512,9	101,3	2613,3	49,5
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8650,3	38,4	10594,9	20,9	9275,7	23,3
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3534,5	43,2	4838,7	86,7	3583,7	26,5
	Área Colhida milho (ha)	3613,1	39,0	3952,5	35,2	4415,9	38,3
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	663,5	78,8	799,2	68,2	1093,1	62,8
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	683,1	64,4	843,6	44,2	1104,7	51,1	
Arneiroz	Pluviometria (mm)	406,5	44,2	750,7	6,6	1076,0	13,5
	Área Colhida Feijão (ha)	2372,1	69,8	2569,6	36,6	2356,0	6,4
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	136,4	75,5	268,8	44,2	200,0	45,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	522,5	106,8	717,1	43,6	1073,3	24,8
	Área Colhida Mandioca (ha)	19,3	86,1	16,4	99,3	56,7	112,1
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6619,0	45,4	9227,3	15,4	8666,7	13,3
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3205,2	55,2	4060,2	45,8	6010,0	57,0
	Área Colhida milho (ha)	2549,2	70,1	2824,3	34,0	2375,0	25,6
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	221,5	86,8	578,7	38,5	386,7	41,8
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	304,7	110,1	617,1	35,7	487,0	101,1	
Assaré	Pluviometria (mm)	537,3	18,5	755,8	6,8	1081,7	12,5
	Área Colhida Feijão (ha)	3798,9	59,5	3575,7	72,6	5549,8	68,3
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	198,8	62,7	318,9	38,8	286,4	50,7
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	683,9	76,8	946,7	94,7	1024,5	81,2
	Área Colhida Mandioca (ha)	1068,0	166,8	165,6	150,0	1532,0	131,5
Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8468,8	34,0	10007,7	18,3	9603,9	26,3	

Município	Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
		Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	5375,0	97,9	4864,9	64,6	3432,2	56,3
	Área Colhida milho (ha)	5101,9	47,2	4912,7	44,4	5945,7	46,3
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	513,7	89,5	818,6	53,5	799,4	53,4
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	564,7	74,1	827,2	55,6	934,9	53,3
Boa Viagem	Pluviometria (mm)	455,2	26,6	749,5	8,1	1113,3	13,9
	Área Colhida Feijão (ha)	9635,8	60,6	14877,9	35,2	12209,3	50,4
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	180,3	82,7	300,1	41,4	186,3	38,0
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	565,7	73,4	916,2	44,6	756,6	43,2
	Área Colhida Mandioca (ha)	304,0	158,5	438,3	189,4	341,0	106,2
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6470,2	32,2	8216,7	16,0	8464,3	20,7
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3896,3	84,0	3117,1	63,1	5803,7	86,5
	Área Colhida milho (ha)	11611,5	58,6	17902,9	32,3	13272,9	53,1
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	294,3	64,3	686,6	27,1	495,7	19,5
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	374,8	71,7	779,4	28,6	688,9	35,1
	Campos Sales	Pluviometria (mm)	483,7	21,9	718,5	5,3	1057,0
Área Colhida Feijão (ha)		3857,9	98,1	6855,7	84,9	6403,3	61,2
Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )		266,0	61,4	302,1	24,5	256,0	61,7
Valor da produção por hectare de feijão (R\$)		872,1	91,2	930,4	46,5	1039,3	103,6
Área Colhida Mandioca (ha)		2630,8	103,4	3262,6	143,6	3912,5	89,7
Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )		8996,2	33,6	8247,0	16,5	8375,0	34,3
Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)		4065,5	80,7	3303,5	46,3	3522,5	46,9
Área Colhida milho (ha)		4556,0	63,0	5782,4	44,5	6039,5	50,3
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )		567,0	78,8	635,4	47,4	619,8	40,2
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	617,4	68,1	688,9	39,5	852,7	78,1	
Camindé	Pluviometria (mm)	464,2	27,0	773,2	12,6	1171,9	19,5
	Área Colhida Feijão (ha)	9976,1	67,6	13784,4	30,4	15047,8	60,2
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	149,3	81,6	343,7	31,8	186,7	39,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	496,8	92,1	975,2	29,0	792,7	44,4
	Área Colhida Mandioca (ha)	334,0	143,7	181,3	114,8	301,9	88,5
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6174,7	33,8	8361,6	13,4	8474,1	22,8
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3759,1	81,6	3208,3	64,1	5313,6	105,5
	Área Colhida milho (ha)	11339,1	64,0	16307,6	32,4	16323,8	44,2
Caridade	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	297,3	76,0	786,1	37,2	538,1	31,6
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	382,7	77,5	843,4	29,7	761,8	37,3
	Pluviometria (mm)	441,0	27,1	827,5	8,8	1164,4	22,4
	Área Colhida Feijão (ha)	2661,9	70,2	2890,9	47,0	2736,1	49,3
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	162,9	71,4	297,0	60,0	269,8	57,5
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	492,6	71,4	859,4	52,6	912,7	69,0
	Área Colhida Mandioca (ha)	48,9	92,5	91,7	114,8	39,7	134,6
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6475,4	37,7	8432,8	13,5	7981,8	21,5
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	4466,7	77,5	3937,6	51,7	3773,4	116,7
Catarina	Área Colhida milho (ha)	2876,4	77,7	3539,9	38,6	3457,1	39,7
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	258,0	68,6	568,9	45,5	546,2	41,1
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	354,5	80,3	664,3	40,5	639,3	40,8
	Pluviometria (mm)	488,5	20,0	762,2	9,7	1217,3	24,4
	Área Colhida Feijão (ha)	1804,9	51,4	2584,5	29,4	2191,7	12,3
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	155,1	75,3	288,4	38,7	231,7	56,3
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	566,1	113,5	819,6	69,6	728,0	59,3
	Área Colhida Mandioca (ha)	27,5	98,1	19,7	115,7	51,0	135,9
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8924,2	28,0	8631,2	17,7	11000,0	12,9
Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3448,7	74,9	4912,6	44,7	4610,5	18,8	
Cratéis	Área Colhida milho (ha)	2317,7	49,4	2898,9	29,1	3705,0	30,3
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	210,4	76,0	667,7	29,5	623,3	71,5
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	321,8	100,0	759,3	47,8	756,6	60,2
	Pluviometria (mm)	479,4	27,1	782,3	9,3	1102,7	15,7
	Área Colhida Feijão (ha)	9602,2	44,5	13460,8	29,6	12024,9	32,2
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	219,0	71,4	276,4	27,9	267,4	42,3
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	699,0	62,9	633,6	61,7	1191,1	53,4
	Área Colhida Mandioca (ha)	379,4	107,9	564,4	55,7	539,3	87,9
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6146,1	61,8	9184,0	29,8	7753,8	31,2
Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2671,8	65,2	3967,2	42,4	4493,6	62,5	
Iguatu	Área Colhida milho (ha)	11033,3	55,1	16133,8	33,9	13114,8	33,5
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	476,3	116,9	812,2	33,4	722,8	55,5
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	460,2	90,0	1068,3	37,9	1012,5	46,5
	Pluviometria (mm)	532,3	13,4	777,3	9,8	1162,4	20,6
	Área Colhida Feijão (ha)	2810,1	59,9	3193,6	46,2	4068,7	47,0
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	229,9	74,9	421,3	59,3	366,8	38,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	1225,9	124,3	1558,5	81,2	1484,1	48,3

Município	Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
		Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Independencia	Área Colhida Mandioca (ha)	31,9	115,0	58,2	166,5	60,7	162,5
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	10228,6	60,2	12475,8	37,9	12066,0	35,3
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	7921,3	96,9	6496,8	88,0	4707,6	47,0
	Área Colhida milho (ha)	3977,4	62,1	4631,6	25,8	6647,6	43,4
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	219,3	114,9	818,0	59,6	834,7	61,3
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	330,5	101,4	986,4	55,5	1080,3	43,0
	Pluviometria (mm)	427,1	31,9	766,1	11,1	1139,5	12,7
	Área Colhida Feijão (ha)	6399,5	76,9	8842,3	42,9	9395,0	70,1
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	175,8	67,7	294,0	46,0	165,7	24,9
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	498,4	70,1	1104,5	63,4	1164,7	36,0
	Área Colhida Mandioca (ha)	173,2	151,0	152,7	218,8	315,0	83,1
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	5876,4	52,8	8718,3	27,9	6000,0	47,1
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2635,7	66,3	4256,1	67,3	6097,1	93,0
	Área Colhida milho (ha)	7345,4	66,1	11247,6	45,6	8316,7	36,8
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	377,5	94,9	784,5	57,8	268,3	17,2	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	467,4	84,9	966,6	53,5	624,3	4,8	
Itaitira	Pluviometria (mm)	423,7	28,8	817,2	9,7	1111,5	13,8
	Área Colhida Feijão (ha)	3637,2	45,5	4777,2	25,4	4415,4	38,5
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	152,9	83,0	327,5	33,0	195,8	52,3
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	489,6	85,6	875,6	23,5	920,2	61,3
	Área Colhida Mandioca (ha)	103,2	92,7	77,2	106,5	138,0	99,4
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6661,8	34,7	7590,0	25,5	8479,0	24,4
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	4291,7	72,2	4064,1	118,8	2757,7	41,0
	Área Colhida milho (ha)	4890,8	54,1	6384,5	29,0	5179,6	55,2
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	329,1	68,2	866,6	41,7	501,8	34,7	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	437,7	74,6	864,2	37,9	698,5	39,0	
Mombaca	Pluviometria (mm)	497,8	21,0	797,5	9,3	1172,6	19,1
	Área Colhida Feijão (ha)	5345,5	37,5	6751,3	25,5	4786,2	36,6
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	197,2	65,4	273,9	53,2	174,7	58,5
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	668,3	90,6	776,2	68,0	718,0	48,3
	Área Colhida Mandioca (ha)	150,1	174,7	219,2	153,7	86,3	114,1
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	7096,1	42,9	8799,8	28,2	10250,0	23,1
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2739,8	67,8	3454,5	56,3	4349,6	15,4
	Área Colhida milho (ha)	6496,0	38,6	8037,3	27,2	6588,7	47,2
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	379,4	79,0	691,7	37,8	649,0	72,9	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	446,2	72,6	819,7	50,9	758,7	44,3	
Monsenhor Tabosa	Pluviometria (mm)	465,9	29,9	781,3	12,1	1375,9	30,5
	Área Colhida Feijão (ha)	2902,3	39,3	3949,9	43,9	3326,8	44,1
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	184,8	75,5	284,0	52,6	265,0	52,4
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	616,1	92,1	667,9	68,9	1333,3	41,5
	Área Colhida Mandioca (ha)	124,9	91,9	172,3	59,6	96,6	100,2
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6747,1	52,7	9173,2	20,1	6700,4	27,7
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2969,6	51,2	2957,6	29,5	5658,2	53,1
	Área Colhida milho (ha)	3460,1	46,0	4563,3	45,8	4481,7	30,9
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	384,5	90,0	702,8	50,3	480,8	40,0	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	445,1	83,1	722,7	38,8	958,8	28,8	
Novo Oriente	Pluviometria (mm)	460,9	23,0	763,5	8,5	1126,3	22,2
	Área Colhida Feijão (ha)	7256,0	46,9	10339,4	31,1	8231,8	26,3
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	167,4	73,0	376,8	39,1	299,3	38,5
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	614,9	83,8	860,1	50,2	1391,4	68,1
	Área Colhida Mandioca (ha)	133,1	87,7	177,3	81,5	187,3	82,2
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	5311,1	62,0	9790,9	29,5	6704,5	44,7
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2152,2	66,3	3838,1	51,3	3921,0	74,1
	Área Colhida milho (ha)	8520,6	49,5	12794,7	21,7	8980,0	22,3
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	290,3	111,8	1042,8	45,1	734,8	49,6	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	298,6	74,8	1242,0	47,1	998,8	48,8	
Parambu	Pluviometria (mm)	491,2	21,1	777,6	10,6	1282,4	29,6
	Área Colhida Feijão (ha)	10379,8	45,2	12439,8	14,6	9324,0	30,2
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	181,6	62,1	301,9	40,9	270,0	43,7
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	605,1	54,8	1022,1	84,4	990,9	44,4
	Área Colhida Mandioca (ha)	546,5	84,4	637,8	72,5	1050,0	41,8
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	6823,9	51,1	8966,3	28,4	8400,0	6,5
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3308,5	57,4	4310,9	55,3	5114,2	69,9
	Área Colhida milho (ha)	11964,3	46,2	13696,9	30,9	10906,4	25,0
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	333,5	81,2	610,2	40,0	503,4	39,8	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	369,6	75,8	767,2	53,0	912,0	31,7	
Piquet Carneiro	Pluviometria (mm)	509,8	20,5	771,4	9,6	1153,8	16,7
	Área Colhida Feijão (ha)	1947,4	50,6	1994,4	30,0	2611,1	22,8
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	160,1	69,9	281,5	36,6	199,0	57,2
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	477,2	72,3	842,2	67,3	739,0	41,0

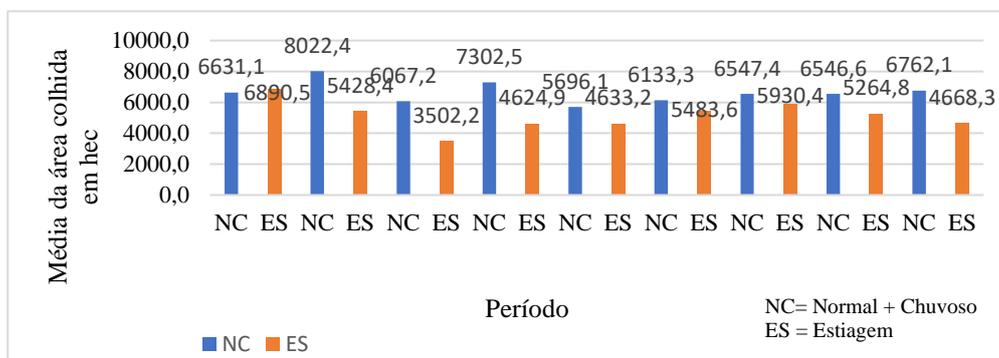
Município	Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
		Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Potengi	Área Colhida Mandioca (ha)	7,1	63,4	9,9	75,7	15,8	118,6
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8957,8	46,0	10587,5	33,8	12166,0	23,7
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3565,3	73,8	3480,1	72,1	5443,6	54,8
	Área Colhida milho (ha)	2108,8	52,2	2328,5	38,4	2892,7	21,2
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	350,5	79,4	756,9	50,8	661,6	48,6
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	432,0	76,3	868,5	43,1	787,3	39,5
	Pluviometria (mm)	500,4	24,4	793,4	10,3	1077,8	15,4
	Área Colhida Feijão (ha)	1657,7	50,1	1917,5	48,0	1948,8	37,7
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	206,8	59,1	239,9	47,9	284,7	35,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	782,1	93,1	783,6	71,9	835,9	87,2
	Área Colhida Mandioca (ha)	45,0	85,4	77,7	76,3	54,0	102,3
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	9151,2	31,8	8803,2	12,5	8833,4	21,9
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	5478,9	90,0	5909,1	73,6	3689,6	42,5
	Área Colhida milho (ha)	2424,5	47,6	2403,6	32,1	2382,1	29,7
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	631,7	74,1	902,7	70,8	750,7	48,8	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	627,1	61,2	977,7	42,8	822,6	60,3	
Quixadá	Pluviometria (mm)	473,1	24,7	764,8	11,4	1147,5	23,0
	Área Colhida Feijão (ha)	6604,2	86,3	11288,1	100,8	11922,6	59,6
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	234,9	70,4	426,1	45,1	232,1	42,4
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	886,0	62,4	1333,3	40,6	797,7	53,1
	Área Colhida Mandioca (ha)	418,8	122,3	548,8	171,2	566,5	95,6
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8550,4	31,4	9025,1	29,5	9860,0	19,0
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	5179,8	64,1	4564,5	58,8	3996,9	59,2
	Área Colhida milho (ha)	5992,6	89,8	9818,3	88,9	13447,3	60,4
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	372,8	73,1	981,3	53,9	476,2	30,9	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	447,9	58,7	1144,2	41,6	680,7	31,2	
Quixeramobim	Pluviometria (mm)	501,8	24,6	783,7	9,7	1105,3	13,9
	Área Colhida Feijão (ha)	5683,3	68,0	8479,8	53,9	9626,0	68,2
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	274,8	56,6	336,8	40,3	246,2	61,4
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	996,4	54,2	1173,8	41,8	827,1	61,2
	Área Colhida Mandioca (ha)	88,0	153,8	360,9	120,4	115,6	134,4
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8065,1	27,8	9452,5	16,3	9602,2	24,5
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	4553,3	56,3	4939,4	42,6	3231,7	53,2
	Área Colhida milho (ha)	7808,0	52,3	14728,4	56,5	14027,9	39,8
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	443,0	84,2	787,5	34,4	579,8	71,3	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	512,8	76,0	935,8	26,1	763,2	46,1	
Saboeiro	Pluviometria (mm)	459,4	29,1	762,7	10,3	1240,8	17,9
	Área Colhida Feijão (ha)	2743,8	78,8	3821,9	71,2	5000,0	84,9
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	192,0	75,2	261,5	33,1	191,0	20,7
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	591,9	90,3	871,8	81,8	778,8	98,5
	Área Colhida Mandioca (ha)	380,6	126,9	447,5	166,2	475,0	81,9
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	8949,4	31,8	9258,8	30,8	7600,0	7,4
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3241,3	50,3	3860,2	55,2	5207,4	28,0
	Área Colhida milho (ha)	3269,2	70,7	5103,7	68,3	5096,0	58,2
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	376,5	82,0	677,8	33,1	295,5	20,8	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	443,1	69,4	800,0	52,2	505,2	73,2	
Santa Quitéria	Pluviometria (mm)	432,9	32,2	753,4	10,4	1211,2	30,7
	Área Colhida Feijão (ha)	6591,9	77,3	7655,1	65,2	7564,1	63,5
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	149,0	73,1	323,8	46,5	222,3	47,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	625,7	106,9	1235,0	61,2	777,3	59,4
	Área Colhida Mandioca (ha)	108,3	108,4	93,6	96,0	94,6	74,4
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	5742,6	46,0	9149,5	26,4	7085,2	26,1
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2218,4	59,1	3960,1	66,8	2839,1	36,1
	Área Colhida milho (ha)	7274,2	87,5	8519,9	68,2	8179,1	65,5
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	227,9	79,7	562,4	39,4	509,5	45,4	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	339,5	99,5	672,8	43,8	581,5	41,6	
Senador Pompeu	Pluviometria (mm)	526,9	18,6	762,8	10,8	1132,6	15,4
	Área Colhida Feijão (ha)	3829,1	54,0	4602,2	44,7	5534,6	30,8
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	209,1	47,5	310,0	45,5	279,3	54,8
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	824,2	64,8	917,9	54,4	1069,2	50,4
	Área Colhida Mandioca (ha)	33,9	146,7	33,1	145,9	31,8	153,1
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	7649,5	44,0	10078,8	28,7	11440,7	26,4
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3989,8	69,8	4653,1	54,3	3610,1	83,8
	Área Colhida milho (ha)	4770,9	60,5	5317,1	49,8	6007,2	28,6
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	347,8	61,8	606,6	46,6	575,4	36,4	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	473,2	55,3	783,4	56,7	796,3	25,2	
Solonópole	Pluviometria (mm)	504,7	29,3	774,9	11,1	1187,6	14,2
	Área Colhida Feijão (ha)	3738,9	61,2	4793,6	49,3	6747,8	43,1
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	205,8	75,0	310,2	40,6	188,6	35,7
Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	899,0	132,2	983,8	40,7	675,4	24,9	

Município	Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
		Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Tamboril	Área Colhida Mandioca (ha)	22,2	87,9	16,7	111,3	40,6	122,0
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	7430,6	49,3	10430,9	22,0	12720,1	22,6
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3761,2	62,8	3704,7	64,2	4135,1	73,5
	Área Colhida milho (ha)	4287,9	54,7	5244,7	39,6	7436,4	30,1
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	300,5	68,5	581,9	37,9	456,9	23,1
	Valor da produção por hectare de milho (R\$)	478,8	91,0	662,5	42,5	671,5	35,3
	Pluviometria (mm)	438,6	30,1	748,4	9,9	1174,6	14,4
	Área Colhida Feijão (ha)	4942,6	59,3	5040,3	35,9	3288,8	34,9
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	189,9	72,3	347,4	46,1	221,0	31,0
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	572,5	68,5	1183,8	56,3	1113,7	81,6
	Área Colhida Mandioca (ha)	109,0	78,2	99,6	67,4	124,8	61,6
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	5961,6	56,0	8838,5	34,1	6580,5	26,9
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	2512,6	53,2	4626,9	54,0	2943,2	28,6
	Área Colhida milho (ha)	5337,9	67,1	5484,3	44,4	3492,0	25,8
	Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	372,1	90,3	788,1	60,6	392,8	37,3
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	415,5	74,0	1002,1	47,4	602,4	44,5	
Tauá	Pluviometria (mm)	423,3	25,4	717,1	3,6	1103,4	8,9
	Área Colhida Feijão (ha)	11214,6	51,0	11956,7	32,0	8950,0	10,6
	Produtividade de feijão (kg.ha <sup>-1</sup> )	175,2	72,9	268,2	37,6	204,7	46,6
	Valor da produção por hectare de feijão (R\$)	584,4	81,0	827,3	67,4	1003,7	18,1
	Área Colhida Mandioca (ha)	129,0	109,6	151,0	77,6	193,3	31,2
	Produtividade de mandioca (kg.ha <sup>-1</sup> )	7106,6	45,2	10116,7	16,3	8666,7	13,3
	Valor da produção por hectare de mandioca (R\$)	3562,6	61,1	3632,2	37,7	6007,2	49,9
	Área Colhida milho (ha)	13839,5	50,7	15306,0	39,9	11290,7	49,0
Produtividade de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )	368,8	91,8	691,8	38,0	400,3	36,0	
Valor da produção por hectare de milho (R\$)	416,8	87,9	844,7	45,1	791,8	19,8	

Fonte: Resultados estimados a partir dos dados da FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

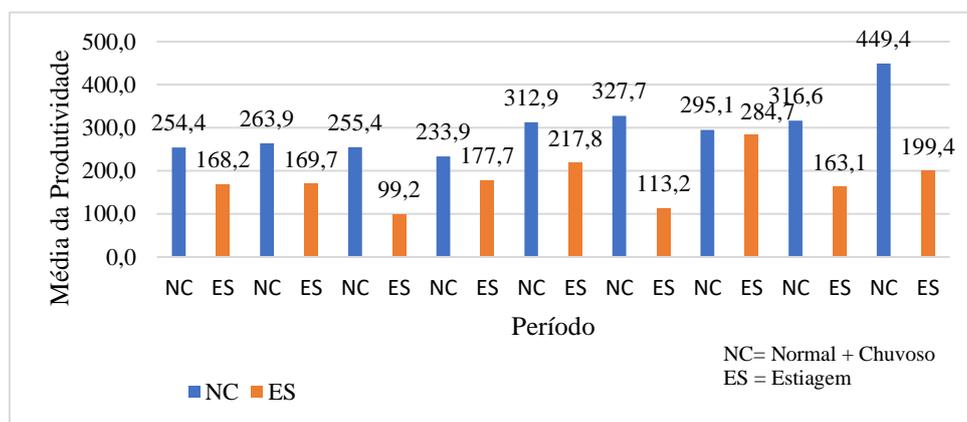
## APÊNDICE B –RESILIÊNCIAS DAS LAVOURAS DE FEIJÃO, MANDIOCA E MILHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CLIMÁTICA DO SERTÃO CENTRAL E INHAMUNS ENTRE 1974 a 2019

Gráfico 3 - Resiliência da Área colhida de Feijão



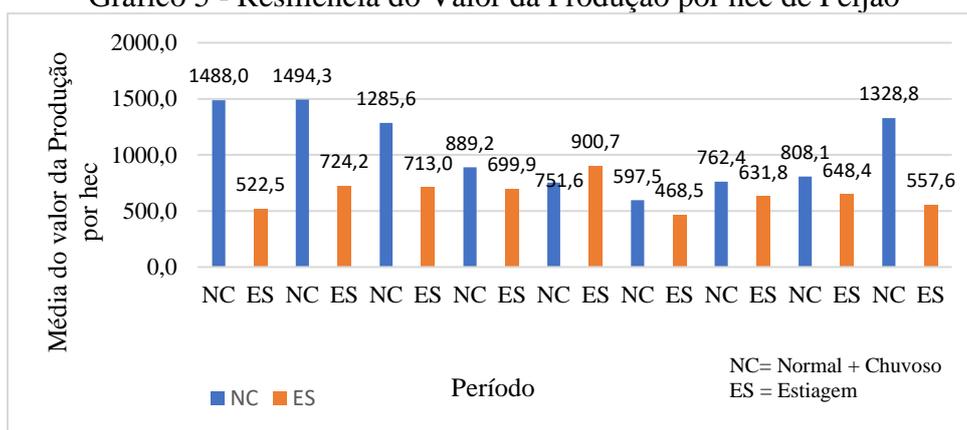
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 4 - Resiliência da Produtividade do Feijão



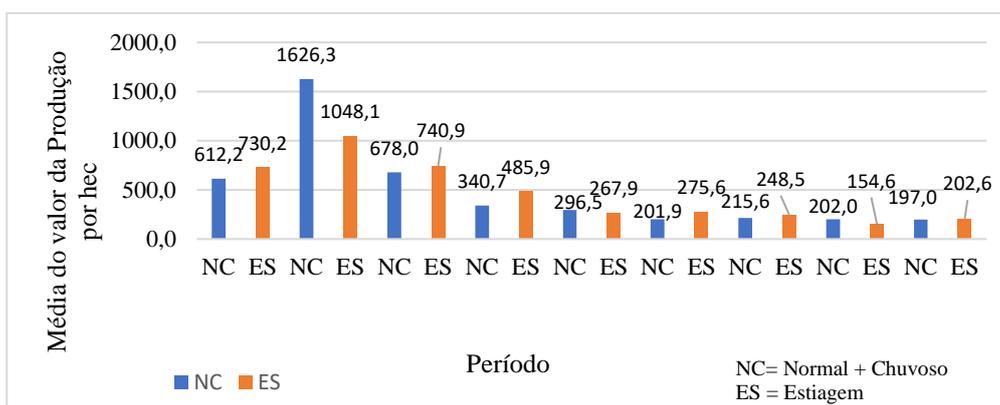
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 5 - Resiliência do Valor da Produção por hec de Feijão



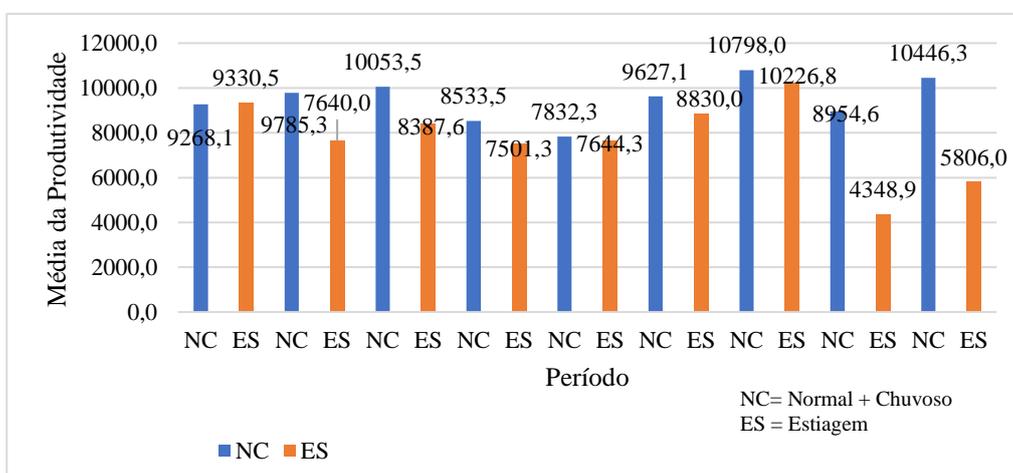
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 6 - Resiliência do Valor da Área Colhida da Mandioca



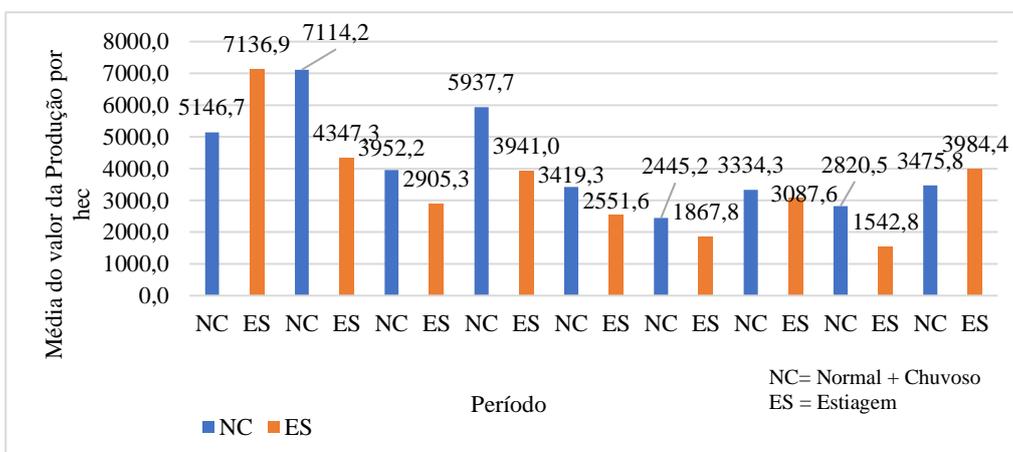
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 7 - Resiliência da Produtividade da Mandioca



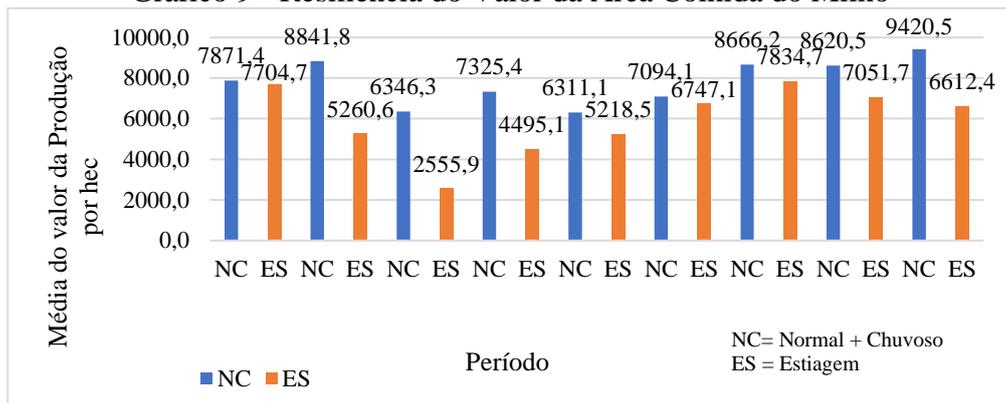
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 8 - Resiliência do Valor da Produção por hec de Mandioca



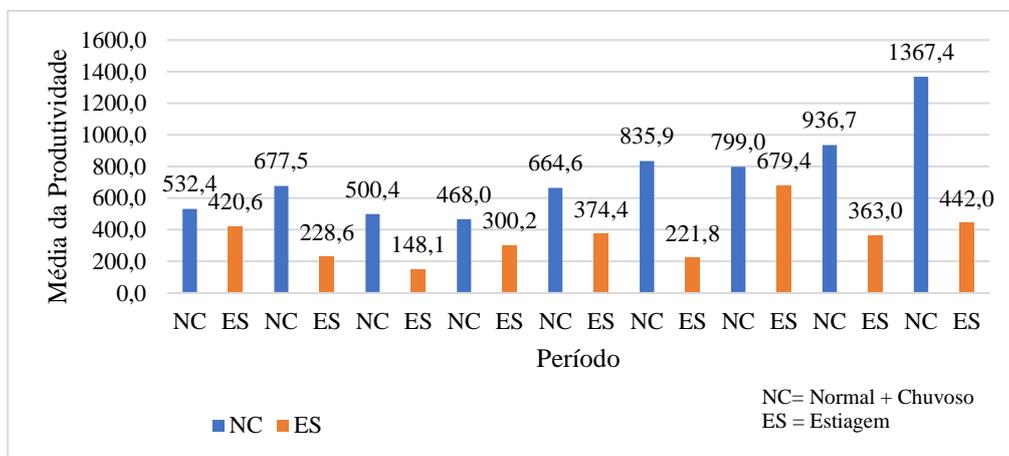
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 9 - Resiliência do Valor da Área Colhida do Milho



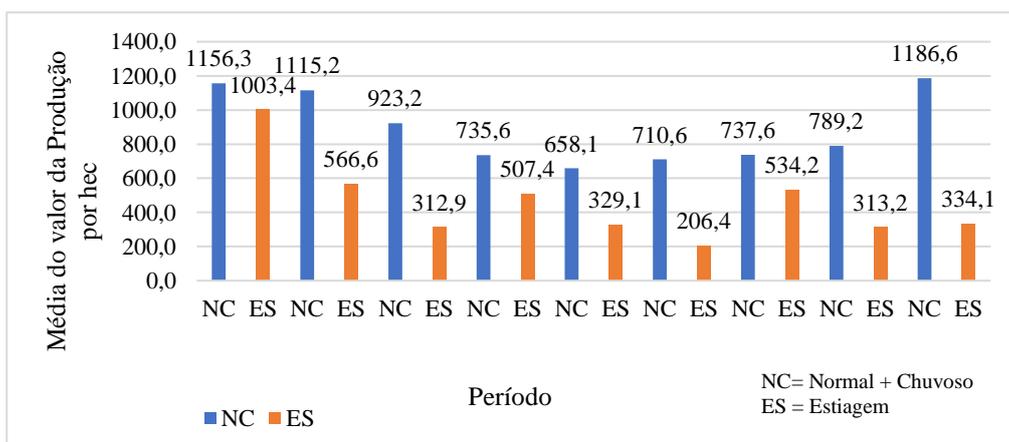
Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 10 - Resiliência da Produtividade do Milho



Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).

Gráfico 11 - Resiliência do Valor da Produção por hec de Milho



Fonte: Autoria própria com base nos dados do IBGE (vários anos).