



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

JAMILE INGRID DE ALMEIDA SALVIANO

**RELAÇÕES ENTRE INSTABILIDADES DAS CHUVAS E INDICADORES DE
PRODUÇÃO DE LAVOURAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO CEARENSE, BRASIL**

FORTALEZA

2021

JAMILE INGRID DE ALMEIDA SALVIANO

**RELAÇÕES ENTRE INSTABILIDADES DAS CHUVAS E INDICADORES DE
PRODUÇÃO DE LAVOURAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO CEARENSE, BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola 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.

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)

- S175r Salviano, Jamile Ingrid de Almeida.
Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense, Brasil / Jamile Ingrid de Almeida Salviano. – 2021.
130 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. Semiárido cearense. 2. Instabilidade pluvial. 3. Instabilidade das lavouras de sequeiro. 4. Produção agrícola. 5. Agricultura de sequeiro. I. Título.

CDD 338.1

JAMILE INGRID DE ALMEIDA SALVIANO

**RELAÇÕES ENTRE INSTABILIDADES DAS CHUVAS E INDICADORES DE
PRODUÇÃO DE LAVOURAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO CEARENSE, BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola 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: 30/06/2021.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Guillermo Gamarra Rojas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Espedito Cezário Martins (Membro externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

A Deus, pela força e persistência durante a caminhada.

Aos meus pais, esposo e às minhas filhas.

Dedico esta dissertação também a todos os que me ajudaram ao longo desta jornada, em especial ao meu orientador, sem o qual não teria conseguido concluir esta difícil tarefa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me concedido mais uma conquista em minha vida, por sua infinita bondade em ter tornado possível dar continuidade à minha formação profissional. Pela forte presença em todas as ocasiões, guiando-me e proporcionando-me momentos de felicidade e outros de dificuldades, que em suma só contribuíram para o fortalecimento do meu ser.

Aos meus queridos pais, ao meu esposo e às minhas filhas pelo imenso amor, paciência, apoio e esforços dedicados para que me fosse possível chegar até aqui.

Ao meu querido professor orientador, Dr. José de Jesus Sousa Lemos, o maior incentivador da minha carreira acadêmica, por desempenhar sua profissão com excelência, além do ser humano cheio de bondade e solicitude. Agradeço pelo apoio, orientação, confiança, ensinamentos, conselhos e paciência fornecidos durante a elaboração deste trabalho, o qual sempre se mostrou presente e disposto a compartilhar seu conhecimento.

À banca examinadora que prontamente aceitou o convite de avaliar o trabalho e colaborar com valiosas contribuições.

Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER/UFC), pelo ensino, dedicação, incentivo à pesquisa e contribuição à comunidade científica.

Ao Laboratório do Semiárido, nosso querido LabSar, sob coordenação do meu professor orientador, Dr. José de Jesus Sousa Lemos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos concedida durante todo o período de estudo e pesquisa.

Às minhas amigas que o curso de Economia e o Mestrado em Economia Rural me proporcionaram: Maria Beatriz, Dalylla e Elanny, pessoas que no início dessa jornada ofereceram uma franca amizade. Pessoas competentes, humildes e que têm um lugar especial em minha vida.

E, por fim, aos meus colegas e companheiros de mestrado, pelas experiências vividas, aprendizados, por contribuírem para tornar a jornada mais leve e por toda ajuda disponibilizada ao longo dos dois anos de curso. A todos aqueles que tive a oportunidade de conhecer durante minha passagem pelo Mestrado em Economia Rural.

“Crê em ti mesmo, age e verá os resultados.
Quando te esforças, a vida também se esforça
para te ajudar.” (Chico Xavier).

RESUMO

A maior parte do semiárido brasileiro encontra-se na Região Nordeste do país, sendo o Ceará o estado que detém a maior área relativa inserida nesse ecossistema, representando aproximadamente 95% de seu território, além de possuir o maior número de municípios inseridos em áreas suscetíveis à desertificação no Brasil. A instabilidade da precipitação pluvial é uma das principais características do semiárido, com chuvas irregulares e longos períodos de estiagem, constituindo-se em uma das principais adversidades enfrentadas por aqueles que vivem nessa região, principalmente pelos que exercem atividades agrícolas sobre as lavouras de sequeiro, pois dependem praticamente das precipitações pluviais para o seu desenvolvimento. A partir dessas considerações, supõe-se que deve haver interações entre as irregularidades das chuvas e as variáveis que definem os resultados técnicos e econômicos das produções de sequeiro no semiárido cearense. Por essas razões, a pesquisa tenta responder o seguinte questionamento: Como interagem as instabilidades pluviométricas com as variáveis definidoras da produção das lavouras alimentares de sequeiro estudadas nas oito (8) regiões climáticas classificadas pela FUNCEME? Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar as instabilidades da precipitação pluvial dos municípios cearenses, com desdobramentos para as oito (8) regiões climáticas, demonstrando como essas instabilidades afetam as variáveis definidoras das produções de feijão, mandioca e milho, principais lavouras cultivadas em regime de sequeiro, entre os anos de 1974 e 2019. De maneira específica, o estudo busca: a) identificar prováveis padrões de distribuição de chuvas nos municípios cearenses e nas oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará no período de 1974 a 2019, comparando-os com o que aconteceu no estado entre 1947 e 2019; b) aferir os níveis de instabilidade pluviométrica estimados no período de 1974 a 2019 para os municípios cearenses e para as oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará; c) aferir as interações existentes entre as instabilidades de chuvas e a produção de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos e nas regiões climáticas cearenses entre os anos de 1974 e 2019; e d) avaliar como se comportam as regiões climáticas do Estado do Ceará em relação às interações entre as instabilidades pluviométricas e a produção de feijão, mandioca e milho entre 1974 e 2019. Utilizam-se dados secundários de precipitações de chuvas divulgados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), além de informações da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Computam-se as médias anuais e os coeficientes de variação (CV) das chuvas, produtividades e valores da produção por hectare das lavouras de feijão, mandioca e milho, entre 1974 e 2019. As variáveis associadas às produções agrícolas são agregadas através das médias ponderadas e os pesos estimados por meio do método de análise fatorial com decomposição em componentes principais. O Índice de Produtividade (INPR) é criado e testa-se se há diferença estatística entre as regiões climáticas utilizando análise de regressão, bem como variáveis dummies para distinguir as regiões. Os resultados confirmam a hipótese de que existem interações entre as instabilidades pluviométricas e as variáveis que definem os resultados técnicos e econômicos das produções de lavouras de sequeiro no semiárido cearense. Confirma-se a elevada instabilidade na distribuição das chuvas no Ceará ao longo dos anos estudados. Demonstrou-se que é possível transferir para o período de 1974 a 2019 a classificação das chuvas em períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso, confirmando-se que a instabilidade pluviométrica é maior nos anos que apresentaram níveis de chuva caracterizados como anos de estiagem. Além disso, os resultados mostram que existe uma maior instabilidade na produção das lavouras de sequeiro no período de estiagem de chuvas no estado. Depreende-se que as produções das lavouras de sequeiro no Ceará experimentam grandes instabilidades em decorrência da sua praticamente total dependência do regime pluviométrico. A conclusão geral da pesquisa é que há sinergias entre as pluviometrias, as produtividades e os valores da produção por hectare das lavouras de sequeiro. Conclui-se também, tal como eram as expectativas, que as pluviometrias e as variáveis que definem aspectos técnicos (produtividade)

e aspectos econômicos (valor da produção por hectare) de feijão, mandioca e milho apresentam movimentação conjunta na mesma direção e sentidos. Nos períodos de menores pluviometrias as variáveis associadas à produção apresentam menores valores, nos anos de melhores pluviometrias acontece o contrário. Observou-se que essa sinergia não fica restrita apenas às produções, mas às suas instabilidades. Desse modo, as instabilidades pluviométricas se irradiam para as variáveis associadas às produções de feijão, mandioca e milho no estado do Ceará, no período entre 1974 e 2019.

Palavras-chave: Semiárido cearense. Instabilidade pluvial. Instabilidade das lavouras de sequeiro. Produção agrícola. Agricultura de sequeiro.

ABSTRACT

Most of the Brazilian Semiarid region is located in the Northeast region of the country, with Ceará the state that holds the largest relative area inserted in this ecosystem, representing approximately 95% of its territory, besides having the largest number of municipalities inserted in areas susceptible to desertification in Brazil. The instability of rainfall is one of the main characteristics of the Semiarid region, with irregular rains and long periods of drought, constituting one of the main adversities faced by those who live in this region, especially by those who carry out agricultural activities on dry land crops, because they depend practically on rainfall for their development. From these considerations, it is assumed that there should be interactions between rainfall irregularities and the variables that define the technical and economic results of the land-salt productions in the Semiarid state of Ceará. For these reasons, the research tries to answer the following question: How do rainfall instability interact with the defining variables of the production of the food crops studied in the eight (8) climatic regions classified by FUNCEME? From this perspective, the present work has as general objective to evaluate the instabilities of rainfall in the municipalities of Ceará, with consequences for the eight (8) climatic regions, demonstrating how these instability affects the defining variables of bean, cassava and corn production, main crops cultivated under the drier plantation regime, between the years 1974 and 2019. Specifically, the study seeks: a) identify probable rainfall distribution patterns in the municipalities of Ceará and in the eight (8) climatic regions defined by FUNCEME for Ceará in the period from 1974 to 2019, comparing them with what happened in the state between 1947 and 2019; b) to measure the levels of rainfall instability estimated in the period from 1974 to 2019 for the municipalities of Ceará and for the eight (8) climatic regions defined by FUNCEME for Ceará; c) to measure the interactions between rainfall instability and the production of beans, cassava and corn in the climatic periods and in the regions of Ceará between 1974 and 2019; and d) to evaluate how the climatic regions of the State of Ceará behave in relation to the interactions between rainfall instabilities and the production of beans, cassava and corn between 1974 and 2019. Secondary rainfall data released by the Cearense Foundation for Meteorology and Water Resources (FUNCEME) are used, as well as information from the Municipal Agricultural Survey (PAM), published by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The annual averages and coefficients of variation (CV) of rainfall, yields and production values per hectare of bean, cassava and corn crops between 1974 and 2019 are computed. The variables associated with agricultural production are aggregated through weighted means and the estimated weights by means of the factor analysis method with decomposition into main components. It is tested whether there is statistical difference between rainfall, yields and production values per hectare aggregated beans, cassava and corn of each region using regression analysis, as well as dummies variables to distinguish the regions. The Crop Instability Index (INSL) and the Rainfall Index (INC) are created and the interaction between them is evaluated through regression analysis. The results confirm the hypothesis that there are interactions between rainfall instability and the variables that define the technical and economic results of the production of sealand crops in the Semiarid state of Ceará. The high instability in the distribution of rainfall in Ceará over the years studied is confirmed. It was shown that it is possible to transfer to the period from 1974 to 2019 the classification of rainfall in periods of drought, normality and rainy season, confirming that rainfall instability is higher in the years that presented rainfall levels characterized as dry years. In addition, the results show that there is greater instability in the production of dryland crops during the rainy season in the state. It appears that the production of land-based crops in Ceará experiences great instability due to their practically total dependence on the rainfall regime. The general conclusion of the research is that there are synergies between rainfall, productivity and production values per hectare of land-based crops. It is also concluded, as were the expectations, that rainfall and variables that define technical aspects (productivity) and economic aspects (production value per hectare) of beans, cassava and corn present joint movement in the same

direction and directions. In periods of lower rainfall, the variables associated with production present lower values, in the years of better rainfall, the opposite happens. It was observed that this synergy is not restricted only to productions, but to their instabilities. Thus, rainfall instabilities radiate to the variables associated with bean, cassava and corn production in the State of Ceará between 1974 and 2019.

Keywords: Ceará semiarid. Rainfall instability. Instability of the land-based crops. Agricultural production. Land-based agriculture.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Definição dos tipos de clima de acordo com o Índice de Aridez em termos de percentuais da precipitação de chuvas (PC) e a Evapotranspiração potencial (EP)	34
Quadro 2	Total de municípios nos estados que tem semiárido reconhecido oficialmente e participação relativa dos municípios do semiárido nos totais dos municípios dos estados	37
Quadro 3	Regiões do Ceará de acordo com a FUNCEME com os totais de municípios e as quantidades estudadas nesta pesquisa	78
Quadro 4	Variáveis utilizadas na pesquisa	79
Quadro 5	Módulos testados para a classificação da pluviometria no Ceará, bem como os limites encontrados para cada período entre os anos de 1947 e 2019	81
Quadro 6	Classificação do CV de acordo com sua amplitude	82
Quadro 7	Estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Áreas de ocorrência de clima semiárido no mundo	33
Figura 2	Nova delimitação do semiárido brasileiro	38
Figura 3	Delimitação do semiárido cearense	44
Figura 4	Mapa de classificação climática do Ceará segundo o Índice de Aridez	45
Figura 5	Área de incidência de secas no Nordeste	47
Figura 6	Núcleos de desertificação no Nordeste	54
Figura 7	Municípios suscetíveis à desertificação no estado do Ceará	55
Figura 8	Regiões climáticas do Ceará	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estimativas das médias, frequências absolutas (FA) e frequências relativas (FR) dos anos de ocorrências dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas regiões e no Estado do Ceará no período de 1974 a 2019	95
Tabela 2	Estimativas dos CV dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas regiões e no Estado do Ceará no período de 1974 a 2019	98
Tabela 3	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses estudados entre 1974 e 2019	99
Tabela 4	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Cariri entre 1974 e 2019	100
Tabela 5	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática da Ibiapaba entre 1974 e 2019	100
Tabela 6	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática da Jaguaribana entre 1974 e 2019	100
Tabela 7	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral de Fortaleza entre 1974 e 2019	101
Tabela 8	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral do Pecém entre 1974 e 2019	101
Tabela 9	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral Norte entre 1974 e 2019	101
Tabela 10	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Maciço de Baturité entre 1974 e 2019	102
Tabela 11	Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019	102
Tabela 12	Pluviometria, produtividade (Kg/ha) e valor da produção por hectare (R\$/ha) agregados de feijão, mandioca e milho no Ceará no período de 1974 a 2019	103
Tabela 13	Médias e coeficientes de variação (CV) para os INPR de cada uma das regiões climáticas estimados para o período de 1974 a 2019	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise Fatorial
ASD	Áreas Suscetíveis à Desertificação
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CV	Coefficiente de Variação
DCP	Decomposição em Componentes Principais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DP	Desvio Padrão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FA	Frequências Absolutas
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FR	Frequências Relativas
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IA	Índice de Aridez
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPR	Índice de Produtividade
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Nordeste do Brasil: uma enorme região heterogênea	21
2.1.1	Os Nordeste, segundo Manoel Correia de Andrade.....	24
2.1.2	Vulnerabilidade e Resiliência no Nordeste brasileiro	26
2.2	Semiárido: características e heterogeneidades	33
2.2.1	Biomassas que fazem parte do semiárido.....	38
2.3	Semiárido no Nordeste brasileiro.....	42
2.3.1	Ceará: características e semiárido.....	43
2.4	Secas no Nordeste	46
2.5	Desertificação	51
2.6	Agricultura familiar	56
2.7	Relação entre instabilidade climática e agricultura de sequeiro no semiárido cearense.....	60
2.8	Agricultura de sequeiro no Estado do Ceará.....	65
2.8.1	Lavoura de Feijão	67
2.8.2	Lavoura de Mandioca	68
2.8.3	Lavoura do Milho	70
3	METODOLOGIA	72
3.1	Delimitação da área de estudo	72
3.2	Base de dados	79
3.3	Método de análise	81
3.3.1	Metodologia utilizada para alcançar o primeiro objetivo específico.....	81
3.3.2	Metodologia utilizada para alcançar o segundo objetivo específico	82
3.3.3	Metodologia utilizada para alcançar o terceiro objetivo específico	83
3.3.3.1	<i>Análise fatorial e método de extração de decomposição por componentes principais</i>	83
3.3.4	Metodologia utilizada para alcançar o quarto objetivo específico	90
4	RESULTADOS	92
5	CONCLUSÃO.....	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	ANEXO - REGIÕES CLIMÁTICAS CEARENSES E OS RESPECTIVOS MUNICÍPIOS UTILIZADOS NO ESTUDO.....	121
	APÊNDICES	122
	APÊNDICE A - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DOS 139 MUNICÍPIOS CEARENSES NO PERÍODO DE 1974 A 2019	122

APÊNDICE B - ANOS DE OCORRÊNCIA, MÉDIAS E CV DAS PLUVIOMETRIAS NOS 139 MUNICÍPIOS CEARENSES DE ACORDO COM OS PERÍODOS EM QUE FORAM CLASSIFICADOS NA PESQUISA.....	125
APÊNDICE C - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE FATORIAL PARA A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE (INPR).....	128
APÊNDICE D - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR COM VARIÁVEIS DUMMIES PARA AVALIAR AS DIFERENÇAS ENTRE O INPR DE CADA REGIÃO DO CEARÁ	131

1 INTRODUÇÃO

O semiárido do Brasil alcança todos os nove (9) estados do Nordeste e parte do estado de Minas Gerais. O Ceará é o estado brasileiro que detém a maior área relativa inserida no semiárido, em que se constata dificuldades do exercício de atividades agrícolas tanto na produção vegetal como animal, que são impostas pela irregularidade temporal e espacial das chuvas e pelas elevadas taxas de evapotranspiração do semiárido, que prevalece em praticamente todo o seu território (IPECE, 2018).

No semiárido brasileiro de um modo geral, e no Ceará, especificamente, prevalecem atividades agrícolas que dependem exclusivamente das precipitações de chuvas, são as lavouras de sequeiro que têm bastante relevância para a agricultura local, tanto na formatação da renda das famílias rurais como na geração de segurança alimentar. No Ceará, não é comum o uso de tecnologias que fomentam maiores produtividades como irrigação, mecanização e o uso de sementes geneticamente melhoradas na produção de lavouras em regime de sequeiro. Estes fatos fazem com que a agricultura cearense tenha dificuldades na sua condução e de ser atividade sustentável: econômica, social e ambientalmente (ROSENZWEIG E HILLEL, 2005; THORNTON *et al*, 2008; PEREIRA, 2018).

A instabilidade pluvial em virtude da escassez cíclica de chuvas se constitui em importante definidor da produção agrícola do estado do Ceará, afetando sobretudo as culturas praticadas pelos agricultores familiares. Assim, são dependentes das oscilações e do volume de chuvas. Portanto, a instabilidade pluviométrica, que tão bem caracteriza o semiárido nordestino, é um fenômeno que está diretamente relacionado ao déficit de produção das lavouras de sequeiro, como as de feijão, mandioca e milho, culturas alimentares praticadas, majoritariamente, por agricultores familiares e que representam as principais atividades na produção agrícola regional (LEMOS *et al*, 2016).

Ressalta-se que a precipitação pluvial e a temperatura do ar são fatores exógenos, fora do alcance das decisões dos agricultores que afetam as atividades agrícolas, sobretudo as de sequeiro. As alterações do clima, quando traduzidas em forma de secas, podem levar a crises com grandes potenciais catastróficos, sendo os mais vulneráveis os agricultores que cultivam as lavouras de sequeiro no semiárido.

As condições agressivas do clima semiárido, caracterizado por apresentar chuvas concentradas, no geral, nos primeiros três a quatro meses do ano e, com um conseqüente longo período com estiagem, com umidade relativa do ar sempre baixa, dificultam as práticas

agrícolas, sobretudo quando exercidas sem o uso de tecnologias adequadas. Além disso, o estado do Ceará não é homogêneo de um ponto de vista de revestimento florístico, relevo, condições de solo e de clima. Há diferenças, sobretudo, nas precipitações pluviométricas nas diferentes partes do estado. Tanto que a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) promoveu uma regionalização do estado classificando-o em oito (8) regiões climáticas.

Em razão desse quadro, imaginou-se avaliar como se comportam, nessas regiões climáticas, as variáveis definidoras da produção das lavouras que são majoritariamente cultivadas pelos agricultores familiares do Ceará. O estudo se justifica porque os seus resultados podem ajudar agricultores nos momentos em que formatam os planejamentos para as suas produções futuras dessas lavouras. Também pode ser útil para ajudar os agentes de políticas públicas que podem utilizar os resultados para promoverem intervenções de assistência técnica, extensão e fomento agrícola com planejamento ancorado em bases técnicas e científicas.

Feitas essas considerações, a suposição norteadora do trabalho é que deve haver interações ou sinergias entre as instabilidades pluviométricas e as variáveis que definem os resultados técnicos e econômicos das produções de lavouras de sequeiro no semiárido cearense. Por essas razões, a pesquisa tenta responder ao seguinte questionamento: Como interagem as instabilidades pluviométricas com as variáveis definidoras da produção das lavouras alimentares de sequeiro estudadas nas oito (8) regiões climáticas classificadas pela FUNCEME?

Para responder essa questão, a pesquisa tem como objetivo geral avaliar as instabilidades da precipitação pluvial dos municípios cearenses, com desdobramentos para as oito (8) regiões climáticas em que a FUNCEME classificou o estado, demonstrando como essas instabilidades afetam as variáveis definidoras das produções de feijão, mandioca e milho, principais lavouras cultivadas por agricultores familiares cearenses em regime de sequeiro, entre os anos de 1974 e 2019.

De maneira específica o estudo busca:

- a) identificar prováveis padrões de distribuição de chuvas nos municípios cearenses e nas oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará no período de 1974 a 2019, comparando-os com o que aconteceu no estado entre 1947 e 2019;
- b) aferir os níveis de instabilidade pluviométrica estimados no período de 1974 a 2019 para os municípios cearenses e para as oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará;

- c) aferir as interações existentes entre as instabilidades de chuvas e a produção de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos e nas regiões climáticas cearenses entre os anos de 1974 e 2019; e
- d) avaliar como se comportam as oito (8) regiões climáticas em que a FUNCEME classificou o estado do Ceará em relação às interações entre as instabilidades pluviométricas e a produção de feijão, mandioca e milho entre 1974 e 2019.

Este trabalho está escalonado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção situa-se a fundamentação teórica para o presente estudo. Na terceira seção está apresentada a metodologia, bem como as fontes dos dados que foram utilizados para a sua concretização. Na quarta seção mostram-se e se discutem os resultados para, finalmente, na quinta seção serem apresentadas as considerações finais da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão discutidos os conceitos e definições que ancoram a base empírica desta pesquisa. São discutidas características do Nordeste, em geral, e do semiárido, em especial, as heterogeneidades e os contrastes que acontecem na região, uma breve retrospectiva histórica e os fundamentos que nortearam as tentativas de reduzir as diferenças regionais no Brasil, que sempre deixaram a região em posição de desvantagem em padrões de desenvolvimento em relação às demais regiões brasileiras.

2.1 Nordeste do Brasil: uma enorme região heterogênea

O Nordeste brasileiro é constituído de nove (9) estados, a saber: Maranhão, Bahia, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Possui uma área de 1.554.257 km², o que representa 18,2% do território brasileiro. A população total da região era de 53.081.950 (28% da população brasileira) em 2010, dos quais 38.823.690 (73%) estavam nas zonas urbanas (IBGE, 2010).

De acordo com Ab'Sáber (2003), os fatos que respondem pela originalidade fisiográfica, ecológica e social dessa Região são vários, o que é paradoxal em relação aos demais tipos de espaços geográficos do mundo subdesenvolvido. O grau de diferenciação de seus espaços econômicos e sociais é inegavelmente baixo. Por outro lado, é uma região sob intervenção, onde o planejamento estatal define projetos e incentivos econômicos de alcance desigual, mediante programas incompletos e desintegrados de desenvolvimento regional. E, por fim, revela o caráter híbrido de seu perfil socioeconômico atual, combinando arcaísmos generalizados com importantes elementos pontuais de modernização, tais como um bom sistema de rodovias asfaltadas que garante as ligações intra e interregionais, bem como uma rede de açudes, com diferentes possibilidades de acumulação e de fornecimento de água para áreas irrigáveis de planícies de inundação. Dentre os polos de irrigação, destaca-se a extraordinária área de irrigação de Petrolina (Pernambuco) e Juazeiro (Bahia), no médio vale inferior do São Francisco.

Lemos (2020) afirma que o Nordeste brasileiro se encontra em uma área de clima semiárido, com altas temperaturas, baixa nebulosidade, distribuição irregular das chuvas durante o ano e apenas duas estações bem definidas, uma seca com períodos prolongados e uma com chuvas reduzidas, sendo assim toda a área sujeita a longos períodos de seca. Devido a todas

essas condições, essa área foi delimitada pelo Conselho Nacional de Geografia em 1949 e denominada de “Polígono das Secas”.

Em 1958, no Governo de Juscelino Kubitschek, foi criado o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), liderado por Celso Furtado. O Grupo constatou que no Nordeste poderia haver alguns oásis de prosperidade econômica, embora isso não se traduza, necessariamente, em avanços na qualidade de vida da população. O documento feito pelo Grupo e intitulado “Uma Política de Desenvolvimento Econômico para o Nordeste” apresentou uma análise dos principais problemas da região.

Resumidamente, o GTDN (1967) indicou um diagnóstico para as causas das desigualdades regionais, principalmente entre Nordeste e Sudeste-Sul, dentre elas: a qualidade da força de trabalho e a dotação de recursos naturais, de capital, de tecnologia e de infraestrutura produtiva. Além disso, destacava a baixa taxa de crescimento do PIB do Nordeste, políticas equivocadas que não consideraram as disparidades regionais, implantação de políticas federais com caráter assistencialista, sistema tributário regressivo que penaliza as camadas de rendas mais baixas, exportação predominante de produtos primários, economia baseada em pecuária extensiva e em agricultura de subsistência de baixa produtividade, e combate aos efeitos das secas, que se constituíram em medidas improvisadas, voluntaristas, de curto prazo e assistencialistas, em que, mesmo com a construção de grandes açudes, não foi possível mudar o cenário de pobreza e de escassez hídrica que caracteriza a região. Ademais, foi elaborado um Plano de Ação com um conjunto de recomendações que visava solucionar os problemas, objetivando melhorar a situação da região e fazê-la se desenvolver mais intensamente.

O oásis de prosperidade econômica a que o documento se referia deu-se de fato. Amaral Filho (2010) mostra que entre 2003 e 2006 a taxa de crescimento do PIB do Nordeste foi de 3,4% ao ano, enquanto o Brasil registrava 2,7%. Naquele mesmo período, a região apresentou taxa acumulada de crescimento de 18,25% contra 14,1% observada para o Brasil. O Nordeste não conta mais com os tradicionais sistemas produtivos primários exportadores, mas, no lugar desses, em geografias diferentes, estão os polos produtores de frutas, algodão e soja e, mais recentemente, alguns polos industriais, sobretudo de produção de calçados.

Alguns desses pontos de prosperidade passaram a ser observados a partir dos anos noventa do século XX, em que algumas partes do Nordeste experimentaram modificações importantes na estrutura de produção rural. Uma dessas mudanças deu-se com a expansão da fronteira agrícola brasileira, através do complexo agroindustrial da soja, que já havia ocupado, com sucesso, áreas do Centro-Oeste nos anos 1970 e 1980 do século passado. Esse complexo

chegou à Região Norte, nos estados do Amazonas, Rondônia e Tocantins, e no Nordeste, no Maranhão, Piauí e Bahia. Devido à relevância quantitativa dessa inserção, a região da fronteira dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, e Bahia recebeu a denominação de MATOPIBA, acrônimo formado com as duas letras iniciais dos estados que estão reunidos naquela próspera região (LEMOS, 2020).

Os principais motivos para a expansão da soja nessas regiões foram: os incentivos fiscais, o Programa de Cooperação para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER), a inserção de empresas que produzem e processam grãos e carnes, o baixo valor das terras, que são planas, favorecendo uma agricultura mecanizada, a ocupação de produtores vindos das Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do país, com bom nível econômico e alta tecnologia, além de tecnologias desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para exploração nessas áreas, com resultados econômicos promissores (ESPÍNDOLA E CUNHA, 2015).

Porém, por ser a região mais carente do Brasil, o Nordeste ainda depende da produção agrícola, na maioria voltada para produzir a segurança alimentar das famílias. Essa produção é afetada por dificuldades associadas ao clima, à estrutura fundiária, bem como pela degradação dos recursos naturais e do ambiente, causada pela ação climática e antrópica. Esta última através de práticas agrícolas nocivas, tanto por parte dos agricultores familiares como dos grandes empresários rurais, com diferentes motivações.

Os agricultores familiares nordestinos, no geral, sem assistência técnica, ou com assistência técnica deficiente, que os inviabilizam no acesso a tecnologias mais adequadas e adaptadas às condições da região, degradam as suas áreas devido à prática de limpeza do solo que, geralmente, é feita através das queimadas. Além disso, esses agricultores, em grande maioria, sobrevivem em áreas de tamanho reduzido que não lhes viabilizam a sustentação de atividades que possibilitem a segurança alimentar e a produção de excedentes que possam ser comercializados e, assim, gerar renda para suprir as demais necessidades das famílias, tornando-os vulneráveis à insegurança alimentar e à renda (LEMOS, 2020).

Lemos (2020) ainda ressalta que o crescimento populacional e o decréscimo da produção agrícola, provocada pela ocorrência de secas ou pelas tecnologias rudimentares adotadas, permitem a redução do tamanho das áreas disponíveis para o plantio. Esses fatos em sinergia promovem uma elevação nos níveis de pobreza que, não raro, se transformam no êxodo rural. As oscilações climáticas sistemáticas obrigam as populações mais carentes dessa região a emigrar. Este fato faz com que a população do Nordeste apresente as maiores taxas de

emigração dentre as regiões brasileiras. Um tipo de emigrante com baixa qualificação, o que dificulta a sua inserção como força de trabalho nos centros urbanos para onde migraram.

2.1.1 Os Nordeste, segundo Manoel Correia de Andrade

Devido a vastidão do território nordestino, e com base nos aspectos de revestimento, clima, solo e cobertura vegetal, Andrade (1973) identificou quatro sub-regiões no Nordeste Brasileiro ou quatro “Nordestes”: Meio-Norte, Zona da Mata, Sertão e Agreste. Essa classificação indica que a região está sujeita a um conjunto de fatores dentre os quais se destacam os meios físicos, constituído da estrutura geológica, relevo, clima e hidrografia; o meio biológico, que se constitui de vegetação e fauna nativas; e à organização social dada ao espaço ocupado pela população.

De acordo com Andrade (1973), o Meio-Norte abrange os estados do Maranhão e grande parte do Noroeste do Piauí, nos quais predominam os ambientes de cerrados e a floresta de cocais. Trata-se de uma zona de transição entre a Amazônia e o Nordeste seco. Nessa sub-região estão as capitais do Maranhão (São Luís) e do Piauí (Teresina).

No oeste do Piauí são encontrados trechos com prevalência da caatinga. O principal rio que o atravessa e o separa do Maranhão é o Parnaíba, tendo como principais afluentes os rios Gurgueia, Piauí e Poti, que são temporários. Nessa parte do Piauí há um contingente populacional com os maiores níveis de pobreza do Brasil. As atividades econômicas predominantes são o extrativismo e agricultura familiar realizada por pequenos agricultores.

O estado do Maranhão é a parte do Nordeste que apresenta os melhores níveis de pluviometria e que tem as mais pujantes e perenes bacias hidrográficas da região. Segundo a UEMA (2016), no lado Maranhense predomina a maior dotação de riqueza em recursos hídricos. São nove (9) bacias hidrográficas perenes sob o domínio do estado cobrindo uma área de 216.034,34 km². Além dessas, existem mais três (3) bacias hidrográficas perenes de domínio Federal atravessando uma área de 115.948,95 km² da superfície do Maranhão.

Porém, o Leste maranhense, que faz parte do Meio-Norte, possui característica climática de semiárido, com baixos níveis de precipitação pluviométrica e elevado nível de evapotranspiração potencial (UEMA, 2016).

Predominam no estado os cultivos de arroz, feijão, mandioca e milho, com uma relevante participação da pecuária extensiva. Agricultura e criação são praticadas com tecnologias primitivas, sem assistência técnica, com praticamente ausência de renda monetária.

Andrade (1973) afirma que a Zona da Mata também é conhecida como Litoral Oriental; está situada numa faixa litorânea que se estende do Rio Grande do Norte ao Sul da Bahia, em que está concentrada a maior densidade populacional do Nordeste. Estão nessa sub-região as capitais dos estados do Nordeste, excetuando-se as do Maranhão, Piauí e Ceará. O clima é tropical e úmido, com regime pluviométrico dividido em período chuvoso e seco. Os solos são mais férteis do que a média da região, provavelmente em decorrência de uma regularidade das chuvas em relação ao que acontece nas demais sub-regiões em que ele dividiu o Nordeste.

A vegetação natural dessa sub-região é o que restou da mata Atlântica, em processo acelerado de devastação. O cultivo da cana-de-açúcar é a principal atividade econômica. Outras atividades praticadas são: extração e refino de petróleo, cultivo de cacau, café, frutas, fumo, agricultura familiar produtora de alimentos e uma significativa industrialização. Também se destaca a produção de sal marinho, sobretudo no Rio Grande do Norte. Além disso, possui um elevado potencial turístico.

O Sertão, também conhecido como Polígono das Secas, é uma extensa área de clima semiárido onde prevalecem temperaturas elevadas em todos os meses do ano, com clima seco e sujeito a intermitência espacial e temporal de pluviosidade, sendo a seca uma realidade recorrente (ANDRADE, 1973). Secas que destroem a vegetação nativa, dificultando o cultivo de lavouras e a criação de animais, além de permitir a emigração desordenada das famílias sertanejas. O Sertão começa no leste do Piauí e se estende em todos os demais estados do Nordeste, excetuando-se o Maranhão. Está nessa sub-região a capital do Ceará, Fortaleza.

No Sertão estão as áreas sujeitas ao processo de desertificação, com períodos sistemáticos de escassez hídrica. Também se encontram algumas das atividades agrícolas que utilizam as tecnologias mais elementares de cultivo. Envolvem a produção de lavouras alimentares com tecnologias arcaicas e de baixa produtividade, produzindo segurança alimentar com bastante dificuldade, e se trata também de agricultura pouco monetizada. A região é vulnerável à ocorrência de secas, sendo que a segurança alimentar fica bastante comprometida nos anos de estiagem. No sertão também é praticada a pecuária extensiva. Apesar das dificuldades, a paisagem da região é bonita e pode ser uma importante fonte de renda sob a forma de atração turística, que ainda não é adequada e suficientemente explorada.

A Bacia do Rio São Francisco é a maior da região e, praticamente, constitui-se na única fonte perene de água para os sertanejos ribeirinhos. Sobre o curso desse rio é que está situada a hidrelétrica de Sobradinho, na Bahia. Além disso, suas águas são aproveitadas para fazer a irrigação de atividades de fruticultura, principalmente. Paradoxalmente, no Sertão estão

algumas das atividades mais rentáveis de fruticulturas, que são praticadas com tecnologias avançadas utilizando irrigação e práticas modernas nos perímetros irrigados de Juazeiro e Petrolina. Também se desenvolvem projetos bem-sucedidos de floricultura, tendo o Ceará um bom desempenho nesta área (LEMOS, 2020).

O Agreste situa-se entre a Zona da Mata e o Sertão, é uma zona de transição climática que exhibe trechos com umidade (Zona da Mata) e outros secos (Sertão). É formada pelos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. A pecuária extensiva de corte é uma importante atividade econômica, e nas áreas com maior umidade se pratica a pecuária leiteira. Também predominam as lavouras alimentares de feijão, mandioca e milho, e se cultiva café, sisal e algodão herbáceo.

2.1.2 Vulnerabilidade e Resiliência no Nordeste brasileiro

De acordo com *Human Development Report* (HDR) (2014), a vulnerabilidade como conceito pode parecer excessivamente ampla e abstrata. Afinal, a maioria das sociedades, em diferentes níveis de desenvolvimento, é vulnerável de várias maneiras a eventos e circunstâncias adversas, os quais nem todos podem ser previstos ou prevenidos. As fraquezas econômicas minam o contrato social, mesmo nas sociedades industrializadas avançadas, e nenhum país ou comunidade, em qualquer lugar, é imune aos efeitos, a longo prazo, das mudanças climáticas.

Ainda de acordo com o relatório, em princípio, todos estão vulneráveis a algum evento ou circunstância adversa; mas algumas pessoas são mais vulneráveis que outras. Uma maneira de identificar grupos vulneráveis a choques ou eventos adversos é pensar em limites, e isso também permite algum grau de medição. As pessoas são vulneráveis à pobreza se estiverem “abaixo ou sob risco de cair abaixo de um certo limiar minimamente aceitável de escolhas críticas em várias dimensões como saúde, educação, recursos materiais e segurança”. É provável que esses limites variem de acordo com o nível de desenvolvimento. Assim, pobreza e vulnerabilidade estão ligadas, multidimensionalmente e, às vezes, mutuamente (HDR, 2014).

Embora a vulnerabilidade seja geralmente um aspecto importante de ser pobre, ser rico não é o mesmo que não ser vulnerável. Tanto a pobreza quanto a vulnerabilidade são dinâmicas. Os ricos podem não estar vulneráveis o tempo todo ou durante toda a vida, assim como alguns dos pobres podem não permanecer pobres o tempo todo. Mas os pobres são inerentemente vulneráveis porque não possuem recursos essenciais suficientes para exercer sua vida em

plenitude com um mínimo de dignidade. Eles sofrem de muitas privações, pois não apenas carecem de ativos materiais adequados, mas tendem a ter educação e saúde precárias e a sofrer deficiências em outras áreas. Da mesma forma, seu acesso aos sistemas de justiça pode ser restrito. Eles tendem a ser intrinsecamente vulneráveis (HDR, 2014).

As vulnerabilidades podem estar associadas a uma variedade de riscos diferentes, o que inclui riscos climáticos e não climáticos. A seguir são dadas algumas abordagens distintas de vulnerabilidades.

A vulnerabilidade social é determinada por fatores como pobreza e desigualdade, marginalização, direito à segurança alimentar e qualidade da moradia. Esse tipo de vulnerabilidade tem sido o foco principal dos projetos de pesquisa de campo e mapeamento, que geralmente se preocupam em identificar os membros mais vulneráveis da sociedade e em examinar variações na vulnerabilidade entre ou dentro de unidades geográficas que podem apresentar riscos semelhantes. Nesta formulação, é a interação do perigo com a vulnerabilidade social que produz um resultado, geralmente medido em termos de dano físico ou econômico ou mortalidade e morbidade humana (BROOKS, 2003).

Além da vulnerabilidade social, as vulnerabilidades políticas e institucionais são abordadas pelo Comitê Econômico para a América Latina e o Caribe (CEPAL) e pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Nesse contexto, vulnerabilidade institucional é definida como a probabilidade de uma comunidade ser exposta a um risco natural, dado o grau de fragilidade dos seus elementos (infraestrutura, moradia, atividades produtivas, organização, sistemas de alerta, desenvolvimento político e institucional) de sofrer danos humanos e materiais. Vulnerabilidade política é entendida em termos de fraqueza do sistema democrático, com seus efeitos negativos sobre a eficiência das políticas públicas, legitimidade da ação do governo, participação limitada dos cidadãos, setor privado nos países, ligação com governos locais e organizações civis, tratamento e gerenciamento de emergências, processamento de demandas, necessidades dos cidadãos e capacidade de atendê-las (PIZARRO, 2001).

Os pesquisadores que se concentram na pobreza relacionam a vulnerabilidade à probabilidade de uma pessoa ou família ficar abaixo de uma norma socialmente aceita como a linha da pobreza. Declarada dessa maneira, a vulnerabilidade é referida em relação a um parâmetro de referência, como o nível de pobreza em uma determinada comunidade, e está relacionada à exposição a fatores externos, como choques e tensões.

Vulnerabilidade pode ser definida como a probabilidade de um declínio agudo no acesso a alimentos ou consumo, frequentemente em referência a algum valor crítico que define níveis

mínimos de bem-estar. Assim, o fenômeno é resultado da combinação de exposição a riscos naturais, processos econômicos como flutuações de preços, processos sociais como agitação civil e processos similares que reduzem a capacidade das populações de lidar com esses perigos. Nessa abordagem, as incapacidades de enfrentamento não são vistas como parte da vulnerabilidade, mas como uma de suas causas (FAO, 2011).

Na comunidade ambiental, o ambiente é percebido como vulnerável em relação a eventos naturais extremos e à ação humana. Nesse contexto, vulnerabilidade refere-se à extensão em que o ambiente está propenso a danos ou degradação. Os danos podem se referir à perda de diversidade, qualidade e função dos ecossistemas. O Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2001) descreve a vulnerabilidade como o grau em que um sistema é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas. Trata-se de uma função do caráter, magnitude e taxa de variação climática a que o sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação. Essa definição considera o perigo e a exposição como alguns de seus principais componentes.

De acordo com Cardona (2004), a vulnerabilidade envolve a predisposição de um elemento, sistema ou comunidade de ser afetada ou suscetível a danos. Para a autora, a vulnerabilidade se origina como consequência de três fatores:

- a) fragilidade física: ligada à suscetibilidade de assentamentos humanos a serem afetados por fenômenos sociais devido à sua localização em uma área sujeita a riscos;
- b) fragilidade socioeconômica: ligada à predisposição de sofrer danos devido à marginalização, segregação em assentamentos humanos, pobreza e fatores similares; e
- c) falta de resiliência: relacionada às limitações de acesso, mobilização de recursos e incapacidade de responder quando se trata de absorver o impacto de um desastre. Pode estar relacionado ao subdesenvolvimento e à falta de estratégias de gerenciamento de riscos.

Como esses fatores afetam diretamente a população mais pobre, acredita-se que estes são os mais afetados pela vulnerabilidade, sendo a população mais rica a menos atingida. Dessa forma, as vulnerabilidades não atingem de forma equitativa ricos e pobres.

A Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ) (2004) afirma que a vulnerabilidade é um fator dependente de risco causado por três fatores amplos e recíprocos: fatores institucionais políticos associados à legislação, como a falta de regulamento planejado para uso do solo, subdesenvolvimento do sistema democrático, falta de coordenação entre instituições governamentais e corrupção; fatores econômicos, como a falta de recursos para implementar medidas preventivas, pobreza, dependência econômica e negligência do impacto de desastres

nas atividades econômicas; e fatores socioculturais, como falta de educação, tradições relacionadas ao uso e gestão e deficiências nas redes sociais para negociar interesses concorrentes em busca de maiores níveis de bem-estar geral.

Em concordância com a referida agência alemã, no semiárido brasileiro a vulnerabilidade precisa ser entendida em um amplo contexto que abrange muitos setores. Nessa região, além dos fatores mencionados, a vulnerabilidade é gerada também através de vários processos sociais, como questões de classe, pobreza e relações de poder, que levam a uma exposição desigual ao risco.

Dessa forma, o semiárido do Brasil está sujeito a vários tipos de vulnerabilidades devido ao alto nível de perda ou danos a população residente e ao meio ambiente em que estão inseridos, sendo que a vulnerabilidade às variações climáticas constitui um grave problema. Além dos aspectos climáticos, a perda dos recursos hídricos, erosão do solo, e a degradação geral dos recursos nesse ecossistema dificultam ainda mais a situação da população que vive nessa área, deixando-os mais vulneráveis e impactando a resiliência da produção agrícola e das famílias que dependem dessa produção para sobreviver.

As vulnerabilidades associadas às atividades econômicas no semiárido do Brasil se potencializam devido à instabilidade climática, mas os impactos causados pela instabilidade que afeta a todos que estão neste ambiente não se manifesta de forma homogênea sobre todos os segmentos populacionais, sendo que os mais carentes são os mais afetados, pois estão em situação de maior vulnerabilidade.

Segundo CGEE (2016), existem algumas particularidades que exacerbam a vulnerabilidade ambiental à degradação das terras e desertificação no semiárido brasileiro, incluindo: clima semiárido a subúmido seco, com secas recorrentes; regime pluviométrico irregular temporal e espacialmente; altas taxas de evaporação e evapotranspiração; solos rasos, altamente suscetíveis à erosão; limitação da capacidade de infiltração, de retenção de umidade e de reserva de água no solo; retirada da cobertura vegetal para a prática de atividades não compatíveis com a capacidade de suporte da terra; exploração inadequada dos recursos hídricos, motivando contaminação das águas, salinização e esgotamento do potencial hidrogeológico, já bastante comprometido; degradação dos solos e da vegetação; e descompasso progressivo entre a capacidade produtiva dos recursos naturais e a capacidade de resiliência dos sistemas ambientais.

A vulnerabilidade pode ser entendida como o risco de uma região ver seu crescimento econômico e sua taxa de desenvolvimento abrandando de maneira durável por meio de choques

exógenos, independentemente de sua vontade. No Nordeste, as vulnerabilidades climáticas estão associadas às instabilidades pluviométricas, relacionadas às elevadas temperaturas, qualidade do solo, revestimento florístico e outros aspectos geofísicos. Embora possam ser aceleradas pela ação humana, em boa parte devido à pobreza, esse tipo de vulnerabilidade tem como ponto de partida a ocorrência de fenômenos naturais adversos (CROWARDS, 2000).

Lemos (2020) define três fatores como responsáveis pela degradação dos recursos naturais e, assim, pela vulnerabilidade ambiental do Nordeste. São eles:

a) o elevado grau de concentração da terra, induzindo a concentração de excedentes populacionais sobre pequenos estabelecimentos de onde as famílias tentam extrair alguma produção. Esse fato causa uma super-exploração do solo, degradando-o. Nos grandes estabelecimentos, por sua vez, a cobertura vegetal é substituída por pastagens ou por imensas áreas de monoculturas, tornando-as vulneráveis ao arraste da camada fértil do solo e a erosões;

b) a sistemática ocorrência de secas, sobretudo na faixa do semiárido que ocupa mais da metade do território regional. A região recebe um pequeno volume de chuvas, ainda que este não seja o problema mais relevante, tendo em vista que se sabe da existência de tecnologias que podem ser utilizadas para superar as dificuldades associadas à escassez pluviométrica; e

c) o desflorestamento e a destruição da cobertura vegetal, por várias e diferentes razões, a principal delas está associada à matriz energética. O material retirado da cobertura vegetal é ancorado no uso de lenha ou carvão, utilizados nas serrarias, madeireiras, olarias, e se constitui numa das principais fontes de energia nas zonas urbanas e rurais. Esse tipo de matriz energética predominante no semiárido devasta a vegetação natural da caatinga, com evidentes prejuízos para a flora e a fauna nativa, além de favorecer a erosão dos solos. As populações pobres dessas áreas dependem dos recursos naturais para a subsistência e, diante das necessidades fisiológicas básicas, extraem de um ambiente que já é frágil. Assim, a caatinga é fortemente atingida pela extração desordenada de seus recursos e essas ações se agravam, na medida em que se sabe que ainda não existe disseminada uma prática de recomposição da paisagem, tampouco há recursos disponibilizados para fazer reflorestamento.

O resultado da relação entre a ação do homem e os frágeis ecossistemas que prevalecem na Região Nordeste é o desgaste dos recursos naturais. A degradação do meio ambiente reduz a disponibilidade de ativos produtivos através de um conjunto de processos que atua sobre os recursos naturais. Esses processos incluem erosões provocadas pela água (chuvas torrenciais) ou pelos ventos, redução da diversidade da vegetação natural e da fauna e queda na produtividade da terra. Esses impactos podem ter a colaboração da ação antrópica através da

agricultura predatória, incorporação de terras marginais ao processo de produção agropastoril, irrigação incorreta e cultivos de áreas extensas sem a devida diversificação. Também há o uso extenuante da terra até exaurir toda a capacidade produtiva, agravada pela escassez e má distribuição de chuvas (LEMOS, 2020).

Lemos (2020) também afirma que as vulnerabilidades climáticas e fundiárias expõem o Nordeste rural à vulnerabilidade tecnológica, que tem implicação decisiva sobre a formação e distribuição da renda na região, provocando vulnerabilidades sociais e econômicas. Assim, não é por acaso que nessa região se concentra a maior população que depende das transferências do Governo Federal, na forma de programas assistencialistas. As vulnerabilidades econômicas no Nordeste, em geral, são atribuídas à vulnerabilidade climática. Porém, existem outras carências, como o nível de escolaridade que prevalece na região, com altas taxas de analfabetismo e menores taxas de escolaridades médias do Brasil, além de dificuldades em acesso a outros serviços essenciais como água encanada e saneamento. Dessa forma, constata-se que o clima não pode ser diretamente responsabilizado por carências de ordem social (educação) e de ativos ambientais (saneamento e água encanada), sendo atreladas a outras causas. A maior delas é o descaso das políticas públicas que pouco fazem para mudar um quadro que se reproduz ao longo dos anos. E essas carências, que ocorrem indistintamente nas áreas urbanas e rurais dos municípios da região, penalizam de forma mais intensa a população nordestina.

O termo resiliência é geralmente relacionado à vulnerabilidade, pois, com a resiliência, definida como a capacidade dos sistemas sociais e ecológicos de enfrentarem e se adaptarem aos estresses sociais, políticos e ambientais, a situação de vulnerabilidade desses sistemas a adversidades tende a se reduzir (ADGER *et al*, 2003).

Resiliência é usado de diferentes maneiras por diferentes disciplinas. Na ecologia e nas ciências naturais, por exemplo, era tradicionalmente entendida como uma propriedade que permite que um sistema recupere seu estado anterior após sofrer um choque. O termo passou a ser visto, não sem controvérsia, em termos mais dinâmicos. O IPCC (2001) define resiliência como a capacidade de um sistema e de seus componentes de antecipar, absorver, acomodar ou recuperar-se dos efeitos de um evento perigoso de maneira oportuna e eficiente.

Segundo HDR (2014), em um conceito relacionado, resiliência social é definida como a capacidade de indivíduos, ou grupos de indivíduos, de garantir resultados favoráveis sob novas circunstâncias e, se necessário, por novos meios. A abordagem de desenvolvimento humano à resiliência se concentra nas pessoas e em suas interações, onde o poder e a posição social são fatores importantes. Deve ser construída no nível dos indivíduos e da sociedade, em

termos de suas capacidades individuais e competências sociais. Também incentiva uma melhor compreensão dos sistemas, a interação dos componentes e os ciclos de feedback envolvidos. Embora ser menos vulnerável ande de mãos dadas com ser mais resiliente, a resiliência é mais do que apenas um espelho reverso da vulnerabilidade. Pode ser possível reduzir a vulnerabilidade diminuindo a incidência de choques e ameaças, mas a resiliência da sociedade pode permanecer inalterada, a menos que outras medidas também sejam aplicadas, como políticas ativas para a comunidade, remoção de barreiras à expressão individual e fortalecimento de normas.

Resiliência pode ainda ser definida como a capacidade das famílias de absorver e mitigar os danos ou perdas causadas por desastres naturais. Refere-se à capacidade de se recuperar e de resistir a desastres. O impacto dos desastres naturais nas famílias depende do seu nível de resiliência. Expostos aos mesmos desastres, as famílias com melhor capacidade de enfrentamento e resiliência podem sofrer menos danos do que aquelas com baixa capacidade (ADGER *et al*, 2003). Porém, estratégias de subsistência, transferências públicas e crédito são fontes importantes para as famílias aumentarem a resiliência a choques.

Quando se estuda resiliência, interliga-se este termo a alguma situação ou a algum objeto. Nessa perspectiva, segundo FAO (2011), “resiliência ao que” refere-se à necessidade de identificar o tipo de choques e tensões enfrentado pelo sistema e seus componentes. Choques são eventos repentinos que aumentam o risco de falha do sistema como terremotos, inundações e secas. Alguns choques ocorrem em conjunto com outros eventos ao longo de um período de tempo como, por exemplo, conflito entre seca e alta dos preços dos alimentos.

Nesse contexto, levando-se em consideração que o semiárido apresenta o evento das secas como um choque recorrente na região, torna-se necessário a execução de ações imediatas com o intuito de aumentar a resiliência da agricultura, em geral, e a familiar em especial, reduzindo os riscos da produção agrícola e o risco de as famílias terem situação de insegurança alimentar, além de ações posteriores que ajudam as famílias a lidarem com essas situações adversas no futuro.

HDR (2014) adverte que os estados, individual e coletivamente, precisam ter mais disposição e cooperação no intuito de reduzir a vulnerabilidade a choques específicos, por meio da harmonização de políticas nacionais ou de ações coletivas internacionais. Os governos precisam de maior espaço político para fornecer proteção para seu povo e a sociedade civil pode gerar vontade política. Para levar o desenvolvimento um passo adiante, é necessário proteger as conquistas contra a vulnerabilidade e os choques, aumentar a resiliência e aprofundar o

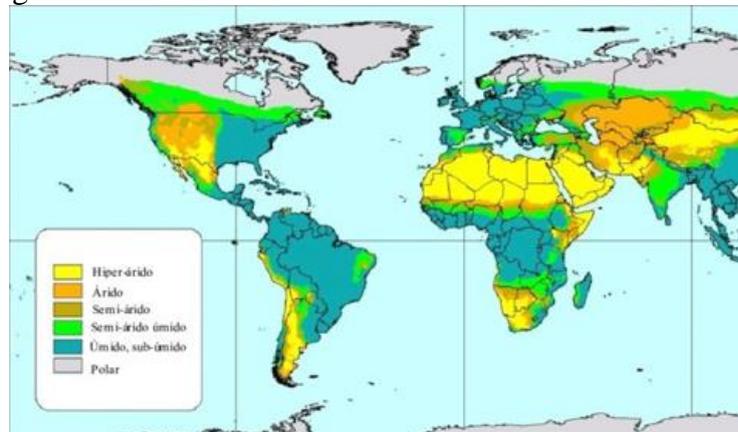
progresso. Identificar e direcionar grupos vulneráveis, reduzir a desigualdade e enfrentar a vulnerabilidade estrutural são essenciais para sustentar o desenvolvimento de um país.

2.2 Semiárido: características e heterogeneidades

O semiárido é um tipo de clima caracterizado por forte insolação, temperaturas relativamente altas, umidade relativa do ar muito baixa e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, em geral, de três (3) a quatro (4) meses, apresentando reservas de água insuficientes em seus mananciais (MOURA *et al*, 2007).

De acordo com Lemos (2015), há regiões semiáridas nas Américas, Oceania, Ásia e África. No continente sul-americano existem três grandes áreas semiáridas: Guajira, que se estende pela Venezuela e Colômbia; uma área que cobre parte da Argentina, Chile e Equador; e a terceira área localiza-se no Nordeste brasileiro, sendo o maior semiárido do mundo em termos de extensão e de densidade demográfica. A Figura 1 mostra as localizações dessas áreas.

Figura 1 - Áreas de ocorrência de clima semiárido no mundo



Fonte: FAO/IASA (2001).

As áreas definidas no clima semiárido apresentam especificidades climáticas, de solos, cobertura vegetal e de fauna nativa. As Nações Unidas definem as regiões do planeta de acordo com essas características, utilizando o Índice de Aridez (IA), que se baseia na metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1948), que mede a relação entre o total precipitado de chuvas numa determinada localização e a evapotranspiração potencial. Trata-se, portanto, da relação entre a pluviometria que precipita e a água que evapora dos solos pela ação da incidência dos raios solares, dos ventos e aquela que as vegetações eliminam transpirando no seu processo biológico e devido às ações do calor. Se chover menos do que a capacidade do solo e das plantas

de reter água, haverá problemas numa escala crescente. Este problema é tecnicamente chamado de balanço hídrico (LEMOS, 2020). O Quadro 1 apresenta as caracterizações para a definição dos climas das regiões.

Quadro 1 - Definição dos tipos de clima de acordo com o Índice de Aridez em termos de percentuais da precipitação de chuvas (PC) e a Evapotranspiração potencial (EP)

Regiões de Acordo Com o Tipo de Clima	Índice de Aridez (IA) (%)
Hiperárido	$IA < 5$
Árido	$5 < IA < 20$
Semiárido	$20 < IA < 50$
Subúmido e Seco	$50 < IA < 65$
Subúmido e Úmido	$65 < IA < 100$
Úmido	$IA > 100$

Fonte: United Nations Environment Management Group (2011).

As piores situações em relação a essa escala estão os climas hiperáridos e áridos, em que o IA é estritamente menor do que 20, significando uma capacidade de retenção de água por parte do solo inferior a 20% daquela que é precipitada. Em seguida tem-se as áreas situadas nos climas semiáridos em que o IA varia entre 20% e 50%. Os demais limites de capacidades de retenção se referem aos climas subúmido e seco, subúmido e úmido e estritamente úmido.

As áreas com terras secas (hiperáridas, áridas e semiáridas) cobrem, aproximadamente, 40% da superfície da terra, onde sobrevivem em torno de dois bilhões de pessoas, 90% situados em países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2013). Segundo Matallo Júnior (2001), aproximadamente 1/3 da superfície da Terra é ocupada por regiões áridas e semiáridas, abrigando aproximadamente 1/6 de toda a população. Nessas áreas se deram as primeiras povoações, com a formação de ricas civilizações que deram início a modernidade da cultura ocidental e oriental, em que foram feitas grandes descobertas em diversos setores do conhecimento, incluindo a agricultura, hidráulica e tecnologias de irrigação, bem como as primeiras viagens intercontinentais, além do povoamento de outros continentes, evidenciando que fatores climáticos nem sempre interferem de forma negativa na formação de uma cultura ou na produção do conhecimento.

No Brasil, o semiárido não é homogêneo em paisagem, em disponibilidade de recursos naturais, tampouco em revestimento florístico. A convergência que existe na imensa área que o compõe é a instabilidade climática, traduzida na má distribuição de chuvas, tanto de um ponto de vista espacial como temporal. Fator comum também nesse ecossistema estão as atividades agrícolas, sobretudo as produtoras de alimentos, exercidas por agricultores familiares, bem como a pecuária extensiva (LEMOS, 2020).

As populações que sobrevivem no semiárido brasileiro, reconhecida nesta condição pelo Governo Federal, recebem tratamento diferenciado das políticas públicas. O histórico da intervenção oficial nessa área remonta ao segundo Império. Porém, a primeira delimitação do espaço territorial a ser beneficiado com ações governamentais de defesa contra os efeitos da seca foi estabelecida pela Lei 175, de 07 de janeiro de 1936, que ficou conhecida como “Polígono das Secas”. Posteriormente essa delimitação foi revisada pelo Decreto-Lei nº 9.857, de 13 de setembro de 1946, e pela Lei 1.348, de 10 de fevereiro de 1951, com o intuito de amenizar os efeitos da seca do Nordeste.

Através da Lei nº 4.763, de 30 de agosto de 1965, foi estabelecido também que todo município criado com o desdobramento da área de outro município, que estivesse incluído total ou parcialmente no Polígono das Secas, também fosse considerado como pertencente a este para todos os efeitos legais e administrativos.

O Banco do Nordeste do Brasil (BNB), em documento intitulado “Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro”, reuniu alguns especialistas sobre o tema e tentou dimensionar o semiárido usando critérios para além do regime pluviométrico, utilizando fatores variados da natureza geocológica. Examinou a situação dos nove (9) estados do Nordeste, dos municípios situados no Norte de Minas Gerais e no Norte do Espírito Santo e, com base nos critérios definidos, os estados tiveram municípios parcial ou totalmente incluídos no semiárido (BNB, 2005).

Como já mencionado, as Nações Unidas utilizam como critério para caracterizar o semiárido o Índice de Aridez. Entretanto, para Lemos (2020), não obstante este fato, e o estudo realizado pelo BNB, parece não haver uma sincronia de critérios para estabelecer uma delimitação do semiárido no Brasil, que seja o instrumento norteador das políticas para esse ecossistema. Essa confusão existe tanto em nível de Parlamentos como em nível dos governos brasileiros, no que concerne à aplicação de critérios para a caracterização dos municípios a serem reconhecidos oficialmente como incluídos no semiárido, para efeito de acesso aos recursos diferenciados pelas políticas públicas desenhadas para esse ecossistema.

O Ministério da Integração Regional utilizou os seguintes critérios para a delimitação política do semiárido brasileiro em documento publicado em 2005: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; índice de aridez de até 50 no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior do que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).

O semiárido, naquele documento, foi definido de acordo com esses três (3) critérios. Segundo o Ministério da Integração Regional, o município, para ser reconhecido oficialmente como pertencente ao semiárido, deveria atender a pelo menos um dos três (3) critérios.

Porém, de acordo com Lemos (2020), o primeiro critério deve considerar a distribuição temporal das chuvas, pois se em torno da média anual de 800mm as pluviometrias se distribuírem de forma muito irregular, com elevados coeficientes de variação, e ainda dependendo da capacidade de retenção de água pelos solos, o índice de aridez pode ficar abaixo de 20%. Por outro lado, uma média acima de 800mm anuais pode caracterizar um clima semiárido, dependendo da forma como se distribui no tempo, dos solos, da insolação e dos ventos. Do balanço hídrico, em síntese.

O segundo critério comete um equívoco, pois o semiárido deve ter IA variando entre 20 e 50. Ao colocar num texto oficial que o semiárido é a região em que esse índice está abaixo de 50 comete-se um erro técnico grosseiro, já que incluiria o clima árido e hiperárido.

O terceiro critério provoca interpretações controversas, pois no Nordeste existe a “seca verde”, que caracteriza períodos de desenvolvimento das culturas que, embora chovendo, as precipitações acontecem em quantidade insuficiente para sustentar a fisiologia das culturas. Assim, esse critério suscita às seguintes perguntas: em que nível de precipitação de chuvas poderia se caracterizar a seca? E, no caso da seca verde, qual seria o ponto de corte para definir o que é e o que não é semiárido? (LEMOS, 2020).

Em 2005, com base nos três critérios mencionados que, como se observa, contém equívocos, o Ministério da Integração Regional reconheceu como semiárido brasileiro uma área que abrange 1.133 municípios, que agrega um espaço físico de 969.584,4km². Os estados incluídos, com as respectivas quantidades de municípios, foram: Piauí (127), Ceará (150), Rio Grande do Norte (147), Paraíba (170), Pernambuco (122), Alagoas (38), Sergipe (29), Bahia (265) e Minas Gerais (85) (BRASIL, 2005). A população total inserida no ecossistema era de 22,6 milhões de habitantes, sendo que aproximadamente 57% sobreviviam nas áreas urbanas e 43% nas áreas rurais (IBGE, 2010).

Em 2017, o Ministério da Integração Nacional, que substituiu o Ministério da Integração Regional, sob cuja jurisdição está subordinada a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e o seu Conselho Deliberativo (CONDEL), emitiu a Resolução nº 115/2017, que continha uma nova proposta de critérios técnicos e, segundo o documento, científicos para a delimitação do semiárido, além de procedimentos para revisão de sua abrangência.

Os critérios estabelecidos pelo CONDEL para definir os municípios do semiárido a partir de 2017 foram: precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez igual ou inferior a 50; e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (BRASIL, 2017a).

Assim, 1.262 municípios passaram a ser reconhecidos oficialmente pelo Governo Federal como fazendo parte do semiárido. Segundo Brasil (2017a), o semiárido brasileiro é o maior em território, além de ser a mais populosa região semiárida do mundo. A nova delimitação, com o total de municípios incluídos em cada estado e sua participação relativa no semiárido está mostrada no Quadro 2 e na Figura 2.

Quadro 2 - Total de municípios nos estados que tem semiárido reconhecido oficialmente e participação relativa dos municípios do semiárido nos totais dos municípios dos estados

Delimitação do Semiárido Brasileiro			
Estados	Total de Municípios	Municípios no Semiárido	Relação Semiárido/Estado (%)
Alagoas	102	38	37,25
Bahia	417	278	66,67
Ceará	184	175	95,11
Maranhão	217	2	0,92
Paraíba	223	194	87
Pernambuco	185	123	66,49
Piauí	224	185	82,59
Rio Grande do Norte	167	147	88,02
Sergipe	75	29	38,67
NORDESTE	1794	1171	65,27
Minas Gerais	853	91	10,67
BRASIL	5570	1262	22,66

Fonte: Elaboração própria, baseado em SUDENE/CONDEL (2017).

Figura 2 - Nova delimitação do semiárido brasileiro



Fonte: SUDENE/CONDEL (2017).

As populações desses municípios participam das políticas desenvolvidas para esse ecossistema, dentre as quais se destaca o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), criado em 1989 e legalmente regulamentado pela Lei 7.827 de 27/09/1989. O FNE tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento econômico e social do Nordeste, incluindo ainda o Norte de Minas Gerais e Espírito Santo, através da execução de programas de financiamento aos setores produtivos, em consonância com o plano regional de Desenvolvimento. É operado exclusivamente pelo Banco do Nordeste do Brasil (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1989).

2.2.1 Biomas que fazem parte do semiárido

As regiões semiáridas possuem características semelhantes de clima e de regime irregular de chuvas. Porém, Sena (2011) ressalta que, ao comparar as espécies do Brasil com as outras regiões, verificou-se que as espécies não apenas eram diferentes e exclusivas, como também apresentavam uma diversidade bem maior. Dessa forma, a região semiárida brasileira

é representada por uma grande abundância de paisagens e ambientes, possuindo dois biomas, a Caatinga e o Cerrado, presentes em, aproximadamente, um terço do território nacional.

A caatinga é um bioma típico do interior nordestino brasileiro, sendo o tipo de vegetação que cobre a maior parte da área com clima semiárido dessa região. Trata-se de um bioma exclusivo do país, ou seja, somente é encontrado no Nordeste brasileiro. Os índios assim a denominaram porque na estação seca, em que a maioria da vegetação perde as folhas, prevalece na paisagem a aparência clara e esbranquiçada dos troncos das árvores. Dessa forma, o nome Caatinga, no tupi, tem a seguinte etimologia: caa = mata e tinga = branca, significa “mata ou floresta branca”. Todavia, nos períodos chuvosos a paisagem muda de esbranquiçada para tons de esverdeados.

Segundo publicação oficial:

A caatinga ocupa uma área de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o Norte de Minas Gerais. Rico em biodiversidade, o bioma abriga 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 de abelhas. Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver. A caatinga tem um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorados, serão decisivos para o desenvolvimento da região e do país. A biodiversidade da caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agro-silvopastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos (BRASIL, 2010a).

O bioma possui flora composta por árvores e arbustos caracterizados pela rusticidade, tolerância e adaptação às condições climáticas da região. A composição florística pode variar de acordo com o volume das chuvas, qualidade dos solos, rede hidrográfica e ação humana. Apesar da importância biológica, aproximadamente 5% de sua área estão protegidos em Unidades de Conservação Federais, o que permite classificá-la como um dos ecossistemas menos protegido e mais ameaçado pelas atividades humanas (SENA, 2011).

As lagoas ou as áreas úmidas temporárias representam um conjunto de habitats frágeis dentro da Caatinga, ricos em espécies e em gêneros de plantas raras e endêmicas. Essas são áreas de refúgio para muitas espécies aquáticas, vegetais e animais, desempenhando um papel fundamental na sua sobrevivência, pois completam seu ciclo de vida associados a esses ambientes. Entretanto, tais áreas são também utilizadas nas atividades da agropecuária local, onde os animais de criação podem ser reunidos quando o período de seca se torna mais intenso. A presença do gado é um fator negativo para o ambiente natural, uma vez que os animais pisoteiam o solo úmido, destruindo sua estrutura e produzindo condições insatisfatórias para os organismos nativos. É, portanto, necessário desenvolver estratégias de conservação que

conciliem a prática agropecuária com a proteção das áreas de maior biodiversidade (GIULIETTI *et al*, 2004).

Para Giulietti *et al* (2004), ao analisarem as definições e delimitações já feitas sobre a Caatinga, é possível identificar características básicas comuns da vegetação, a saber: é a vegetação que cobre uma área submetida a um clima quente e semiárido, bordado por áreas de clima mais úmido. Está, na sua maior parte, confinada à Região Nordeste e uma pequena parte está no Norte de Minas Gerais, dentro da área definida politicamente como polígono das secas. Possui espécies que apresentam adaptações à deficiência hídrica (caducifólia, herbáceas, suculentas, acúleos e espinhos) com predominância de arbustos, árvores de pequeno porte e cobertura descontínua de copas. Há espécies endêmicas que ocorrem nessa área e em outras áreas secas, mais ou menos distantes, mas não ocorrem nas áreas mais úmidas que fazem limite com o semiárido.

O segundo maior bioma brasileiro é o Cerrado, superado em área apenas pela Amazônia, sendo também um dos mais ameaçados do globo. Conhecido como “berço das águas”, possui as maiores reservas subterrâneas de água doce do mundo, alimentando as grandes bacias hidrográficas sul-americanas. Nesse bioma, encontram-se três grandes aquíferos responsáveis pela formação e alimentação de rios continentais. Um deles, e o mais conhecido, é o aquífero Guarani, que abastece a bacia hidrográfica do Paraná, além de alguns rios da bacia Amazônica. Os outros dois aquíferos são o Bambuí e o Urucuaia, responsáveis pela formação e alimentação dos rios que integram a bacia do São Francisco e as sub-bacias hidrográficas do Tocantins e do Araguaia, entre outras localizadas no próprio bioma. A vegetação nativa do Cerrado é responsável pela alimentação dos lençóis profundos, contudo, devido à monocultura intensiva em equipamentos pesados e agroquímicos e pecuária extensiva, parte da vegetação já foi extinta, gerando grande impacto no funcionamento dos corpos hídricos (ASA BRASIL, 2019).

O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central. Klink e Machado (2005) afirmam que o clima dessa região é estacional, com um período chuvoso, que dura de outubro a março, seguido por um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22° e 27°C em média. Os remanescentes de Cerrado que existem nos dias de hoje desenvolveram-se sobre solos muito antigos, intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes, mas que possuem concentrações elevadas de alumínio, pois muitos arbustos e árvores nativas acumulam o

alumínio em suas folhas. Para torná-los produtivos para fins agrícolas, aplicam-se fertilizantes e calcário aos solos do Cerrado, considerado a última fronteira agrícola do planeta.

Klink e Machado (2005) ainda ressaltam que, a pobreza dos solos não se constituiu em obstáculo para a ocupação de grandes extensões de terra pela agricultura moderna, especialmente a cultura da soja, um dos principais itens da pauta de exportações do Brasil. Aproximadamente metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado foram transformados em pastagens, culturas anuais e outros tipos de uso. As pastagens plantadas com gramíneas de origem africana cobrem atualmente uma área de 500.000km², o equivalente à área da Espanha. São cultivadas monoculturas em outros 100.000km², principalmente a da soja. A área total para conservação é de aproximadamente 33.000km², claramente insuficiente quando comparada com os principais usos da terra nesse bioma.

A destruição dos ecossistemas que constituem o Cerrado continua de forma acelerada. Machado *et al* (2004), em estudo que utilizou imagens de satélite, concluíram que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pelo homem, o que equivale a uma área de 880.000 km², ou seja, quase três vezes a área desmatada na Amazônia brasileira. As taxas atuais de desmatamento variam entre 22.000 e 30.000km² por ano. Essas diferenças se devem em parte ao modo que o Código Florestal trata os diferentes biomas brasileiros: enquanto é exigido que apenas 20% da área dos estabelecimentos agrícolas sejam preservadas como reserva legal no Cerrado, nas áreas de floresta tropical na Amazônia esse percentual sobe para 80%.

As transformações ocorridas no Cerrado trouxeram grandes danos ambientais, como a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e modificações climáticas regionais. Embora esse bioma seja um ecossistema adaptado ao fogo, as queimadas utilizadas para estimular as pastagens e abrir novas áreas agrícolas causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos, um problema grave que atinge enormes áreas. A eliminação total pelo fogo também pode causar degradação da biota nativa pois, devido ao acúmulo de material combustível (biomassa vegetal seca) e à baixa umidade na época seca, uma eventual queimada nessas condições tende a gerar temperaturas extremamente altas, prejudiciais à flora e à fauna (KLINK E MACHADO, 2005).

2.3 Semiárido no Nordeste brasileiro

A maior parte do semiárido brasileiro encontra-se na Região Nordeste do país, em que, dos seus nove estados, aproximadamente a metade tem mais de 85% de sua área caracterizada como semiárida. Segundo o IBGE (2010), essa região contava com uma população de 53 milhões de habitantes em 2010, ao passo que a denominada região semiárida contava com aproximadamente 23 milhões de habitantes, com características bastante severas em condições ambientais.

No Nordeste brasileiro está situada uma das três grandes áreas semiáridas do mundo, em que predominam combinações de temperaturas médias anuais elevadas, entre 23° e 27°C, evaporação de 2000mm ao ano, insolação média anual de 2.800 horas, com irregular regime pluviométrico, prevalecendo níveis mal distribuídos, abaixo de 800mm anuais, umidade relativa do ar em torno de 50%, o que faz essa região sempre apresentar balanço hídrico negativo em boa parte dos anos. Nessa localidade está a região semiárida mais populosa do planeta (AB'SÁBER, 2003; FUNCEME, 2020; MOURA *et al*, 2007; LEMOS, 2015).

A combinação dos fatores climáticos (isoieta de 800 mm, índice de aridez de até 50 e risco de seca com déficit hídrico igual ou superior a 60%) que define o semiárido nordestino acarreta particularidades aos solos na região, com pouco desenvolvimento devido à escassa presença de água, solos rasos e pouca incorporação de matéria orgânica devido à combustão seca em altas temperaturas. Grande parte da matéria orgânica decomposta é levada pelos ventos antes de ser incorporada ao solo, há uma forte erosão devido às secas e chuvas torrenciais que promovem enxurradas, e presença de minerais primários com baixo grau de intemperização (SANTOS, 2017).

De acordo com Brasil (2005), a Região Nordeste é caracterizada por quadros climáticos extremos, com longos períodos de estiagem, seguidos por outros de chuvas intensas, compondo o binômio seca-chuva. As chuvas irregulares são concentradas em três a quatro meses no início de cada ano e, em períodos de seca, são bastante reduzidas (300 a 500mm por ano). O período não chuvoso é caracterizado por elevadas temperaturas e baixa umidade, tornando o clima seco, acarretando prejuízos aos agricultores. Apresenta baixa fertilidade natural dos solos, que dificultam as atividades agrícolas, ou mesmo inviabilizam, como nas áreas em processo de desertificação. Esses efeitos tendem a atingir, com maior rigor, a parcela da população mais pobre, que produz para a própria subsistência, ajudando a compor um dos maiores passivos sociais do país.

O resultado da interface desses fatores gera um desgaste dos recursos naturais na região, corroborada pelo crescimento da população que induz a uma alta taxa de migração rural-urbana, o que também eleva o estado de pobreza das populações nas áreas urbanas para onde esses habitantes emigram. Um aspecto que evidencia a relação entre pobreza e degradação do meio ambiente depreende-se da definição que a Organização das Nações Unidas (ONU) atribui para desertificação, que se constitui em um estágio de avanço bastante acentuado do processo de depredação da base de recursos naturais, que diminui ou elimina o potencial biológico, ou seja, a produção vegetal e animal, destinados a usos e propósitos múltiplos em um tempo em que o crescimento da produtividade é necessário para suportar o crescimento de populações que buscam o desenvolvimento (UNEP, 1992).

2.3.1 Ceará: características e semiárido

O estado do Ceará tem em torno de 146.889 km² sob ação do clima semiárido, representando aproximadamente 95% de seu território. De acordo com a divisão político-administrativa, possui 184 municípios, dos quais 175 estão inseridos oficialmente no semiárido a partir de dezembro de 2017, fazendo desse o estado com maior área territorial relativa no semiárido brasileiro reconhecido pelo Governo Federal, como mostra a Figura 3.

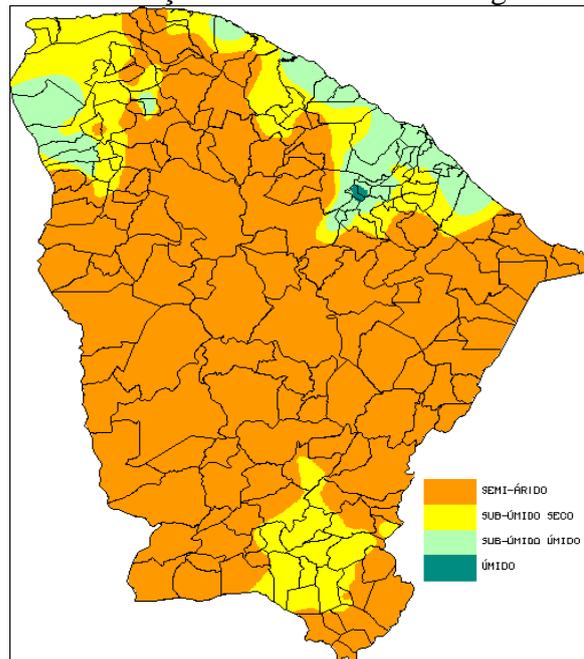
Figura 3 - Delimitação do Semiárido Cearense



Fonte: SUDENE/CONDEL (2017).

A Figura 4 mostra o mapa de classificação climática do Ceará, segundo o Índice de Aridez (IA), para diversos postos pluviométricos do estado. Os valores médios de precipitação foram calculados com base na pluviometria dos anos de 1974 a 2016, para 196 estações pluviométricas da FUNCEME que tem, no mínimo, 20 anos de coleta de dados.

Figura 4 - Mapa de classificação climática do Ceará segundo o Índice de Aridez



Fonte: FUNCEME (2020).

O clima semiárido cearense é caracterizado por temperaturas regulares com uma intensa insolação, médias térmicas superiores a 26°C e elevadas taxas de evaporação. O clima possui uma influência determinante na formação desse ecossistema, pois é responsável por uma pequena alteração no manto superficial das rochas, explicando a presença de solos rasos, chãos pedregosos e grande incidência de afloramentos rochosos (BARROS *et al*, 2015).

Segundo o IPECE (2016), os recursos hídricos apresentam-se, em sua maioria, insuficientes e intermitentes, exibindo níveis comprometedores de poluição, decorrentes principalmente dos grandes centros urbanos, das indústrias e do uso de técnicas agrícolas rudimentares.

No Ceará, há o predomínio de uma estação chuvosa com duração entre três e quatro meses, alternando-se com o período seco que permanece de sete a nove meses, sendo que as vulnerabilidades impostas pela irregularidade pluviométrica e pelas elevadas taxas de evapotranspiração do semiárido prevalecem em praticamente todo o seu território.

O estado apresenta ainda uma grande diversidade de paisagens em suas unidades geoambientais. As superfícies sertanejas submetidas à semiaridez apresentam predominância da vegetação da caatinga. Por outro lado, as regiões serranas como o Pico Alto de Guaramiranga (1.112m) e o Pico da Serra Branca (1.154m) possuem condições climáticas melhores e podem ser classificadas como paisagens de exceção no contexto do semiárido (IPECE, 2016).

Em contraste ao predominante semiárido das áreas mais rebaixadas, em especial da

Depressão Sertaneja, as serras úmidas isoladas e os planaltos sedimentares que bordejam os limites com os estados do Piauí, Paraíba e Rio Grande do Norte (Serra da Ibiapaba, Chapada do Araripe e Chapada do Apodi, respectivamente) apresentam condições climáticas diferenciadas. Em um dos extremos dessa variabilidade, na Serra da Ibiapaba, a temperatura média anual varia entre 20° e 22°C, enquanto fica em torno de 24° a 26°C na depressão periférica. Junho e julho são geralmente os meses de temperaturas mais amenas. Em contraste, outubro e novembro destacam-se como os mais quentes do ano. A estação meteorológica do Parque Nacional (que tem registros contínuos desde 1912) mostra que a média pluviométrica em Ubajara é elevada para os padrões do Ceará, sendo de 1.436,32mm anuais para os 70 anos entre 1912 e 1998. A bacia hidrográfica da Serra de Ibiapaba drena uma área relativamente pequena no estado e corre para o Rio Parnaíba, na fronteira com o Piauí. Assim, os sertões do Ceará ao redor da Serra não usufruem destas vazões mais generosas. Dessa forma, verifica-se a grande variabilidade das chuvas no Ceará ao longo do tempo e do espaço (ICMBIO, 2018).

2.4 Secas no Nordeste

A história do semiárido no Brasil está intimamente relacionada com as secas, cujos efeitos se apresentam nas mais variadas formas, seja pelo aumento do desemprego rural, fome, pobreza ou pela conseqüente migração das áreas afetadas. As secas são fenômenos naturais, são desvios do clima a longo prazo e, no Nordeste, afetam principalmente os moradores vulneráveis da região semiárida, criando situações de deficiência hídrica, energética e de segurança alimentar. Fazem parte da variabilidade climática natural da região, ocorreram no passado, estão ocorrendo no presente e, de acordo com as projeções de mudanças climáticas, provavelmente continuarão e se intensificarão no futuro. Além do que, aproximadamente 57% da terra no semiárido do Nordeste brasileiro tem sido usada intensamente nas últimas décadas, resultando em grave degradação de seus ativos naturais (MARENGO *et al*, 2017).

Marengo *et al* (2017) destacam que, os eventos de seca no passado no Nordeste geraram enormes perdas de produção agrícola e pecuária, perda de vidas humanas por fome, desnutrição, doenças e deslocamentos de pessoas, além de impactos na economia regional e nacional. As economias das áreas rurais e urbanas na região mudaram desde então, e a migração devido à seca não ocorre mais em proporções tão dramáticas.

De acordo com Ayoade (2011), a seca corresponde a um desequilíbrio hidrológico, caracterizado pela baixa e má distribuição de chuva em uma região. Ocorre quando a

evapotranspiração ultrapassa, por algum tempo, a precipitação de chuvas nos períodos em que normalmente deveriam ocorrer, causando o esgotamento da umidade do solo e, como consequência, limitações na agricultura. Em longo prazo há um equilíbrio dinâmico, caracterizado como paradigma de adaptação.

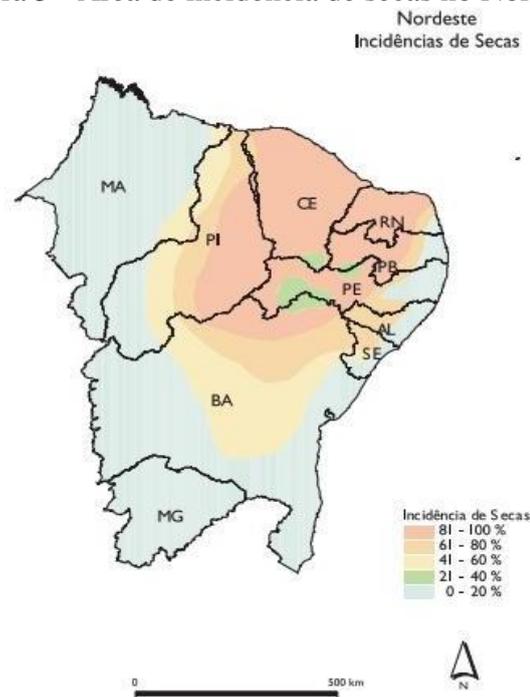
O clima é um fator determinante, pois apresenta características marcantes, tais como as distribuições temporais e espaciais irregulares de precipitação pluvial. Dessa forma, a seca no semiárido advém tanto do pequeno volume recebido de pluviosidade quanto da irregular distribuição temporal (ano após ano) e espacial (dentro do próprio ano em que ocorrem) das chuvas.

De Nys *et al* (2016) salientam que existe uma distinção entre a seca de aridez e a seca de escassez de água. Aridez é uma característica permanente de um clima seco, enquanto que a seca é um desvio do clima de longo prazo. Seca é um fenômeno natural, já escassez de água ocorre quando a humanidade usa mais água do que há disponível naturalmente. Os impactos resultam da interação entre o evento natural (menor precipitação que o esperado) e a demanda que as pessoas colocam no abastecimento de água. Assim, as atividades humanas podem potencializar os efeitos da seca.

Considerada um dos principais fatores que afetam a segurança alimentar e a sobrevivência de mais de dois (2) bilhões de pessoas em todo o planeta, a seca não pode ser prevista. Especialistas afirmam que, mesmo com toda a tecnologia existente, não há nada seguro que se possa prever além de 90 dias o que acontecerá em termos de pluviometria. No entanto, registros históricos apontam que as secas são cíclicas, repetindo-se fenômenos mais extremos a cada 13 anos, aproximadamente. Sendo assim, elas não podem ser previstas com precisão, mas é possível que os governos e populações possam se preparar para minimizar seus efeitos (EMBRAPA, 2000).

As áreas mais afetadas pelas secas no Nordeste são aquelas que se encontram sob influência direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), fenômeno que causa secas anuais ou plurianuais. As evidências empíricas disponíveis indicam que a variabilidade climática decorrente da ação da ZCIT é combinada com os fatores que determinam o regime pluviométrico na Zona da Mata e no Nordeste meridional. Quando essa conjunção de fatores se articula é que ocorrem as secas de amplas proporções (BRASIL, 2004). No interior das áreas afetadas pelas secas, há um espaço, denominado de miolão semiárido, em que as secas ocorrem com frequência, entre 81% e 100%, evidenciando o grau de secas nos estados do Nordeste, como mostra a Figura 5. Nesse espaço, a variabilidade climática é extremamente acentuada.

Figura 5 - Área de incidência de secas no Nordeste



De acordo com Lemos (2020), houve ao menos 140 anos de secas entre os séculos dezesseis e vinte e um. Com isso, conforme Carvalho (2010), essa é a razão pela qual a escassez hídrica tem dado ao semiárido brasileiro uma espécie de notoriedade às avessas. Na década de 1950, o governo começou a tomar medidas contra os efeitos provocados pelas secas através da construção de açudes, cisternas e canais, além da criação de programas sociais para as pessoas afetadas.

Não existem disponíveis estatísticas precisas de mortalidade, mas as estimativas do número de mortes relacionadas à seca variaram de 200 a 500 mil. Desde a década de 1970 não foram registradas mais mortes devido à seca, mesmo com a continuação do êxodo da região semiárida, embora em um grau muito menor (CARVALHO, 2010).

Em 2010 teve início uma nova seca, que se estendeu até o ano de 2017 (com exceção de 2011), não provocou grande processo migratório, mas afetou a economia de diversos municípios e provocou a morte de aproximadamente 10 milhões de cabeças de gado. Nesse longo período de secas, também foram registradas perdas de lavouras nos estados nordestinos. Essa seca, que se intensificou entre 2012 e 2015, é considerada a mais severa nas últimas décadas, pois afetou quase 9 milhões de pessoas e foi devastadora para alguns produtores agrícolas, pecuários e industriais. As perdas foram estimadas em US\$ 6 bilhões devido aos impactos no setor agrícola (CGEE, 2016).

Segundo Lima (2018), no final de 2017, algo como 62% dos depósitos de água (sobretudo os açudes) do semiárido se encontravam com índices abaixo de 10% do volume potencial e muitos estavam completamente secos. Os registros de ocorrência de um período tão prolongado de seca foram poucos. 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 e nas cidades. Porém, durante essa grande seca plurianual, tanto os pequenos quanto os grandes reservatórios sofreram um grande abalo. Essa situação levou dezenas de cidades ao colapso, forçando o abastecimento por meio de carros-pipa.

De acordo com Ab'Sáber (2003), a especificidade dos problemas humanos e sociais do Nordeste está diretamente relacionada ao balanço entre a quantidade de pessoas que a região precisa alimentar e manter e as potencialidades efetivas do meio físico rural, dentro dos padrões culturais de sua população, bem como dos limites impostos pelas relações dominantes de produção. Alta fertilidade humana, forte seleção biológica e ausência de oportunidades de emprego teriam que ocasionar o apelo à migração. Assim, a grande região seca brasileira passou a ter o papel histórico de fornecer mão-de-obra barata para quase todas as outras regiões.

Nordestinos de todos os recantos mobilizaram-se nas mais variadas direções, seguindo a vaga de cada época. Para a Amazônia, nos fins do século passado e inícios do atual. Para Brasília, nos anos 1960. Para o norte do Paraná e São Paulo por todo o tempo, sobretudo depois da construção da estrada Rio-Bahia. Para o norte de Goiás, às margens da Belém-Brasília, para a Rodovia Transamazônica e, para o sul do Pará, nos anos 1970. De uma situação-limite, que é a do remoto fundo dos sertões, na direção de outra margem de humanidade, representada pela imensidão florestal da Amazônia superúmida, sob condições precárias de segurança, vida e trabalho (AB'SÁBER, 2003).

Dessa forma, segundo Ab'Sáber (2003), os nordestinos, em sua fantástica diáspora, ajudaram a povoar distantes regiões da Amazônia. Nas últimas décadas colaboraram na construção de significativa parte das grandes e médias cidades brasileiras, além de ter ajudado a levantar edifícios de hospitais, cidades universitárias, fábricas, estádios e aeroportos, um pouco por toda a parte do mundo urbano e urbano-industrial de um país verdadeiramente continental como é o Brasil.

A perspectiva de aumento na frequência e duração de períodos secos no futuro no Nordeste gera preocupação entre gerentes de recursos naturais, agricultores, especialistas em

desenvolvimento, pesquisadores e formuladores de políticas, tentando entender até que ponto essas mudanças afetarão os recursos hídricos, produção de alimentos, renda e meios de subsistência.

As últimas secas desencadearam uma nova rodada de discussões sobre o aprimoramento da política e da gestão nos níveis federal e estadual. Embora exista um rico histórico de gerenciamento de secas no Nordeste, existem lacunas e oportunidades nas quais os tomadores de decisão podem considerar o foco na redução da vulnerabilidade e na melhoria do monitoramento, previsão e antecipação, sistemas de alerta, avaliações de impacto e medidas de mitigação e planejamento de respostas. No entanto, apesar de uma história institucional na gestão e adaptação às secas no Brasil, a extensão dos impactos no Nordeste nos anos recentes indica que ainda é necessário melhorar as medidas de preparação e resposta.

Considerando as dimensões humanas da seca, como a forma que afeta a agricultura familiar e a economia regional ou suas consequências ambientais, observa-se que é necessário desenvolver e institucionalizar abordagens proativas para o gerenciamento de secas, como processos de produção direcionados à adaptação da população local, adaptação de sistemas de cultivo e pecuária baseada em gestão sustentável da terra e medidas de diversificação de renda. No futuro, as secas mais frequentes podem incrementar a degradação ambiental, havendo uma possível aridificação do Nordeste, juntamente com uma deterioração do meio ambiente devido a práticas não sustentáveis de uso da terra. Embora a seca possa contribuir para esse fenômeno, as principais razões são o excesso de pastagem, as queimadas, desmatamento e exploração excessiva das águas subterrâneas (MARENGO *et al*, 2017).

As mudanças climáticas projetadas devido ao aumento na concentração de gases de efeito estufa e nas mudanças no uso da terra na região podem resultar em uma mudança de regimes climáticos de condições semiáridas para áridas. Embora a aridez seja uma característica permanente de um clima seco, a desertificação é uma degradação mais ou menos permanente da terra em áreas semiáridas e subúmidas. Cerca de 94% do semiárido do Nordeste estão sob suscetibilidade que pode ser classificada de moderada a alta à desertificação (MARENGO E BERNASCONI, 2015).

O relatório ECA (2018) destaca que seca e desertificação são fenômenos intimamente relacionados, mas a seca é em um período de curto ou médio prazo, já desertificação, ao contrário, é um fenômeno de longo prazo. Persistindo ao longo de meses ou anos, a seca pode afetar grandes áreas e ter impactos ambientais, sociais e econômicos graves. Secas sempre

ocorreram, mas sua incidência e impacto são exacerbados pelas alterações climáticas e pelas atividades humanas.

2.5 Desertificação

A desertificação é definida pela UNCCD (1977) como diminuição ou destruição do potencial biológico de terra, o que pode levar, em última instância, para condições similares a de um deserto. Esse conceito foi revisto em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Agricultura. A definição atualmente válida e internacionalmente aceita foi elaborada pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) em 1994. Após alguns anos de estudos e discussão e com a efetiva contribuição da Agenda 21 global, conceituou-se o fenômeno como a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas resultantes de fatores diversos tais como as variações climáticas e as atividades humanas (UNCCD, 1994).

Existem linhas tênues entre zonas áridas, terras desertificadas e desertos, mas, uma vez que são cruzados é difícil voltar, pois a restauração do solo é um processo lento, pode demorar 500 anos para 2,5 cm de solo se formar, mas apenas alguns anos para destruí-lo. Assim, seria menos problemático proteger zonas secas de degradação do que inverter o processo. Uma vez permanentemente degradada, a terra ainda pode ser usada para outras atividades humanas (construção de casas e estradas, instalação de painéis solares etc.) e, portanto, pode ser economicamente viável. Porém, sua biodiversidade, produtividade e habitats, bem como a manutenção de um ecossistema vivo e produção de alimentos, estará comprometida ou até mesmo, perdida (ECA, 2018).

Segundo Cullet (2019), a desertificação é estreitamente associada ao processo de desenvolvimento, pois tem impacto nas condições de vida das pessoas muito mais diretamente do que outros problemas ambientais. Em particular, há relações estreitas entre a degradação da terra e a produção de alimentos, dado que a satisfação das necessidades alimentares básicas para um aumento da população mundial constitui um dos desafios centrais da gestão ambiental.

A degradação da terra refere-se a qualquer diminuição da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas, impactando negativamente o provisionamento dos serviços dos ecossistemas e, finalmente, impedindo a erradicação da pobreza, bem como da busca do desenvolvimento sustentável. A degradação do solo é causada por atividades humanas e processos naturais, sendo agravada por impactos adversos das alterações climáticas, além de

práticas de gestão agrícola e pecuária insustentáveis, além de outras atividades setoriais, reduzindo a resiliência socioecológica, a segurança alimentar e a disponibilidade hídrica. Quando a degradação ocorre em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, onde a produtividade é limitada pela disponibilidade de água, pode provocar desertificação (UNITED NATIONS, 2013).

Para Kar e Narain (2005), a desertificação é um processo que altera a qualidade da terra, levando à queda na produtividade. É um processo lento e menos perceptível da degradação que, gradualmente, leva à diminuição do potencial de produção da terra. Geralmente ocorre quando as taxas de processos geomorfológicos naturais são aceleradas pela ação humana, ou por meio de eventos extremos naturais, como as secas. A vulnerabilidade da paisagem à degradação acelerada varia de acordo com suas características de sedimentos, cobertura vegetal e uso da terra. Manifesta-se através da erosão pelo vento e pela água, alagamento, salinização, degradação da vegetação, efluentes industriais e outras formas de degradação química.

A diferença entre desertificação e degradação da terra não é baseada em processos, mas na geografia. A degradação pode ocorrer em qualquer lugar do mundo, porém quando ocorre em áreas secas é considerada desertificação. Não se limita a formas irreversíveis de degradação da terra, nem é equiparada à expansão do deserto, mas representa todas as formas e níveis de devastação que ocorrem em áreas secas (MIRZABAEV, 2019). Para United Nations (2013), embora haja um risco generalizado, essas terras são encontradas em áreas com maior incidência de pobreza, que continua a ser predominantemente rural.

Vasconcelos Sobrinho (1971) evidencia como principais causas naturais da desertificação: profundidade dos solos; composição e espessura dos horizontes que servem de substrato à cobertura vegetal; incapacidade de retenção das águas da chuva; escassez e distribuição irregular das chuvas; elevadas temperaturas; baixa umidade relativa do ar; alta luminosidade; velocidade dos ventos; elevados índices de transpiração e evapotranspiração; balanço hídrico deficitário; e variações climáticas globais de origens diversas.

Além dos fatores naturais, fatores associados à intervenção humana têm grande contribuição no agravamento dos processos de degradação, dando-se através do excesso de pastoreio e cultivo, desmatamento e salinização em terras agrícolas irrigadas. A desertificação induzida pelo homem é atribuída à intensificação do uso da terra, mas também está ligada a mudanças estruturais como o aumento da densidade populacional e desenvolvimento socioeconômico local (CULLET, 2019).

Brasil (2010a) afirma que, os principais fatores intensificadores da desertificação causados pela ação do ser humano são o uso indiscriminado dos recursos naturais nas regiões semiáridas, sem critérios de manejo sustentável para formação de pasto, de áreas para agricultura e para atender a demanda da matriz energética; a falta de manejo adequado para a pecuária extensiva; os projetos de irrigação sem critérios ambientais, que degradam e salinizam os solos; a mineração indiscriminada; ausência de práticas conservacionistas nos sistemas agropecuários; e forças que atuam sobre o ambiente e a sociedade, incluindo interferências humanas diretas e desastres naturais cuja ocorrência seja agravada pela ação antrópica.

A desertificação e as mudanças climáticas, individualmente ou em combinação, reduzirão a provisão de serviços ecossistêmicos de terras secas e reduzirão a saúde dos ecossistemas, incluindo perdas na biodiversidade, podendo também reduzir a produtividade das culturas, uma vez que modifica a composição das espécies de plantas e reduz a diversidade biológica (MIRZABAEV, 2019).

Em estimativa feita pela United Nations (2013), a cada ano, aproximadamente 24 bilhões de toneladas de solo fértil são perdidos devido à erosão em terras agrícolas no mundo, afetando diretamente 1,5 bilhão de pessoas, tendo um impacto desproporcional sobre mulheres e crianças. As mulheres carregam o fardo da degradação da terra, mas também podem ser parte das soluções. A este respeito, os investimentos levando em consideração o sexo das pessoas, na abordagem das condições de terras degradadas, não apenas poderá contribuir para alcançar a segurança alimentar, redução da pobreza e sustentabilidade, mas também para melhorar as condições de vida das mulheres nos ecossistemas afetados.

O estudo realizado pela United Nations (2013) ressalta que a terra é fator decisivo para as relações entre energia, alimentos e água. A continuação da degradação da terra ao longo dos próximos 25 anos, contados a partir de 2008, pode reduzir a produção mundial de alimentos. Isso acontecendo, quando o crescimento populacional, o aumento da renda e mudança nos padrões de consumo devem aumentar significativamente a demanda de alimentos. Tendo como ponto de partida o ano de 2008, segundo o estudo, em 2030, a demanda por alimentos, energia e água deverá aumentar em pelo menos 50%, 45% e 30%, respectivamente, em relação a 2008, e essas necessidades não serão atendidas de forma sustentável a menos que se preserve e se restaure a produtividade da terra (UNITED NATIONS, 2013).

Estima-se que será necessário até 2050 um aumento de 60% na produtividade agrícola, incluindo 100% nos países em desenvolvimento, de forma a superar a fome e a insegurança alimentar. No entanto, os ecossistemas do mundo, a biodiversidade e os produtos e serviços

associados estão sob pressão crescente da perda da diversidade de culturas, sobre-exploração dos recursos naturais, desmatamento, degradação, perda de terras aráveis, crescente competição pela água cada vez mais escassa e os efeitos adversos das alterações climáticas (FAO, 2011).

Rodrigues (2006) aponta para as consequências ambientais, sociais e econômicas da degradação da terra. Dentre as consequências ambientais estão o aumento da exposição solar; a queda da absorção do gás carbônico; redução das terras agriculturáveis e da produção agrícola; eliminação e redução da biodiversidade e, portanto, do patrimônio genético regional; diminuição na quantidade e qualidade dos recursos hídricos; queda na fertilidade e produtividade do solo. As consequências sociais e econômicas impactam no aumento da pobreza e na perda da resiliência do morador rural, além da queda na arrecadação dos municípios envolvidos, diminuição do investimento, crescente importação de produtos de consumo e, finalmente, a geração de uma consciência de autoabandono, provocada por atitudes de resignação frente aos graves problemas de sobrevivência e do abandono por parte das instituições governamentais.

No Brasil, a ocorrência de Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) passou a ser considerada através do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), lançado em 2004. Em 2006, foi divulgado o Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) no país, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente. Além disso, foram elaborados os Programas de Ação Estadual de Combate à Desertificação (PAE) para todos os estados da Região Nordeste e Norte de Minas Gerais e Espírito Santo. Essas são as regiões brasileiras que estão inseridas nesse fenômeno.

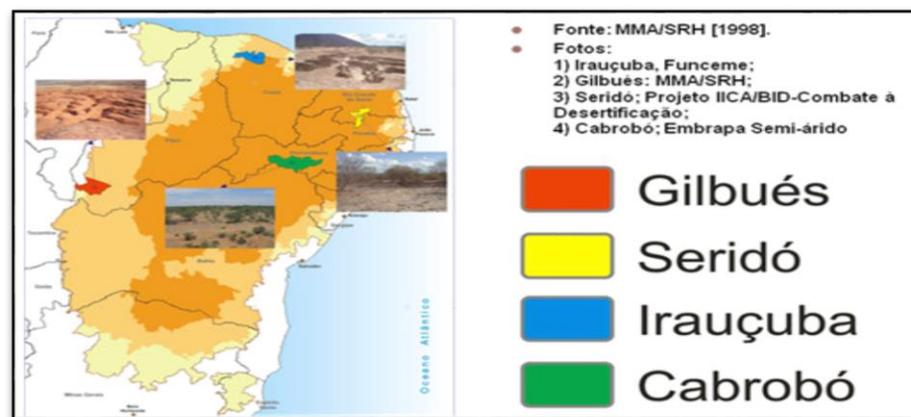
As áreas brasileiras Suscetíveis à desertificação foram determinadas seguindo as recomendações da UNCCD (1994), que utiliza o índice de aridez. Considerando-se que no Brasil não existe climas áridos ou hiperáridos, as ASD estão associadas aos climas semiáridos e subúmidos secos, com índices variando, respectivamente, entre 20% e 50% e entre 50% e 65% (BRASIL, 2010a).

Além dessas classes, segundo o IPECE (2018), admitiu-se uma terceira categoria de ASD situada nas chamadas áreas de entorno, que representam faixas de transição que contornam os espaços semiáridos e subúmidos secos. Apesar dessas áreas formalmente não se enquadrarem no padrão climático considerado suscetível à desertificação, a razão de serem incluídas justifica-se por apresentarem características comuns às áreas semiáridas, subúmidas secas e também apresentam elevada ocorrência de secas e enclaves de vegetação típica do semiárido brasileiro, a caatinga.

Dessa forma, as ASD podem ocorrer em áreas semiáridas, subúmidas secas e áreas do entorno. Abrange 1.488 municípios da Região Nordeste e Norte de Minas Gerais e Espírito Santo. Cobre uma superfície de 1.340.863 km², dos quais 180 mil km² já se encontram em processo grave ou muito grave de desertificação, concentrados principalmente no Nordeste, que têm 55,25% do seu território atingido em diferentes graus de deterioração ambiental (BRASIL, 2010a).

Dentre o total de municípios incluídos no semiárido, foram delimitados quatro (4) núcleos caracterizados como de alto risco à desertificação no Brasil, identificados no Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação, do Ministério do Meio Ambiente, conhecidos como Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e Cabrobó (PE), todos inseridos na região Nordeste do país (Figura 6).

Figura 6 - Núcleos de desertificação no Nordeste



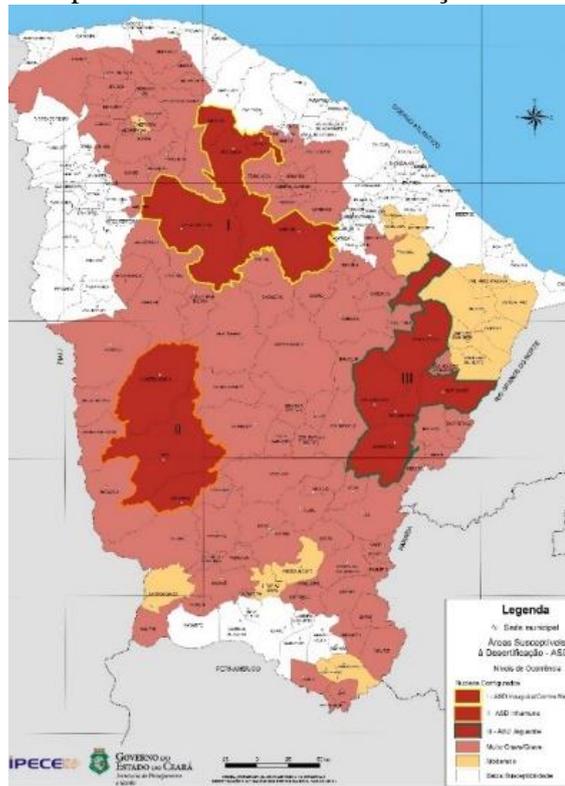
Fonte: MMA/SRH (2004).

O semiárido oficialmente reconhecido no Brasil possui 1.262 municípios, sendo que o estado do Ceará possui 95% do total de municípios incluídos nesse ecossistema, sendo reconhecido pelo Governo Brasileiro como o estado que possui a maior inserção relativa no semiárido brasileiro (BRASIL, 2017a). Ademais, de acordo com Brasil (2010a), o Ceará é o estado que possui o maior número de municípios inseridos em ASD, com 100% dos seus municípios introduzidos nestas áreas, e ainda possui um dos núcleos de desertificação do Brasil, o núcleo de Irauçuba.

O semiárido cearense já possui grande parte dos solos em estágio de degradação, em diferentes intensidades e causados por diversos motivos, gerando sérios riscos de se aumentar os processos de desertificação, como já ocorrem em algumas regiões do estado. No Ceará, segundo o IPECE (2018), existem três núcleos de ocorrência de Áreas Suscetíveis à

Desertificação (ASD), são eles: Núcleo I – ASD Irauçuba/Centro Norte, Núcleo II – ASD Inhamuns e Núcleo III – ASD Jaguaribe. Além desses, configuram-se núcleos em classificação muito grave, grave, moderado e de baixa susceptibilidade nas áreas de entorno, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Municípios suscetíveis à desertificação no Estado do Ceará



Fonte: IPECE (2018).

2.6 Agricultura familiar

A agricultura familiar é uma atividade realizada, em geral, numa pequena extensão de terra destinada ao cultivo de policulturas, sendo necessária à sobrevivência dos grupos familiares, que são mantidos pelo trabalho familiar, no qual o alimento colhido geralmente serve para o sustento dos habitantes locais, como também para a produção comercial, servindo como fonte monetária para as famílias ocupadas nessas atividades. O Nordeste inclui grande parte da agricultura familiar do país, pois os estabelecimentos rurais da região são, em sua maioria, de pequenos produtores familiares, sendo de grande importância na produção de alimentos e ocupação de mão de obra no meio rural (GUANZIROLI *et al*, 2011).

Segundo autores como Wanderley (1996) e Lamarche (1998), a agricultura familiar corresponde a um modelo de organização da agropecuária centrada na “empresa familiar” que

tem vantagens sociais, econômicas e ambientais (por ser mais democrática, eficiente e sustentável) quando comparada ao modelo praticado nas Unidades Agrícolas Patronais (UAP), cuja principal característica é ser intensiva no uso do capital, fomentar atividades monolíticas, em que os sujeitos envolvidos não tem, necessariamente, qualquer vinculação de parentesco.

De acordo com Lemos *et al* (2020), como unidades de produção, as Unidades Agrícolas Familiares (UAF) são fomentadoras de renda monetária para as famílias rurais. Assim, há a necessidade de que as atividades nelas desenvolvidas sejam sustentáveis de um ponto de vista econômico. Como unidades de consumo, as UAF produzem boa parte dos itens que proverão a segurança alimentar aos membros da família. Como unidades fomentadoras de apego ao ambiente em que os antepassados sempre viveram, os membros da UAF exercem o papel importante de contribuir para que o êxodo rural não se manifeste sempre que apareçam dificuldades nas atividades produtivas.

No Brasil, ainda que tardiamente, quando comparada à tradição dos estudos que envolvem essa temática nos países desenvolvidos, a emergência da expressão agricultura familiar surgiu a partir de meados da década de 1990. Até o início dessa década, não existiam políticas públicas com abrangência nacional voltadas às necessidades específicas dos agricultores familiares, fato que caracterizou, de certo modo, imprecisão no âmbito da burocracia estatal brasileira, no que concerne à fomentação de políticas públicas voltadas para as unidades familiares de produção agrícola (FAO/INCRA, 2000).

A expressão agricultura familiar foi institucionalizada e legitimada pelo Estado a partir de 1995, com a iniciativa do Ministério Extraordinário de Política Fundiária, que incorporou a proposta de segmentos expressivos da sociedade brasileira, envolvendo as Universidades, Empresas de Pesquisa, Assistência Técnica, Extensão e Fomentos Rurais, além dos agricultores, organizados ou não. Como decorrência dessas ações, surgiu o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), criado em 1996 (BRASIL, 1996; NAVARRO; PEDROSO, 2014).

Dessa maneira, foram criados alguns programas de políticas públicas específicas voltadas ao apoio à agricultura familiar, como o Pronaf, que objetiva promover o desenvolvimento sustentável da produção familiar no Brasil. Na ocasião, a ideia era a de que os produtores rurais classificados como agricultores familiares teriam acesso ao crédito agrícola subsidiado, além do apoio institucional para o desenvolvimento de suas atividades, tendo assim condições de saírem da categoria de agricultores de subsistência (MATTEI, 2014).

Em 2003, sob o domínio do Ministério do Desenvolvimento Agrário, foi criada a Secretaria da Agricultura Familiar. No âmbito legal, a Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, estabeleceu as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, além de critérios classificatórios de adequação do agricultor familiar, reconhecendo-o oficialmente como uma profissão (BRASIL, 2006).

O agricultor familiar que pratica atividades no meio rural é caracterizado pelo cumprimento dos seguintes quesitos: não deter área maior do que quatro módulos fiscais; utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades do seu estabelecimento ou empreendimento; ter percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; e dirigir seu estabelecimento ou empreendimento com a sua família. Além disso, foram desenvolvidas reformas nas organizações de representação sindical, com o objetivo de discutir e consolidar a agricultura familiar no país. Essas ações representam a legitimação de uma nova categoria social que até então não tinha acesso aos benefícios da política agrícola.

O Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017, afirma que as políticas públicas direcionadas às Unidades Agrícolas Familiares (UAF) e aos empreendimentos familiares rurais deverão considerar essas unidades que, no documento oficial, é chamado de Unidades Familiares de Produção Agrícola (UFPA). Esses empreendimentos devem estar registrados no Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF) que estabelece características para que essa categoria seja reconhecida para efeitos de políticas públicas. Assim, segundo Brasil (2017b), o decreto apresenta as seguintes definições:

- i - Unidades Agrícolas Familiares é o conjunto de indivíduos composto por família que explore uma combinação de fatores de produção, com a finalidade de atender à própria subsistência e à demanda da sociedade por alimentos e por outros bens e serviços, e que resida no estabelecimento ou em local próximo a ele;
- ii - família é entendida como unidade nuclear composta por um ou mais indivíduos, eventualmente ampliada por outros que contribuam para o rendimento ou que tenham suas despesas atendidas pela UAF;
- iii - estabelecimento é definido como unidade territorial, contígua ou não, à disposição da UAF, sob as formas de domínio ou posse admitidas em lei;
- iv - módulo fiscal é definido como unidade de medida agrária para classificação fundiária do imóvel, expressa em hectares. O módulo poderá variar conforme o Município, calculado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra);

v - imóvel agrário é definido como área contínua, qualquer que seja a sua localização, destinada à atividade agrária; e

vi - empreendimento familiar rural consiste na forma associativa ou individual da agricultura familiar instituída por pessoa jurídica, admitidos os seguintes arranjos.

Dadas as considerações ao longo do processo evolutivo de institucionalização da agricultura familiar como categoria, observa-se, de fato, que existe certa dificuldade, do ponto de vista teórico, em atribuir um valor conceitual à categoria agricultura familiar que se difundiu no Brasil, sobretudo a partir da implantação do Pronaf.

Entende-se que a geografia da agricultura familiar no Brasil passa por uma diversidade de contextos regionais, com um universo de heterogeneidade social que abrange tanto os pequenos agricultores do Sul do Brasil, herdeiros da “policultura colonial” dos migrantes europeus do século XIX, quanto os ribeirinhos do ambiente fluvial da Amazônia, até aqueles situados no agreste nordestino, historicamente localizados na proximidade da monocultura da cana-de-açúcar. A diversidade do perfil agrícola é uma realidade brasileira, bem como acontece no Nordeste que, apesar de ser marcada pela elevada instabilidade pluviométrica, baixo nível tecnológico, assistência técnica ineficiente, reduzido acesso ao crédito rural, entre outros fatores, ainda assim apresenta potencialidades para o desenvolvimento da agricultura nessas unidades agrícolas (LEMOS *et al*, 2020).

No Ceará, as dificuldades climáticas que afetam as práticas agrícolas no semiárido se potencializam, como já mencionado, pelas dificuldades que os agricultores têm de acessarem tecnologias que sejam capazes de minimizarem os efeitos da escassez hídrica. Uma das grandes dificuldades das Unidades Agrícolas Familiares (UAF) é a disponibilidade de recursos financeiros para que possam ter acesso a tais tecnologias, que podem viabilizar a reposição da fertilidade dos solos e que, em decorrência, viabilizam maiores produtividades e condições de transformação dessas unidades de avançarem na sua condição de produtoras. Isso pode ser arrefecido através de programas de crédito rural com juros subsidiados para esses agricultores.

A agricultura familiar no Ceará é, predominantemente, dominada pelas culturas de sequeiro, em que as produtividades da terra são baixas, impossibilitando uma competição com produtores maiores, sendo, portanto, predominantemente voltadas para a segurança alimentar das famílias rurais que as produzem. As terras para a prática dessas atividades agrícolas, no geral, possuem tamanhos insuficientes e são exploradas até à exaustão, atuando em conjunto com a sua baixa fertilidade natural, sendo que os tamanhos relativos das terras, bem como a sua relativa qualidade, decrescem com o crescimento do tamanho das famílias. Buainain *et al*

(2013) afirmam que é comum caracterizar a agricultura familiar como um setor atrasado do ponto de vista econômico, tecnológico e social, voltado fundamentalmente para a produção de produtos alimentares básicos e com uma lógica de produção de subsistência.

2.7 Relação entre instabilidade climática e agricultura de sequeiro no semiárido cearense

O semiárido, como já foi mostrado neste estudo, ocupa grande parte da superfície do estado do Ceará. Em aproximadamente 75% da sua superfície, ocorrem totais anuais de chuvas menores que 1000 mm, e em algumas localidades ocorrem totais anuais menores que 500 mm. Essa adversidade climática se constitui em um grande problema socioeconômico, visto que precipitações pluviais controlam a produção das culturas nos trópicos sazonalmente secos, como discutido no item anterior (SILVA E RAO, 2002).

De acordo com Silva e Rao (2002), no semiárido cearense, concentrado nas regiões Centro-Leste e Centro-Oeste, assim como em toda a área onde chove menos de 1000mm anuais, além de anos secos e dos baixos totais pluviais anuais, a distribuição interanual da chuva também é instável, tendo em vista que concentra mais de 70% do total em apenas quatro meses.

Nessa época, o solo supostamente apresenta umidade adequada ao crescimento e ao desenvolvimento das principais culturas tradicionais da região como feijão, mandioca e milho. Além dos anos secos e da curta duração da estação chuvosa, a região ainda tem outra adversidade climática no tocante à exploração agrícola, que é a ocorrência de períodos multidiários com pouquíssima, ou nenhuma, chuva durante a estação chuvosa, conhecidos como veranicos. Eles se constituem em um sério problema porque, quando vão além de aproximadamente dez dias, durante os estádios fenológicos de floração e de formação da produção, causam frustração parcial ou total de safra. Esse tipo de evento é conhecido como “seca verde” (SILVA E RAO, 2002). Esses autores ainda afirmam que os efeitos dos anos secos, a curta duração da estação chuvosa e os anos em que acontecem os veranicos (estiagem que ocorre em períodos chuvosos, com dias de muito sol e calor) poderão ser minimizados mediante a utilização de variedades de cultivos de ciclo curto e tolerantes à seca e, também, pela adoção de irrigação suplementar, dependendo do tipo de solo e da disponibilidade e qualidade da água.

De acordo com Alves *et al* (2009), áreas vulneráveis do ponto de vista de variabilidades pluviométricas interanuais como o semiárido cearense sempre terão atividades como a agricultura de sequeiro, que dependem da oferta de água proveniente da estação chuvosa, como

de alto risco quanto à produção e ao rendimento. As culturas de sequeiro, sobretudo as de ciclo curto são as mais afetadas.

Atividades agrícolas dependem da oferta e demanda de água. Os principais fatores que tem relação direta com anos de maior ou menor irregularidade de precipitação no Nordeste, onde o Ceará está situado, são os fenômenos El Niño e La Niña e os gradientes meridionais, norte sul ou sul norte, positivos ou negativos de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical (HASTENRATH, 2012).

O dipolo positivo caracteriza-se com o predomínio de anomalias positivas no Atlântico Tropical Norte e negativas no Atlântico Tropical Sul. Para o dipolo negativo de anomalias de TSM essas características são contrárias em ambas as bacias (ALVES *et al.*, 2009).

Sena (2011) afirma que o Ceará está situado num espaço geográfico envolto de serras e chapadas, o que impede que as massas de ar frio cheguem ao sertão pelo interior, provocando a aridez que, juntamente com a irregularidade pluviométrica, aumenta o risco de melhores produções e produtividades de culturas de subsistência.

As variações climáticas têm efeitos significativos sobre solos de sequeiro porque estes possuem baixos níveis de atividade biológica e matéria orgânica, sendo sensíveis à erosão causada pelo vento e pela água, o que diminui a cobertura vegetal, sendo, portanto, vulneráveis aos processos de desertificação. No entanto, apesar de a agricultura de sequeiro representar alta vulnerabilidade às condições climáticas, deve-se ressaltar a importância da contribuição dessa atividade para a segurança alimentar, dado que, nos anos de boas precipitações de chuvas, a agricultura de subsistência em sistema de sequeiro contribui substancialmente para atender as necessidades alimentares domésticas, numa evidente demonstração de capacidade resiliente dessas lavouras.

A agricultura faz parte de uma estratégia incluyente e sustentável de desenvolvimento para o Ceará. Vista em dimensão histórica e comparativa, a agricultura é paradigma: é nela que costumam emergir as primeiras práticas e arranjos que depois se difundem por toda a economia. A coexistência de agricultura irrigada e de agricultura de sequeiro, na região, não depende apenas de alocações de recursos. Exige também toda uma série de inovações institucionais para efetivar seu potencial (UNGER, 2009).

De acordo com Quaranta (2013), tendo em vista que a agricultura de sequeiro nas regiões semiáridas é uma atividade sujeita a altos riscos de perdas de safra devido à alta variabilidade pluviométrica, deve se basear em sistemas de economia de água que, interligada

à utilização de técnicas específicas de cultivo, permitem um uso eficaz e eficiente da limitada umidade do solo.

O estado do Ceará apresenta uma condição de alta irregularidade pluviométrica, tanto em quantidade quanto em frequência, o que torna o sistema de produção de sequeiro muito frágil, resultando em quedas de produção e, em casos mais drásticos, até mesmo em não produção das culturas. Diversos municípios utilizam tecnologias ultrapassadas, com práticas rudimentares, de subsistência e com resultados econômicos insuficientes, em que apenas o excedente do consumo, quando existe, é comercializado e possui, em geral, uma produtividade muito baixa. Campos *et al* (2010) ressaltam que isso permite que a população rural esteja sempre à mercê dos problemas de ordem natural, como as estiagens que atinge periodicamente muitas regiões e que afetam diretamente a produção agrícola.

Geralmente, questões como escassez hídrica e a seca são associadas aos problemas encontrados no semiárido, principalmente devido às diferenças marcantes de precipitação pluviométrica anual de uma região para outra, e ao fato de que a seca pode reduzir significativamente as produtividades das lavouras e restringir as áreas cultivadas.

As chuvas não possuem regularidade na distribuição, são concentradas em poucos meses do ano e a maior parte de suas águas não são aproveitadas devido a evaporação e ao escoamento superficial. Porém, a falta da água pode, em alguns casos, ser total ou parcialmente amenizada.

Dessa forma, o principal problema do semiárido não é a quantidade de chuvas e sim sua forma de distribuição, tanto no tempo como no espaço. Um só trimestre chega a registrar até 90% da precipitação anual. Assim, dentro de um ciclo de cultivo, muitas vezes a quantidade de chuva precipitada seria suficiente para uma colheita satisfatória se fosse bem distribuída ao longo do ciclo. Entretanto, ela se concentra apenas em uma ou duas chuvas em quantidades apropriadas e acaba não permitindo a produção e a colheita adequadas (EMBRAPA, 2011).

Sendo assim, a instabilidade pluviométrica é uma variável diretamente relacionada com a produção das lavouras de sequeiro, como feijão, mandioca e milho, abordadas nesse trabalho. Essas são culturas praticadas por grande parte dos agricultores familiares cearenses, tanto para subsistência como para venda de eventuais excedentes. Essas lavouras produzidas no Ceará não utilizam tecnologias modernas, fazendo com que a agricultura cearense, de um modo geral, e a familiar, em especial, tenha dificuldades no seu desenvolvimento. Ademais, a instabilidade do clima atinge significativamente a produção agrícola, e a correlação entre esses fatores se intensifica devido ao constante crescimento da população que, conseqüentemente, requer maior demanda por alimentos (LEMOS, 2020).

Volumes de chuvas abaixo ou acima das necessidades hídricas dos cultivos acabam causando problemas relacionados à queda das áreas colhidas e das produtividades das lavouras cultivadas majoritariamente em regime de sequeiro. Em consequência, afetam a produção e o valor da produção dessas culturas. Essas lavouras desempenham papéis importantes tanto para fomentarem a segurança alimentar como para prover alguma renda monetária para os agricultores familiares do semiárido nordestino e cearense (ROSENZWEIG; HILLEL, 2005; THORNTON *et al*, 2008; PEREIRA, 2018; FUNCEME, 2020).

Jonesa e Thornton (2003) ressaltam que os impactos das alterações climáticas sobre a agricultura podem aumentar, de forma significativa, os desafios de garantir a alimentação e reduzir a pobreza. Com a deficiência de água, torna-se difícil o desenvolvimento da agricultura e criação de animais, causando fome, falta de recursos econômicos e dificuldades socioeconômicas para as famílias rurais. Diante disso, é importante um investimento agrícola adaptado ao clima e solo da região, com a utilização de tecnologias agrícolas como forma de minimizar os choques ocasionados pela estiagem.

Nas últimas décadas, o alcance e a intensidade da desertificação aumentaram em algumas áreas de sequeiro, tendo o clima um grande impacto em solo sequeiro, na vegetação, nos recursos hídricos e no uso da terra. Isso porque o baixo teor de matéria orgânica, a estabilidade agregada e os baixos níveis de produtividade biológica fazem com que as terras secas fiquem mais vulneráveis à desertificação (KAR *et al*, 2016).

Para Mendes (2010), apesar dos grandes avanços técnicos alcançados pelo ser humano, o bem-estar econômico e social continua dependente do clima, sendo bastante provável que essa dependência continue no futuro. A adaptação à instabilidade climática consiste em um dos maiores desafios para a produção e o cultivo das culturas agrícolas. Nesse sentido, os autores reforçam que as condições climáticas afetam todas as etapas da atividade agrícola, desde o preparo do solo, a semeadura, o desenvolvimento vegetativo das lavouras até a colheita, bem como o transporte, o preparo e o armazenamento dos produtos. As implicações de situações meteorológicas adversas tendem constantemente a causar sérios impactos socioeconômicos, muitas vezes difíceis de serem quantificados, prejudicando o desenvolvimento social e econômico do país.

Desse modo, mesmo em regiões com tecnologia avançada e com organização social suficiente para diminuir esses impactos, os rigores meteorológicos muitas vezes causam enormes prejuízos econômicos. Como as condições adversas do tempo são frequentes, e muitas vezes imprevisíveis a médio e longo prazo, a agricultura se constitui em atividade de grande

risco. Assim, o manejo racional por meio da implantação de técnicas agrícolas conservacionistas adaptadas ao ambiente é essencial para o desenvolvimento da produção agrícola, mantendo a sustentabilidade do sistema produtivo, de forma a conservar os recursos naturais com qualidade e quantidades suficientes ao adequado manejo, buscando alcançar níveis satisfatórios de produtividade (VIANELO E ALVES, 1991).

O Nordeste brasileiro, por encontrar-se em grande parte inserido no clima semiárido e subúmido seco, apresenta elevadas temperaturas, baixo índice pluviométrico, além de precipitações irregulares concentradas no início do ano e altas taxas de evapotranspiração, ou seja, fatos que obstaculizam o desenvolvimento de práticas agrícolas (ANGELOTTI *et al*, 2009).

Entre 2010 e 2017, considerado o período mais severo de seca dos últimos 100 anos, o estado do Ceará enfrentou uma situação crítica no que se refere à escassez de chuvas. Nesse período, mesmo considerando chuvas em quantidades em torno da média no ano de 2011, as precipitações foram insuficientes para reabastecer os mananciais e melhorar os volumes armazenados nos reservatórios do estado, os quais encontraram-se até dezembro de 2018, quando aconteceram chuvas importantes no sertão cearense, muito abaixo dos níveis mínimos de segurança hídrica (CEARÁ, 2019). Esse período de estiagem foi um dos maiores registrados no Nordeste. Dezenas de rios e açudes secaram e a produção agrícola que abastece o Ceará, e quase todos os outros estados do Nordeste, foi reduzida.

Convém destacar que dos 184 municípios do estado, 160 declararam estado de emergência em 2016 devido à forte escassez de água. Relacionado a essa questão, em regiões semiáridas do mundo o problema continua não sendo somente a falta de recursos naturais, mas também de políticas coerentes destinadas à adaptação dos agricultores à distribuição irregular desses volumes de pluviometria, para atendimento de suas necessidades básicas (SENA, 2011; LEMOS, 2020).

Segundo Cortez *et al* (2017), as reservas hídricas superficial e subterrânea ficaram comprometidas, afetando o abastecimento dos centros urbanos e causando impactos diretos à agricultura, à pecuária, à aquicultura e à piscicultura. A distribuição geográfica dessas chuvas no Estado e, considerando a característica marcante do semiárido quanto à evaporação e à evapotranspiração, explicam a severidade de condições que passam a população cearense, não obstante todas as ações de governo, nos âmbitos federal, estadual e municipal, que vêm sendo implementadas desde há pelo menos três décadas no sentido de minorar esse quadro.

Além da distribuição temporal, outro aspecto a ser considerado é a extrema variabilidade

nos aportes entre as bacias hidrográficas, visto que os maiores volumes se concentram em bacias localizadas mais próximas do litoral. Nestas, a seca é mais amena em razão das chuvas normalmente mais abundantes, devido ao posicionamento mais favorável da Zona de Convergência Intertropical, principal sistema indutor de chuvas. No início de 2017, o sistema de acumulação e abastecimento do Ceará estava em estado crítico e acumulava 6,2% da sua capacidade total. Algumas bacias tinham reserva extremamente crítica, como a dos Sertões de Crateús, com apenas 1,17% da capacidade; a do Banabuiú, com 1,6%; a do médio Jaguaribe, que mesmo com o açude Castanhão, acumulava apenas 4,5%; e a bacia do Curú, com 1,3% da capacidade (CORTEZ *et al*, 2017).

Em resumo, a disponibilidade hídrica do semiárido cearense resulta da combinação entre aspectos de natureza geológica, tais como a ocorrência de substrato cristalino, e de natureza climatológica, através da escassez e má distribuição das chuvas. Tais aspectos constituem os principais determinantes do comportamento fluvial regional, resultando na intermitência como a característica mais marcante dos rios no interior do Ceará. Além da escassa afluência e baixa capacidade natural de armazenamento, as elevadas taxas de evaporação observadas na região se constituem no terceiro fator natural que determina as condições de escassez de água no estado do Ceará (ANA, 2017).

Portanto, no semiárido cearense a instabilidade pluviométrica é uma das principais características, com chuvas irregulares e longos períodos de estiagem, constituindo-se em uma das principais adversidades enfrentadas por aqueles que vivem nessas regiões, principalmente pelos que exercem atividades agrícolas sobre as lavouras de sequeiro, pois dependem praticamente das precipitações pluviométricas para o seu desenvolvimento.

2.8 Agricultura de sequeiro no Estado do Ceará

O regime de sequeiro é um sistema de plantio que consiste em cultivar lavouras que dependem exclusivamente da precipitação de chuvas. Quando a pluviosidade é insuficiente para o desenvolvimento de culturas, transmite instabilidade para a produção dessas lavouras (SALVIANO *et al*, 2020). Esse sistema não utiliza irrigação e conta apenas com a água da chuva para que a cultura complete seu ciclo. As culturas de feijão, mandioca e milho geram segurança alimentar e renda para as famílias, sendo produzidas em regime de sequeiro em praticamente todos os municípios cearenses. Não utilizam tecnologias modernas, incorrendo assim em baixa produtividade.

A maior parte dos pequenos produtores não faz coleta dos seus solos para mandar realizar análises e, tanto a correção do solo, quanto a adubação, quando realizadas, estão quase sempre aquém do que é recomendado. O controle de plantas invasoras geralmente é mecânico e, muitas vezes, realizado tardiamente. A baixa densidade de plantio é frequente, o que facilita a ocorrência do mato. Normalmente, a colheita é realizada manualmente e com atraso, o que aumenta as perdas no campo e a infestação de insetos, dificultando os ganhos tanto na segurança alimentar como na venda dos excedentes (MOURA *et al*, 2007).

Logo, tratam-se de culturas que, no geral, apresentam baixas produtividades da terra. Isso pode ser atribuído às condições climáticas adversas, ao baixo nível de capitalização dos produtores, à ausência de acesso contínuo aos serviços de extensão e pesquisa e aos recursos adequados à sua realidade.

No Ceará, como técnicas de convivência com o semiárido utilizadas em sistemas de produção de agricultura de sequeiro, utilizam-se consórcios de culturas em grande parte dos municípios, sendo os principais: caju/feijão, caju/mandioca, mamona/milho e feijão/milho. Brasil (2011a) destaca que, apesar da difusão de práticas agroecológicas, os consórcios normalmente são cultivados nos sistemas conhecidos como agricultura toco, com revezamento itinerante de áreas, quando isso ainda é possível, tendo em vista o tamanho bastante reduzido que prevalece nos estabelecimentos dos agricultores familiares, em geral, e dos cearenses, de forma específica.

As culturas de feijão e milho são consideradas lavouras temporárias (culturas de curta duração, menor que um ano). A mandioca tem um ciclo mais longo, que pode durar até dezoito meses. Essas lavouras são replantadas em cada ano agrícola. Os agricultores acumulam experiências no decorrer da sua vida observando como procediam os seus antecedentes. Desse modo, fazem reservas das sementes de feijão e de milho, bem como das estacas de mandioca, que serão utilizados nos próximos plantios. Eles selecionam as sementes e as mudas das plantas mais produtivas.

Observam o comportamento do tempo. Desenvolvem habilidades ao longo da sua vida, mediante observação astuta do que acontece em seu redor. Pode-se falar que os agricultores que praticam essas lavouras de sequeiro, que dependem exclusivamente das chuvas, criam capacidades adaptativas às dificuldades que sempre encontram ao longo da sua vida manejando essas atividades. O consórcio com outras atividades, inclusive pecuária, lhes conferem, além dessa capacidade de adaptação às adversidades, que são regras nas suas trajetórias de agricultores, lhes fazem desenvolver resiliência. De tal sorte que, em seguida a dificuldades

climáticas em que as atividades agrícolas, em geral, e as de sequeiro, em particular, são grandemente penalizadas, quando volta à normalidade climática, os agricultores, muitas vezes, “operam milagres” fazendo brotar da terra lavouras esplêndidas. Um observador externo que tivesse visto a penúria que prevalecia para os agricultores durante as estiagens e os veem durante uma bonança climática, ficam surpresos. Por essas razões que os agricultores relutam em abandonar as suas áreas. Essa é uma das características das Unidades Agrícolas Familiares: o apego que esses sujeitos têm ao ambiente em que sempre conviveram. Isso segura a migração rural-urbana, que provocaria estragos na vida dessa gente e das populações que já estão nas cidades, convivendo com a precariedade dos serviços que são ofertados nessas áreas (LEMOS, 2020).

Feijão, mandioca e milho são as principais culturas de subsistência cultivadas no Ceará, com grande importância socioeconômica para o estado, atuando como geradoras de segurança alimentar e de renda para os agricultores familiares. Nos tópicos a seguir, faz-se uma breve apresentação dessas lavouras selecionadas no estudo. Mostra-se a origem, o cultivo, a produção e a importância dessas culturas agrícolas na segurança alimentar da população, principalmente para aqueles que vivem no semiárido cearense, os quais possuem menor poder aquisitivo.

2.8.1 Lavoura de Feijão

O feijão é uma das principais culturas alimentares do Brasil, sendo um dos componentes da cesta básica. É produzido nas cinco (5) regiões do país, cabendo a liderança ao Sul. Os dois gêneros de feijões cultivados no Brasil são *Phaseolus* e o *Vigna*, sendo o primeiro mais cultivado na Região Centro-Sul (carioca e preto) e o segundo nas Regiões Norte e Nordeste, conhecidos por feijão-de-corda ou feijão caupi (ETENE, 2018a).

A produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas, onde outras culturas anuais, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente. Trata-se de uma cultura que se adaptou à Região Nordeste e tem, como consequência, uma grande área cultivada, sendo Bahia, Ceará e Piauí os principais produtores da região. De acordo com IBGE (2020), esses estados produziram, respectivamente, 179.565, 110.067 e 78.642 toneladas de feijão em 2019.

Bastos (2002) afirma que o feijão possui um ciclo curto, com reduzida exigência de consumo de água e rusticidade para desenvolver-se em solos considerados de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem a habilidade para fixar

nitrogênio do ar. Entre os elementos do clima que exercem influência no crescimento e no desenvolvimento do feijão, destacam-se a precipitação de chuvas e a temperatura. A cultura do feijão-caupi exige um mínimo de 300mm de precipitação para uma produção satisfatória, sem a necessidade de utilização da prática de irrigação. Regiões que possuem entre 250 e 500mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura, em que o agricultor deve realizar o plantio na estação chuvosa e a colheita no período seco (BASTOS, 2002).

A produtividade do feijão no Ceará é bastante reduzida quando comparada à do Brasil e do estado maior produtor do cereal no país, o Paraná. As produtividades de feijão no Ceará, Brasil e Paraná em 2019 foram de 292, 1113 e 1519 kg/ha, respectivamente.

A área colhida com feijão no Ceará em 2019 foi de 377.145 hectares, com uma quantidade produzida de 110.126 toneladas. O valor bruto da produção no estado foi de R\$ 699,73 por hectare em 2019.

Considerada uma cultura de subsistência, o feijão é de fundamental importância para os agricultores situados em pequenas propriedades do Nordeste. No Ceará, essa lavoura está presente em todos os municípios, sendo desenvolvida durante o período chuvoso, que se estende entre os meses de fevereiro a maio/junho. De acordo com IBGE (2020), os principais municípios cearenses produtores de feijão são Tamboril, Crateús e Santa Quitéria, produzindo, respectivamente, 4.648, 4.304 e 3.542 toneladas em 2019.

2.8.2 Lavoura de Mandioca

A mandioca é um produto tipicamente de agricultura familiar, sendo uma das poucas culturas cuja origem está localizada no Brasil, pois desde antes do descobrimento os nativos já a utilizavam em sua alimentação, sendo os indígenas os responsáveis pela sua disseminação em quase toda a América, e os portugueses e espanhóis pela sua difusão para outros continentes, especialmente África e Ásia (BRASIL, 2010a).

Segundo Mattos e Cardoso (2003), a mandioca encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300m, sendo que as regiões com altitude entre 600 e 800m são as mais favoráveis. É amplamente cultivada em regiões semiáridas, com médias pluviométricas anuais oscilando entre 500 e 700mm.

Os autores ainda destacam que, o sistema produtivo da cadeia da mandioca apresenta três tipologias básicas: a unidade doméstica, familiar e empresarial, levando-se em conta as

interconexões entre a origem da mão de obra, o nível tecnológico, a participação no mercado e o grau de intensidade do uso de capital na exploração. A unidade doméstica é caracterizada por usar mão de obra familiar, sem uso de tecnologias modernas, pouca participação no mercado e baixo capital de exploração. A unidade familiar já adota algumas tecnologias modernas, tem uma participação significativa no mercado e dispõe de mais capital de exploração. A contratação de mão de obra de terceiros é a característica marcante da unidade empresarial que, juntamente com as unidades familiares, respondem pela maior parte da produção no Brasil. A mandioca é utilizada numa infinidade de produtos destinados ao consumo humano. É também consumida por animais na época da seca e amplamente utilizada na indústria. No Nordeste, os principais produtos derivados da mandioca são a farinha e a fécula, responsável pela fabricação da tapioca, patrimônio imaterial da região (MATTOS E CARDOSO, 2003).

A mandioca é matéria-prima fundamental para diferentes segmentos produtivos, como os setores de papel e celulose, têxtil, indústria farmacêutica e de cosméticos, fertilizantes, aplicação em campos de petróleo e siderurgia, e na indústria alimentícia, sendo uma importante matéria-prima para agroindústrias geradoras de emprego e renda.

No Brasil, os maiores produtores de mandioca são os estados do Pará e Paraná, com uma quantidade produzida de 3.711.214 e 3.176.368 toneladas em 2019, respectivamente. Na Região Nordeste, a Bahia lidera a produção, acompanhada pelos estados do Ceará e Maranhão. No ano de 2019, esses estados produziram, respectivamente, 648.444, 642.188 e 464.148 toneladas de mandioca (IBGE, 2020).

A produtividade da mandioca é uma das maiores do Brasil. Em 2019, foi de 14.702 kg/ha. No Pará e Paraná, principais produtores no país, a produtividade foi de 14.164 e 23.045 kg/ha, respectivamente.

No Ceará, o cultivo é realizado em sua maioria por agricultores familiares em regime de sequeiro, com pouca inserção no mercado e com função de subsistência. Em 2019, a área colhida com mandioca no estado foi de 60.642 hectares. A produtividade dessa lavoura no Ceará em 2019 foi de 10.590 kg/ha. O valor bruto da produção da lavoura também nesse ano foi de R\$ 3.183 por hectare.

Os principais municípios cearenses produtores de mandioca são Salitre, Araripe e Granja, que produziram, respectivamente, 63.803, 59.660 e 36.823 toneladas em 2019. As áreas colhidas com essas lavouras foram de 4.560, 4.026 e 3.691 hectares, respectivamente. Assim, a produtividade da mandioca em Salitre foi de 13.992 kg/ha. Em Araripe foi de 14.819 kg/ha e em Granja foi de 9.976 kg/ha (IBGE, 2020).

2.8.3 Lavoura de Milho

O milho é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*, cuja espécie é a *Zea mays* L. Todos os tipos de milho estão incluídos em sete (7) gêneros, dos quais dois (2) são nativos do hemisfério ocidental e cinco (5) da Ásia. A produção no Brasil é dividida em duas épocas de plantio: a safra e a safrinha. Os plantios de verão, ou primeira safra, são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso. A produção obtida na chamada “safrinha”, ou segunda safra, se refere ao milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, em fevereiro ou março, nas Regiões Sudeste e Sul (MAGALHÃES; SOUZA, 2015).

Considerado uma das mais importantes e antigas culturas agrícolas, sendo o primeiro cereal em termos de produção, o milho é um produto estratégico para a segurança alimentar da população mundial, sendo também cultivado para a extração do bioetanol e utilizado como insumo em diversos segmentos do setor industrial (ETENE, 2018b).

Segundo a Embrapa (2011) a cultura do milho é caracterizada pela sua importância econômica e pelas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Embora a utilização na alimentação humana não seja tão expressiva no país, esse cereal é importante em regiões com baixa renda, como no Nordeste do Brasil, constituindo-se em uma das principais fontes de energia para aqueles que vivem no semiárido, apresentando uma produção expressiva tanto na agricultura de subsistência quanto no agronegócio.

Alves e Amaral (2012) ressaltam que o Nordeste possui pontos que favorecem a produção de milho na região, como a disponibilidade de terras e de crédito com menor custo para expansão da atividade, infraestrutura para escoamento da produção, clima favorável e a existência de instituições de pesquisa voltadas para o desenvolvimento do setor. No Ceará, a cultura é explorada em praticamente todos os municípios, em que predomina como sistema de cultivo o de sequeiro, sendo que a maior parte da produção é feita em pequenas propriedades por agricultores familiares.

Segundo o IBGE (2020), os principais produtores de milho no Nordeste brasileiro são os estados da Bahia, Piauí e Maranhão, ficando o Ceará em quinto lugar, tendo este último produzido 423.601 toneladas em 2019. A área colhida com milho no Ceará naquele ano foi de 521.473 hectares. A produtividade dessa cultura no estado em 2019 foi de 812 kg/ha. O valor da produção de milho, uma aproximação da renda bruta associada à lavoura, foi de R\$ 578,6 por hectare em 2019.

Os principais municípios cearenses produtores de milho são Crateús, Tamboril e Novo Oriente, que produziram, respectivamente, 26.146, 19.250 e 18.506 toneladas em 2019, com produtividades de 1.538, 1.618 e 1.612 kg/ha, respectivamente.

3 METODOLOGIA

Nesta seção é descrita a delimitação da área de estudo, a definição e as fontes da base de dados com as variáveis utilizadas, além dos métodos de análises utilizados para o tratamento dos dados e para o alcance dos quatro (4) objetivos específicos propostos para a pesquisa.

3.1 Delimitação da área de estudo

O Ceará está localizado na Região Nordeste do Brasil, limitando-se a Norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com o estado de Pernambuco, a Leste com os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba e a Oeste com o estado do Piauí. Possui uma área de 148.886,3km², equivalente a 9,58% da área do Nordeste e a 1,75% da área do Brasil. É o 4º maior estado da Região Nordeste e o 17º entre os estados brasileiros, em termos de extensão territorial (IPECE, 2021).

De acordo com o último Censo Demográfico realizado pelo IBGE (2010), possuía 8.452.381 habitantes, com densidade demográfica de 56,76 hab./km². Em 2010, o percentual da população residente do Ceará, que se localizava na zona urbana, foi de 75,09%, sendo de 24,91% o percentual da população que vivia na sua zona rural. Em termos quantitativos, tinha-se em 2010 um total de 6.346.557 pessoas residindo em áreas urbanas e 2.105.824 em áreas rurais.

O estado se localiza entre os paralelos de 2,5° S e 10° S e os meridianos de 34° W e 42° W. O relevo possui altitude variada que, excetuando-se as elevações localizadas, cresce de Norte a Sul e de Leste para Oeste, sendo os postos pluviais Camocim (5 m) e Mulungu (1050 m) os de menor e maior altitudes, respectivamente (SILVA E RAO, 2002).

No que tange a Divisão Político-Administrativa, o Ceará é composto por cento e oitenta e quatro (184) municípios. A regionalização atual dos municípios adotada pela Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG) é composta por quatorze (14) Regiões de Planejamento, assim definidas: Cariri, Centro Sul, Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão dos Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe. Essas regiões foram criadas a partir de aspectos semelhantes vinculados às características geoambientais, socioeconômicas, culturais e de rede de fluxos dos municípios. O estado também possui duas

(2) Regiões Metropolitanas (Fortaleza e Cariri) e dezoito (18) microrregiões administrativas (IPECE, 2021).

Salienta-se que outras regionalizações são utilizadas de forma específica por algumas Secretarias do Governo do Estado. Dessa forma, para efeito desta pesquisa, utiliza-se a regionalização feita pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Sobre esse aspecto, é preciso destacar que o Ceará possui um sistema climatológico diferenciado dos demais estados da Região Nordeste, sendo objeto de vários estudos sobre o regime de chuva peculiar que ocorre no estado. Desse modo, para melhor entendimento desse regime, a FUNCEME dividiu o estado do Ceará em macrorregiões homogêneas de chuva, delimitando-o em oito (8) regiões climáticas, que são caracterizadas a seguir:

a) Região Climática Cariri

Essa região climática está localizada no Sul do estado do Ceará e abrange vinte e oito (28) municípios, são eles: Abaiara, Altaneira, Aurora, Baixio, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Caririaçu, Cariús, Cedro, Crato, Farias Brito, Granjeiro, Ipaumirim, Jardim, Jati, Juazeiro do Norte, Jucás, Lavras da Mangabeira, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Nova Olinda, Penaforte, Porteiras, Santana do Cariri, Umari e Várzea Alegre (FUNCEME, 2020).

Quanto aos aspectos produtivos da região climática Cariri, as principais lavouras alimentares cultivadas são: arroz, fava, feijão, mandioca e milho. Deve-se destacar a importância da mandiocultura para os agricultores dos municípios que compõem essa região (BRASIL, 2010b).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 101.982 hectares, com uma produção de 114.404 toneladas e uma produtividade de 1.121,8 quilogramas/hectare no ano de 2017 (IBGE, 2020).

Segundo o IPECE (2021), que entende ser essa região uma das regiões de planejamento no estado, o Cariri possui uma área de 17.390,30km², com uma população estimada de 1.014.610 e densidade demográfica de 58,34 hab./km² em 2017. O PIB da região nesse ano foi de R\$ 11.833.491 (IBGE, 2020).

De acordo com Brasil (2010b), nos anos 2000 foi criada a Região Metropolitana do Cariri, formada pelos municípios de Juazeiro, Barbalha e Crato, bem como pelos municípios que lhes são limítrofes: Santana do Cariri, Nova Olinda, Farias Brito, Caririaçu, Missão Velha e Jardim. Essa criação teve o objetivo de constituir uma circunstância cultural e socioeconômica

capaz de compartilhar com a capital a atração de população, equipamentos, serviços e investimentos públicos e privados. Dentre as atividades desenvolvidas, destacam-se os arranjos produtivos locais de calçado e do turismo.

Ceará (2021) ressalta que as três (3) cidades principais (Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha) mantêm vínculos estreitos, tanto em termos de proximidade territorial quanto relacional, sobretudo pela relação de complementaridade socioeconômica no Cariri cearense, sendo que a Região Metropolitana foi criada objetivando reduzir tanto as disparidades econômicas e sociais entre a capital e o interior, como para minimizar o desenvolvimento desigual do triângulo CRAJUBAR (acrônimo que reúne as iniciais dos três municípios que dela fazem parte: Crato, Juazeiro e Barbalha) em relação aos municípios vizinhos. Assim, foi idealizada pelo governo estadual visando a criação de um novo polo de desenvolvimento socioeconômico que pudesse dividir com a Região Metropolitana de Fortaleza a atração de investimentos e ampliar a qualidade de vida de sua população. O Cariri se constituiu como região metropolitana em virtude de ser a segunda região urbana mais expressiva do estado, dada com a conurbação formada pelos municípios que dela fazem parte (CEARÁ, 2021).

b) Região Climática Ibiapaba

A região climática Ibiapaba está localizada na mesorregião Noroeste cearense e abrange vinte e seis (26) municípios, sendo: Ararendá, Cariré, Carnaubal, Coreaú, Croatá, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Groaíras, Guaraciaba do Norte, Hidrolândia, Ibiapina, Ipaporanga, Ipu, Ipueiras, Mucambo, Nova Russas, Pacujá, Pires Ferreira, Poranga, Reriutaba, São Benedito, Tianguá, Ubajara, Varjota e Viçosa do Ceará (FUNCEME, 2020).

Segundo o IPECE (2021), a Serra da Ibiapaba é composta por nove (9) municípios (Carnaubal, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, Ipu, São Benedito, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará), dentre os vinte e seis (26) municípios da região, por possuírem características e condições geofísicas e sociais semelhantes. A Serra da Ibiapaba possui uma área de 5.697,30 km², com população de 357.080 e densidade demográfica de 62,68 hab./km² em 2017. Conforme o IBGE (2020), o PIB de 2017 estimado para toda a região da Ibiapaba foi de R\$ 6.687.091.

A região é conhecida nacionalmente pela produção de hortaliças, com destaque para a cultura de tomate nos municípios de Guaraciaba do Norte e Tianguá. A cana-de-açúcar é cultivada em todos os municípios, representando a segunda maior produção do estado. A produção agropecuária tem foco na produção de mandioca, feijão, milho e algumas fruteiras

(BRASIL, 2011a).

Do Censo Agropecuário de 2017 depreende-se que as áreas colhidas de feijão, mandioca e milho na região somaram 117.168 hectares, com uma produção de 73.472 toneladas e produtividade de 627,07 quilogramas/hectare em 2017 (IBGE, 2020).

A Serra da Ibiapaba está inserida na região climática Ibiapaba e constitui-se em um importante polo de desenvolvimento no estado. Santiago (2005) afirma que o governo cearense, percebendo as potencialidades da Serra da Ibiapaba para a produção agrícola, optou por investir intensamente, a partir de 1998, em agricultura irrigada polarizada. Dentro de sua visão particular de agronegócio e de desenvolvimento, o principal passo adotado para o setor agrícola pelos Governos foi conceber polos de crescimento agrícola: Agropolos, dentre os quais, o da Ibiapaba.

c) Região Climática Jaguaribana

A região climática Jaguaribana está localizada na porção Leste do Ceará e possui vinte e quatro (24) municípios, sendo: Alto Santo, Aracati, Banabuiú, Ererê, Fortim, Ibicuitinga, Icapuí, Icó, Iracema, Itaiçaba, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Orós, Palhano, Pereiro, Potiretama, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte (FUNCEME, 2020).

O IPECE (2021), por sua vez, define como Região do Vale do Jaguaribe uma das suas regiões de planejamento do estado, porém sendo composto apenas por quinze (15) localidades (Alto Santo, Ererê, Iracema, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Pereiro, Potiretama, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte), dentre os vinte e quatro (24) municípios da Região Climática da Jaguaribana definida pela FUNCEME. O Vale do Jaguaribe possui uma área de 15.006,77km², população estimada em 390.693 habitantes e densidade demográfica de 26,03 hab./km² em 2017 (IPECE, 2021). Segundo o IBGE (2020), o PIB de 2017 estimado para toda a região da Jaguaribana foi de R\$ 8.539.029.

A produção agrícola dessa região climática produz frutas, grãos e hortaliças. A agricultura irrigada comporta aproximadamente 90% dessa produção, com ênfase na fruticultura irrigada. Dentre as principais culturas se destacam o feijão, milho, banana, hortaliças, melão, melancia e mandioca (BRASIL, 2011b).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na Jaguaribana somaram 75.412 hectares, com uma produção de 33.787 toneladas e

uma produtividade de 448.03 quilogramas/hectare em 2017 (IBGE, 2020).

d) Região Climática Litoral de Fortaleza

Essa região climática é composta por quatorze (14) municípios, são eles: Aquiraz, Beberibe, Cascavel, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e Pindoretama (FUNCEME, 2020).

A produção agropecuária nessa região é bastante diversificada, indo da avicultura até à produção de flores e plantas ornamentais. Brasil (2011c) destaca que as cadeias produtivas mais proeminentes são: cajucultura, mandiocultura, ovinocaprinocultura, horticultura, fruticultura e plantas ornamentais. Mandioca, feijão, milho, cana-de-açúcar e hortaliças são as principais culturas cultivadas.

Utilizam-se também de material melhorado geneticamente, principalmente no cultivo do caju (anão precoce), milho e mamão. Os principais consórcios utilizados são caju/mandioca e feijão/milho. O município de Chorozinho apresenta a maior área de produção de mandioca, seguido de Pacajus e Horizonte. Os dois municípios fazem parte do polo da cajucultura, havendo, portanto, várias minis agroindústrias em pleno funcionamento na região (BRASIL, 2011c).

Segundo o Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 23.294 hectares, com uma produção de 34.701 toneladas e uma produtividade de 1.489,7 quilogramas/hectare. O PIB de 2017 no Litoral de Fortaleza foi estimado em R\$ 95.274.740 (IBGE, 2020).

e) Região Climática Litoral do Pecém

Essa região climática está localizada na porção Noroeste do Ceará e abrange dezesseis (16) municípios, a saber: Apuiarés, General Sampaio, Irauçuba, Itapajé, Itapipoca, Paracuru, Paraipaba, Paramoti, Pentecoste, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Tejuçuoca, Trairi, Tururu, Umirim e Uruburetama (FUNCEME, 2020).

Segundo Brasil (2011d), o Litoral do Pecém apresenta grandes potencialidades agropecuárias como as culturas da mandioca, milho, feijão, fava, caju, coco, banana, mamão, avicultura, pesca, extrativismo da carnaúba e fruticultura irrigada.

Além disso, dispõe de uma forte cadeia de artesanato e turismo. A cana-de-açúcar é uma cultura bastante explorada, principalmente nos municípios de Paraipaba, Paracuru e São Gonçalo do Amarante, tendo como principal canal de comercialização a fábrica de cachaça da Ypióca, a maior destilaria de cachaça do Brasil, com uma de suas fábricas sediada na região

(BRASIL, 2011d).

De acordo com os resultados mostrados pelo Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 113.266 hectares, com uma produção de 126.777 toneladas e produtividade de 1.119,3 quilogramas/hectare em 2017. O PIB nesse ano foi estimado em R\$ 9.777.280 (IBGE, 2020).

f) Região Climática Litoral Norte

A região climática Litoral Norte é composta por vinte e dois (22) municípios, são eles: Acaraú, Alcântaras, Amontada, Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Chaval, Cruz, Granja, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Marco, Martinópole, Massapê, Meruoca, Miraíma, Moraújo, Morrinhos, Santana do Acaraú, Senador Sá, Sobral e Uruoca (FUNCEME, 2020).

É preciso ressaltar que o IPECE (2021) compreende os municípios da região climática Litoral Norte, conforme classificação da FUNCEME, em duas (2) regiões de planejamento distintas no estado do Ceará: Sertão de Sobral e Litoral Norte.

As cadeias produtivas da agricultura familiar que se destacam nessa região climática são a cajucultura, horticultura, o extrativismo da carnaúba, oleaginosas e fruticultura irrigada. As principais culturas exploradas no sistema de sequeiro são o cultivo do milho, arroz, mandioca, feijão e fava (BRASIL, 2011e).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 115.726 hectares, com uma produção de 262.365 toneladas e uma produtividade de 2.267,1 quilogramas/hectare em 2017. O PIB nesse ano foi estimado em R\$ 9.998.820 (IBGE, 2020).

g) Região Climática Maciço de Baturité

Essa região climática compreende quatorze (14) municípios: Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaiuba, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção (FUNCEME, 2020).

As culturas que mais se destacam em produção são cana-de-açúcar, milho, mandioca, tomate, feijão e arroz. Quanto à geração de renda, as culturas que mais se destacam são milho, feijão, cana-de-açúcar e mandioca (BRASIL, 2011f).

Segundo as evidências coletadas junto ao Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 41.847 hectares, com uma produção de 31.519 toneladas e uma produtividade de 753,2 quilogramas/hectare em 2017 (IBGE, 2020).

O IPECE (2021) inclui o Maciço de Baturité como uma das regiões de planejamento do

estado. A região possui uma área de 3.707,26km², com uma população estimada de 242.385 e densidade demográfica de 65,38hab./km² em 2017 (IPECE, 2021). Segundo o IBGE (2020), o PIB nesse ano estimado para a região foi de R\$ 2.445.874.

h) Região Climática Sertão Central e Inhamuns

Essa região climática está localizada na porção Sudoeste, Oeste, Centro-Oeste e Noroeste do Ceará, e possui quarenta (40) municípios, são eles: Acopiara, Aiuaba, 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, 2020).

No sistema produtivo, tem-se a produção de castanha de caju, goiaba e laranja. Além de algodão herbáceo, cana-de-açúcar, fava, feijão, mamona, mandioca e milho. No cultivo da fruticultura, destaca-se as fruteiras irrigadas (manga, maracujá, caju, banana, mamão, acerola, goiaba e graviola), as fruteiras de sequeiro (manga, caju, cajá, seriguela, graviola) e as fruteiras de áreas úmidas (coco, banana e manga). O biodiesel é uma cadeia de relevância nessa região climática, pois conta com duas (2) usinas de processamento de oleaginosas, uma no município de Quixadá e a outra em Piquet Carneiro (BRASIL, 2011g).

Segundo o Censo Agropecuário de 2017, as áreas colhidas com feijão, mandioca e milho na região somaram 476.362 hectares, com uma produção de 305.978 toneladas e uma produtividade de 642,3 quilogramas/hectare em 2017. O PIB nesse ano foi estimado em R\$ 11.347.505 (IBGE, 2020).

Ressalta-se que o IPECE (2021) engloba os municípios da região do Sertão Central e Inhamuns, conforme classificação da FUNCEME, em quatro (4) regiões de planejamento distintas no estado do Ceará: Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão dos Crateús e Sertão dos Inhamuns.

No Quadro 3 e na Figura 8 estão as regiões climáticas estudadas, os totais de municípios que cada uma delas possuem originalmente e a quantidade daqueles que foram analisados neste estudo em função das dificuldades a serem referidas no texto no tópico a seguir. No Quadro 3 ainda se mostram os percentuais dos municípios que foram estudados em cada uma das oito (8) regiões climáticas estabelecidas pela FUNCEME. No Anexo A são listadas as regiões climáticas com os respectivos municípios utilizados no estudo.

Quadro 3 - Regiões do Ceará de acordo com a FUNCEME com os totais de municípios e as quantidades estudadas nesta pesquisa

Regiões	Municípios incluídos nas Regiões		
	Total de Municípios	Total de Municípios Estudados	
		Absoluto	Relativo (%)
Cariri	28	27	96,4
Ibiapaba	26	19	73,1
Jaguaribana	24	18	75,0
Litoral de Fortaleza	14	8	57,1
Litoral de Pecém	16	12	75,0
Litoral Norte	22	16	72,7
Maciço de Baturité	14	10	71,4
Sertão Central e Inhamuns	40	29	72,5
Total	184	139	75,5

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da FUNCEME (2020).

Figura 8 - Regiões climáticas do Ceará



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da FUNCEME (2020).

3.2 Base de dados

A pesquisa utiliza dados secundários anuais que constam de informações de precipitações pluviais divulgadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, vários anos), além de observações levantadas junto à Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, vários anos). Dessa fonte se levantam as áreas colhidas, as quantidades produzidas, as produtividades e os valores da produção de feijão, mandioca e milho de todos os municípios cearenses no período de 1974 a 2019.

Informa-se que foi preciso retirar quarenta e cinco (45) municípios cearenses da amostra, pois estes foram emancipados entre as décadas de 1980 e 1990, não tendo, portanto, as séries das informações completas. A inclusão desses municípios poderia comprometer a matriz de dados, porque as séries seriam mais curtas. Dessa forma, a pesquisa trabalha com cento e trinta e nove (139), dos cento e oitenta e quatro (184) municípios do Ceará, e no período de quarenta e seis (46) anos. Assim, têm-se quarenta e seis (46) observações anuais para cada município. As variáveis utilizadas estão mostradas no Quadro 4.

Quadro 4 - Variáveis utilizadas na pesquisa

Variáveis originais		Definição
Exógena	CH_{jt}	Precipitação em mm anuais de chuvas no município j ($j = 1, 2, \dots, 139$) no ano t ($t = 1974, \dots, 2019$);
Endógenas	AR_{ijt}	Área colhida (ha) da cultura i ($i = 1, 2, 3$), no município j , no ano t ;
	PR_{ijt}	Produção (kg) da cultura i , no município j , no ano t ;
	RD_{ijt}	Produtividade da terra (kg/ha) da cultura i , no município j , no ano t .
Construídas	VP_{ijt}	Valor da produção da cultura i , no município j , no ano t e corrigido para valores de 2019;
	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: Autora (2021).

Há duas variáveis endógenas, na definição da produção agrícola das lavouras selecionadas, sobre as quais os agricultores exercem algum controle: área colhida e produtividade.

Com relação à área colhida, sabe-se que os agricultores decidem para cada ano as áreas que irão plantar com as lavouras de que dispõem. Contudo, quase sempre as áreas colhidas são inferiores às áreas plantadas no semiárido, justamente em decorrência das instabilidades climáticas. Assim, assume-se no estudo que a instabilidade associada à área colhida das lavouras é um fator gerador de instabilidade na atividade de sequeiro nos municípios cearenses.

A produtividade da terra afere a relação entre produção (kg) e a área colhida (ha), e irá reproduzir as tecnologias utilizadas pelos agricultores. As variáveis sobre as quais o agricultor pode exercer controle com relação à produtividade são: a qualidade das sementes ou mudas de que faz uso; as técnicas de cultivo; e o acesso aos agroquímicos, que lhe proverá defesa contra ataques de pragas e doenças e ajudará na correção e na fertilização do solo.

Contudo, todos esses controles esbarram em duas dificuldades: o acesso a esses insumos, devido à falta de recursos, e à irregularidade pluviométrica, tendo em vista que, no geral, a agricultura de sequeiro não tem acesso às tecnologias de irrigação, que iriam lhe prover

eficiência técnica segundo a teoria neoclássica de produção.

As tecnologias de cultivo nas lavouras, em sua maioria, são bastante rudimentares, com a utilização de variedades de baixo valor genético e totalmente dependentes da pluviometria. Acrescentam-se a essas dificuldades, as práticas de limpezas das áreas em que o fogo ainda é utilizado. Além disso, a instabilidade pluviométrica que prevalece no semiárido interage com as tecnologias e interfere na produtividade das lavouras de sequeiro. Assim, assume-se que esses fatores provocam instabilidades na produtividade da terra dessas lavouras nos municípios ao longo dos anos avaliados.

Os resultados econômicos das atividades agrícolas dependem dessa eficiência técnica (maior produtividade por unidade de área) associados aos preços de mercado dos produtos que os agricultores disponibilizarem para a venda. O preço está fora da sua capacidade de controle, tendo em vista que exercem atividades em mercados competitivos e, por isso, são tomadores de preços ou ajustadores de quantidades. Dessa forma, a transformação da sua produção física em valor monetário, bem como os resultados econômicos obtidos por unidade de área de cultivo, são indicadores importantes das possibilidades de as atividades agrícolas terem bons ou maus resultados.

O valor da produção corrigido pelo IGPD-I com base em 2019, por definição, se obtém através da multiplicação do preço pela quantidade produzida. O valor da produção por hectare, por sua vez, se obtém a partir da relação entre o valor da produção corrigido e a área colhida (ha). Os preços unitários de feijão, mandioca e milho apresentam oscilações ao longo dos anos como decorrência das instabilidades de mercado e do clima, ambas fora da sua capacidade de controle. Assim, o valor da produção dessas atividades em cada município do Ceará possui instabilidade associada àquelas decorrentes das áreas colhidas, produtividades e dos preços.

3.3 Método de análise

3.3.1 Metodologia utilizada para alcançar o primeiro objetivo específico

Como foi discutido na primeira seção deste trabalho, o primeiro objetivo do estudo é identificar prováveis padrões de distribuição de chuvas nos municípios cearenses e nas oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará no período de 1974 a 2019, comparando-os com o que aconteceu no estado entre 1947 e 2019. Para tanto, recorre-se ao trabalho realizado por Lemos e Bezerra (2019), que classificou as chuvas do Ceará em três períodos: escassez, normalidade e chuvoso. Para fazer essa classificação, os autores utilizaram

as pluviometrias observadas naquele período. Calcularam a pluviometria média para o período e o desvio padrão. Classificaram os períodos chuvosos observados no Ceará. A média estimada naquele trabalho foi de 791,9mm com desvio padrão de 271,6mm. Esses foram os valores utilizados para fazerem as definições dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso para o Ceará e que estão mostrados no Quadro 5, a seguir. Aplicam-se esses limites para cada um dos municípios estudados no período em análise.

Quadro 5 - Módulos testados para a classificação da pluviometria no Ceará, bem como os limites encontrados para cada período entre os anos de 1947 e 2019

Períodos	Intervalo de variação	Definição dos limites observados para o Ceará no período
Estiagem	Pluviometria < (Média – ½ DP)	Pluviometria < 656,10
Normal	Pluviometria = (Média ± ½ DP)	656,10 ≤ Pluviometria ≤ 927,70
Chuvoso	Pluviometria > (Média + ½ DP)	Pluviometria > 927,70

Fonte: LEMOS E BEZERRA (2019).

3.3.2 Metodologia utilizada para alcançar o segundo objetivo específico

O segundo objetivo do estudo, como se viu, tem o propósito de aferir os níveis de instabilidade pluviométrica estimados no período de 1974 a 2019 para os municípios cearenses e para as oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME.

Para aferir estabilidade/instabilidade das pluviometrias, utiliza-se o coeficiente de variação (CV) associado às médias obtidas em cada município analisado, buscando-se avaliar como se comportam os municípios cearenses inseridos em cada região climática e em cada período de chuva. Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio padrão e a média de uma variável aleatória.

Quanto menor o CV, mais homogênea, ou mais estável, será a distribuição das observações em torno da média. Para usar o CV como medida de aferição do grau de homogeneidade/heterogeneidade (ou de estabilidade/instabilidade) de uma distribuição pode ser útil algum conhecimento acerca da definição de seus valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu limites para classificação dos CV em experimentação agrícola. São essas as referências utilizadas neste estudo (Quadro 6).

Quadro 6 - Classificação do CV de acordo com sua amplitude

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

Fonte: GOMES (1985).

3.3.3 Metodologia utilizada para alcançar o terceiro objetivo específico

O terceiro objetivo da pesquisa, como ficou demonstrado, busca aferir as interações existentes entre as instabilidades de chuvas e a produção de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos e nas regiões cearenses entre os anos de 1974 e 2019.

Para aferir estabilidade/instabilidade das variáveis estudadas, utiliza-se o coeficiente de variação (CV) associado às médias de cada uma das variáveis.

De forma a aferir a sinergia entre as precipitações de chuvas dos municípios com as produtividades do feijão, mandioca e milho em kg/ha e com o valor da produção por hectare de feijão, mandioca e milho em R\$/ha o estudo desenvolve o Índice de Produtividade (INPR). Para tal, faz-se uso dessas variáveis corrigidas de acordo com a quantidade de anos em cada período de chuva. Cada variável analisada será multiplicada pelos anos de ocorrência em cada período climático e dividida pelo total de anos avaliados no estudo, que são quarenta e seis (46) anos.

Para construir o INPR a pesquisa faz uso do método de Análise Fatorial (AF) via procedimento de Decomposição em Componentes Principais (DCP). Em seguida, está apresentada uma síntese dessa metodologia que se aplica a este estudo.

3.3.3.1 Análise fatorial e método de extração de decomposição por componentes principais

Determinar relações, indicar e explicar fenômenos é papel próprio da ciência, da pesquisa científica. Para isso, é necessário controlar, manipular e medir as variáveis que são consideradas relevantes ao entendimento do fenômeno analisado. As dificuldades em explicar as informações são distintas em termos epistemológicos, principalmente quando se trata da avaliação estatística das informações. Os métodos estatísticos para analisar variáveis estão dispostos em dois grupos: um que trata as variáveis de maneira isolada, a estatística univariada; e outro que observa as variáveis de forma conjunta, a estatística multivariada, método utilizado no presente estudo, em função de um conjunto de variáveis aleatórias interrelacionadas de forma simultânea (VICINI; SOUZA, 2005).

A explicação básica da construção da análise multivariada é a combinação linear de variáveis com pesos empiricamente determinados. As variáveis são especificadas pelo pesquisador, enquanto que os pesos são determinados pelo objetivo específico das técnicas multivariadas. O resultado é um único valor representando a combinação de todo o conjunto de variáveis que melhor alcança o objetivo da técnica multivariada específica. Na análise de fatores, técnica multivariada empregada na pesquisa, o resultado é formado para melhor representar a dimensionalidade das variáveis, como as representadas pelas suas intercorrelações (VIALI, 2002).

O resultado captura o caráter multivariado da análise, tornando-se, portanto, o ponto central em muitos aspectos. De acordo com Viali (2002), deve-se entender não apenas o impacto coletivo em satisfazer os objetivos da técnica, mas também a contribuição de cada variável sobre o efeito global no resultado.

O principal motivo da utilização da Análise Fatorial (AF) na presente pesquisa foi atribuir pesos às variáveis utilizadas sem que haja a influência do pesquisador, e assim, atribuí-los estatisticamente por meio das relações existentes entre elas, ou seja, por meio da interdependência existente entre as variáveis.

Realizada a etapa de preparação dos dados, é necessário a execução de alguns testes para validar o uso da AF. A saber: normalidade e linearidade, pois desvios nesses quesitos podem reduzir as correlações observadas entre as variáveis e, portanto, prejudicar a solução. Esses testes são realizados no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 26. Fávero *et al* (2009) afirmam que, mesmo o SPSS não apresentando um teste robusto para validar a normalidade multivariada dos dados, mas apenas univariada, este dispõe de ferramentas alternativas que sugerem a existência ou não de distribuição normal dos dados, tais como os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk, ou a elaboração do Box-Plot. A seguir, apresentam-se os fundamentos da Análise Fatorial (AF) e do método de extração de Decomposição em Componentes Principais (DCP).

a) Descrição da Análise Fatorial (AF)

A Análise Fatorial, ou análise do fator comum, é uma técnica multivariada de interdependência que busca sintetizar as relações observadas entre um conjunto de variáveis interrelacionadas, buscando identificar fatores comuns. Segundo Maroco (2007), trata-se de uma técnica de análise exploratória de dados que tem por objetivo descobrir e avaliar a estrutura de um conjunto de variáveis interrelacionadas, de modo a construir uma escala de medida para

fatores (intrínsecos) que, de alguma forma (ou mais ou menos explícita), controla as variáveis originais. A partir das correlações observadas entre as variáveis originais, a AF estima fator (es) comum (ns) que são subjacentes às variáveis e não diretamente observáveis.

Neste sentido, a técnica transforma um conjunto de variáveis correlacionadas em outro grupo que pode ser não correlacionado, de maneira a reduzir a complexidade e facilitar a interpretação dos dados. Assim, a referida técnica busca verificar quantos fatores há no modelo e o que eles representam, embora nomeá-los não seja uma tarefa objetiva.

Agrupar as variáveis em função de suas correlações significa que aquelas as quais compõem determinado fator devem ser altamente correlacionadas entre si e fracamente correlacionadas às variáveis que entram na composição de outro fator qualquer (FÁVERO *et al.*, 2015). Segundo Johnson e Wichern (2007), um fator representa a combinação linear (variável estatística) das variáveis originais. Logo, os fatores também representam as dimensões latentes (*constructos*) que resumem ou explicam o conjunto original de variáveis observadas.

A modelagem da análise fatorial, em geral, pode ser representada através da Equação (1), da seguinte forma:

$$X_i = \alpha_i F + \varepsilon_i \quad (1)$$

Sendo que:

X_i = i-ésimo escore da variável analisada;

F = fator aleatório comum para todas as variáveis medidas;

ε_i = componente aleatório. Normalmente, $E(\varepsilon_i) = E(F) = 0$;

α_i = constante chamada de carga fatorial (*loading*), que mede a importância dos fatores na composição de cada variável (correlação).

O modelo considera que as p variáveis observáveis ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$), extraídas de uma população com vetor de média μ e matriz de covariância Σ , são linearmente dependentes de algumas variáveis não observáveis $F_1, F_2, F_3, \dots, F_m$, denominadas de fatores comuns, e de p fatores adicionais de variação $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_p$, denominadas de erros ou fatores específicos (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Conforme já apontado, α_i é denominado *loading* ou carga fatorial, e representa o peso da variável i no fator j , ou seja, o grau de correlação entre as variáveis originais e os fatores. Efetuando a padronização de X (média 0 e desvio padrão 1), o modelo fatorial passa a ser descrito, genericamente, por meio da Equação (2):

$$X_i = \alpha_{i1}F_1 + \alpha_{i2}F_2 + \dots + \alpha_{im}F_m + \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, p) \quad (2)$$

Neste caso, X_i representa as variáveis padronizadas, as cargas fatoriais, F_m os fatores comuns e os fatores específicos. De acordo com Maroco (2007), o modelo assume as seguintes premissas:

1. Os fatores comuns (F_k) são independentes (ortogonais) e igualmente distribuídos, com média 0 e variância 1 ($k = 1, \dots, m$).
2. Os fatores específicos (ε_i) são independentes e igualmente distribuídos, com média 0 e variância ψ_i ($i = 1, \dots, p$).
3. F_k e ε_i são independentes.

O termo ψ_i representa a variância de ε_i , ou seja, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \psi_i$.

Os fatores podem ser estimados por combinação linear das variáveis, mostrados na Equação (3):

$$\begin{aligned} F_1 &= d_{11}X_1 + d_{12}X_2 + \dots + d_{1m}X_i \\ F_2 &= d_{21}X_1 + d_{22}X_2 + \dots + d_{2m}X_i \\ &\vdots \\ F_m &= d_{m1}X_1 + d_{m2}X_2 + \dots + d_{mi}X_i \end{aligned} \quad (3)$$

F_m são os fatores comuns, d_{mi} os coeficientes dos escores fatoriais e X_i as variáveis originais. O escore fatorial resulta da multiplicação dos coeficientes d_{mi} pelo valor das variáveis originais. No caso de mais de um fator, o escore fatorial corresponderá às coordenadas da variável em relação aos eixos (fatores).

A comunalidade ($h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2$) representa uma estimativa da variância X_i , que é explicada pelos fatores comuns; ψ_i é a conhecida como especificidade de X_i , uma vez que esta não está ligada ao fator comum. Assim, a comunalidade é um índice da variabilidade total explicada por todos os fatores para cada variável, conforme a Equação (4):

$$\text{Var}(X_i) = h_i^2 + \psi_i \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

Quando da aplicação da AF, assim como em outras técnicas, deve-se ter certa preocupação com a premissa da distribuição normal multivariada das variáveis. Além disso, antes de utilizar a análise fatorial, é preciso identificar a existência de *outliers* e se a distribuição dos dados é viesada. Isto porque esses dois fenômenos podem distorcer os resultados, uma vez que alteram as estimativas das médias e dos desvios padrão e, conseqüentemente, as estimativas das covariâncias e das correlações.

Basicamente, a AF pode ser dividida nas seguintes etapas: análise da matriz de correlações e adequações da utilização da AF; extração dos fatores iniciais e determinação do número de fatores; rotação dos fatores; e interpretação dos fatores.

b) Ajustamento da Análise Fatorial

Fávero *et al* (2009) afirmam que, para que seja feita a AF da maneira adequada é preciso efetuar os seguintes passos:

1. analisar a matriz de correlações, confirmando que não se trata de matriz identidade;
2. verificar a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), em que o valor crítico deve ser maior que 0,500;
3. realizar o teste de esfericidade de Bartlett, em que rejeita a hipótese de matriz de correlação ser identidade a 5% de significância;
4. analisar a matriz anti-imagem;
5. avaliar o percentual de explicação da variação acumulada dos componentes estimados.

Com base nesses resultados geram-se os pesos a partir dos componentes, ou dos escores fatoriais.

A matriz de correlações deve ser examinada, no intuito de verificar se existem valores significativos para justificar a utilização da técnica. Caso as correlações entre todas as variáveis sejam baixas, talvez a análise fatorial não seja adequada. Ou então, pode-se esperar que as variáveis com altas correlações tenham a tendência de compartilhar o mesmo fator, pois essa matriz tem o papel de medir a associação linear entre as variáveis, através do coeficiente de correlação de Pearson. Entretanto, se a inspeção visual da matriz de correlações não revelar um número substancial de valores superiores a 0,30, interpreta-se que há fortes indícios de que a utilização da técnica é inadequada. Em outras palavras, os requisitos iniciais de existência de um considerável número de correlações com valores acima de 0,30 é o que permite dar continuidade à aplicação da técnica de AF.

A estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), apresentada na Equação (5), é utilizada para comparar as correlações simples com as correlações fortes. Seus valores variam de 0 a 1, ou seja, avalia se a amostra é adequada ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve ser pequeno. Assim, quanto mais próximo de zero (0), maiores serão os indícios de que a AF não é adequada (correlação fraca). Já no caso de ser mais próximo de um (1), mais adequada é a utilização da técnica. Os intervalos de análise dos valores da estatística KMO são observados no Quadro 7.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (5)$$

Em que:

r_{ij} : coeficiente de correlação simples entre as variáveis;

a_{ij} : coeficiente de correlação parcial.

Quadro 7 - Estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

KMO	Análise Fatorial
1 – 0,9	Muito boa
0,8 – 0,9	Boa
0,7 – 0,8	Média
0,6 – 0,7	Razoável
0,5 – 0,6	Má
<0,5	Inaceitável

Fonte: Fávero *et al* (2009).

A aplicação do teste de esfericidade de Bartlett é feita para analisar a matriz de correlações e verificar a adequação da AF. O teste é feito com a finalidade de avaliar a hipótese de que a matriz das correlações pode ser a matriz identidade com determinante igual a 1.

Os fundamentos técnicos da análise fatorial estão na correlação entre as variáveis que são utilizadas. Para que a técnica seja viável é necessário que a matriz de correlação entre as variáveis não seja uma identidade (THORNTON *et al.*, 2008; HAHN, 2009; SIMONET, 2011).

Caso a matriz de correlações seja igual à matriz identidade, isso significa que as interrelações entre as variáveis são iguais a zero (0). Neste caso, deve-se reconsiderar a utilização de análise fatorial. Se a hipótese nula (H_0 : a matriz de correlações é uma matriz identidade) não for rejeitada, isso significa que as variáveis não estão correlacionadas e, nesse caso, não seria adequado o uso da AF. Mas, se a hipótese nula for rejeitada, haverá indícios de que existem correlações significativas entre as variáveis originais. É válido frisar que, neste teste, as variáveis necessitam apresentar normalidade multivariada.

Outro requisito da AF é verificar a matriz de correlações anti-imagem, uma forma de obter indícios acerca da necessidade de eliminação de determinada variável do modelo, que também contém os valores negativos das correlações parciais. Espera-se que, quanto maiores os valores da diagonal principal, melhor será a utilização da AF. Contudo, é válido salientar que, por vezes, a baixa correlação de determinada variável com as demais não necessariamente implica sua eliminação, uma vez que esta variável pode representar um fator isoladamente.

c) Extração dos fatores

O método utilizado para extração dos fatores é a Decomposição em Componentes Principais (DCP), que considera a variância total dos dados. Esse método tem como característica a busca por uma combinação linear das variáveis observadas, de forma a maximizar a variância total explicada, sendo essa uma medida de dispersão estatística, indica o “quão longe” os seus valores se encontram do valor esperado (FÁVERO *et al.*, 2009). Caso as variáveis sejam determinadas X_1 , X_2 , X_3 e X_4 e forem altamente correlacionadas, elas serão combinadas de modo a formar um fator que explicará a maior quantidade de variância na amostra. Já o segundo componente terá a segunda maior quantidade de variância e não será correlacionada ao primeiro e, assim, consecutivamente.

d) Rotação ortogonal dos fatores

Os fatores produzidos na fase de extração nem sempre são facilmente interpretados. Nesse contexto, a utilização de um método de rotação tem como finalidade principal a transformação dos componentes principais retidos numa estrutura simplificada em que os fatores gerados são independentes e ortogonais (FÁVERO *et al.*, 2009).

Ainda de acordo com os autores existem dois (2) métodos de rotação, que podem ser ortogonais ou oblíquos. Porém, o método utilizado neste trabalho é o de rotação ortogonal, por ser indicado como forma de alcançar uma estrutura mais simples de interpretar. Na rotação ortogonal, os fatores estimados na estrutura inicial são transformados em novos fatores independentes, mantendo-se os valores das comunalidades e a proporção da variância explicada pelo conjunto de fatores. O método rotacional ortogonal utilizado neste trabalho é o *Varimax*, o qual busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, no intuito de simplificar a interpretação dos fatores gerados.

e) Procedimentos metodológicos para consolidar as estimativas do Índice de Produtividade (INPR)

A elaboração de um indicador sintético, como o proposto neste trabalho, envolve a necessidade de se trabalhar com várias unidades de medida, o que ocasiona um problema na hora de consolidar os dados. Portanto, colocá-los em uma mesma escala é parte importante no processo de construção de um índice. Nessa perspectiva há diversas técnicas de padronização, porém, as mais comumente usadas são: a padronização pelo z-score ou a transformação em valores entre zero (0) e um (1) através do método de Max-Min. No presente trabalho, será utilizada a técnica de Max-Min ou transformação 0-1 para padronizar os índices estimados.

Tendo sido estimados os escores fatoriais, que são valores não observados que têm média zero e desvio padrão um. Esses valores, portanto, assumem valores negativos e positivos. Para se construir um índice em escala positiva, variando de zero a um, utiliza-se do seguinte procedimento, na hipótese de ser gerado apenas um fator.

$$\text{INPR} = (X - X_{\text{MÍN}}) / (X_{\text{MÁX}} - X_{\text{MÍN}}) \quad (6)$$

Na Equação (6) o Índice de Produtividade (INPR) terá variação entre zero (0) e um (1). Quando mais próximo de um (1) maior a sinergia entre a pluviometria e as variáveis produtividade e valor da produção de feijão, mandioca e milho. Espera-se que maiores valores do INPR estejam associados aos períodos de normalidade pluviométrica e chuvoso. E os menores valores estejam associados aos períodos de estiagem.

3.3.4 Metodologia utilizada para alcançar o quarto objetivo específico

Para atingir o quarto objetivo do estudo, que busca avaliar como se comportam as oito (8) regiões climáticas em que a FUNCEME classificou o estado do Ceará em relação às interações entre as instabilidades pluviométricas e a produção de feijão, mandioca e milho entre 1974 e 2019, utilizam-se os procedimentos a seguir.

O Índice de Produtividade (INPR) estimado pode ser calculado de forma agregada para as oito (8) regiões climáticas estabelecidas pela FUNCEME. As interpretações são as mesmas feitas para os municípios. Neste caso, o INPR pode ser hierarquizado em ordem crescente ou decrescente. Para tanto, testam-se as hipóteses de que são estatisticamente diferentes. Para realizar esse teste, utilizam-se de variáveis dummies tal como demonstrado na Equação (7) a seguir:

$$Y_{ir} = \beta_0 + \beta_1 D1 + \beta_2 D2 + \beta_3 D3 + \beta_4 D4 + \beta_5 D5 + \beta_6 D6 + \beta_7 D7 + \xi_{ir}. \quad (7)$$

A variável Y_{ir} se refere ao INPR associado à k -ésima região ($k = 1, 2, \dots, 8$) em que está dividido o Ceará. As variáveis binárias D_r ($r = 1, 2, \dots, 7$) são definidas da seguinte forma:

$D1 = 1 = \text{Cariri}$; $D1 = 0$ nas demais regiões;

$D2 = 1 = \text{Ibiapaba}$; $D2 = 0$ nas demais regiões;

$D3 = 1 = \text{Jaguaribana}$; $D3 = 0$ nas demais regiões;

$D4 = 1 = \text{Litoral de Fortaleza}$; $D4 = 0 =$ nas demais regiões;

$D5 = 1 =$ Litoral de Pecém; $D5 = 0$ nas demais regiões;

$D6 = 1 =$ Litoral Norte; $D6 = 0$ nas demais regiões;

$D7 = 1 =$ Maciço de Baturité; $D7 = 0$ nas demais regiões;

$D1 = D2 = D3 = D4 = D5 = D6 = D7 = 0 =$ Sertão Central e Inhamuns.

O termo aleatório ξ_{ir} , por hipótese, tem distribuição normal com média zero, variância constante e não é autorregressivo. Isso permite que se realizem as estimativas do parâmetro linear β_0 e dos parâmetros angulares β_1, \dots, β_7 usando o método de mínimos quadrados ordinários (WOOLDRIDGE, 2011).

O coeficiente linear β_0 afere o INPR médio da região do Sertão Central e Inhamuns. Sendo estatisticamente diferente de zero, implica que o índice médio dessa região é diferente do índice das demais regiões. Caso se aceite as hipóteses de que os coeficientes angulares sejam diferentes de zero, implicará que os índices, conforme seja a variável do lado esquerdo da Equação (7), são estatisticamente diferentes.

Usando-se essas informações, é possível fazer a hierarquia, em ordem crescente ou decrescente, das regiões climáticas do Ceará em relação ao Índice de Produtividade (INPR). Havendo diferenças estatísticas nos índices entre as regiões, espera-se que essas diferenças entre elas devam ter exercido influência nas eventuais diferenças de comportamento associadas à produção agrícola no Ceará, no período avaliado.

4 RESULTADOS

Nesta seção mostram-se os resultados alcançados de acordo com os objetivos propostos pela pesquisa, os quais servirão de base para analisar a interação entre as instabilidades pluviométricas e as variáveis definidoras da produção das lavouras alimentares de sequeiro estudadas no estado do Ceará.

4.1 Resultados obtidos para o primeiro objetivo específico

Comparam-se as estatísticas descritivas dos cento e trinta e nove (139) municípios cearenses selecionados na pesquisa, de forma a verificar o comportamento das pluviometrias. Mostra-se, no Apêndice A, os valores mínimos, máximos, média e desvio padrão observados em cada município. As pluviometrias observadas entre 1974 e 2019 foram enquadradas nos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso, conforme proposto por Lemos e Bezerra (2019). Os resultados com os anos de ocorrência e as médias das pluviometrias nos municípios, de acordo com cada período de chuva, encontram-se no Apêndice B. Estes procedimentos atendem o primeiro objetivo específico da pesquisa.

Das evidências encontradas na pesquisa, depreende-se que na região climática do Litoral de Pecém, o município de Trairi obteve a precipitação máxima observada de 3.063,7mm em 1974. Entretanto, o município de Irauçuba, localizado nessa mesma região, apresentou a menor precipitação média de chuva no período analisado, de 495,1mm (Apêndice A).

Fazendo-se os cálculos das ocorrências dos períodos de chuva nessa região climática observa-se que, dentre os quarenta e seis (46) anos avaliados, Irauçuba obteve trinta e nove (39) anos com chuvas caracterizadas como períodos de estiagem (Apêndice B). Esse município foi o que apresentou a maior quantidade de anos nesse regime de chuva em todo o Estado do Ceará, representando aproximadamente 85% de probabilidade de ocorrência desse período. É preciso ressaltar que Irauçuba está situado em um dos núcleos considerados como de alto risco à ocorrência de desertificação no Brasil.

No Apêndice B mostra-se que, na região climática do Litoral do Pecém, o município de Paramoti obteve a maior quantidade de anos no período normal, com dezesseis (16) anos (35%). Já no período chuvoso Paracuru obteve a maior soma de anos, com trinta e um (31) anos (67%) considerados nesse regime de chuvas.

Na região climática do Sertão Central e Inhamuns, o município de Solonópole obteve a

precipitação mínima no período avaliado, de 41,3mm em 2019. Além disso, com exceção do município que obteve a menor média de precipitação de chuva (Irauçuba), observaram-se oito (8) municípios localizados nessa região que apresentaram os menores valores de precipitação média de chuva, sendo Tauá (505,9mm), Independência (547,3mm), Aiuaba (564,3mm), Campos Sales (569,3mm), Arneiroz (569,6mm), Saboeiro (579,1mm), Itatira (584mm) e Tamboril (596,9mm) (Apêndice A).

Com relação aos regimes de chuva, o Sertão Central e Inhamuns foi a segunda região climática que apresentou mais anos de ocorrência em períodos de estiagem em todo o estado (a primeira foi o Litoral de Pecém, no município de Irauçuba, como se demonstrou neste estudo), representados pelos municípios de Aiuaba e Tauá, em que ambos tiveram trinta e sete (37) anos (80%) caracterizadas como estiagem. Também foi a segunda região que apresentou mais anos de ocorrência em períodos de normalidade pluviométrica no Ceará (a primeira foi a região climática do Cariri, no município de Jati), em Acopiara, que obteve vinte e um (21) anos (46%) como sendo de período normal de chuvas. Já no período chuvoso, o destaque ocorreu em Iguatu, com vinte (20) anos (43%) desse regime de chuva entre 1974 e 2019 (Apêndice B).

A região climática do Maciço de Baturité apresentou a maior precipitação média de chuva no período analisado, ocorrida em Guaramiranga, com 1.481mm (Apêndice A). Quanto aos regimes de chuva nessa região, Itapiúna apresentou a maior quantidade de anos em estiagem, com dezenove (19) anos (41%). No período normal, os municípios que se destacaram foram Aracoiaba, Aratuba e Itapiúna, todos com quinze (15) anos (32%). Ressalta-se que Guaramiranga e Pacoti não apresentaram nenhum ano considerado como período de estiagem de chuva, entretanto, com exceção de Fortaleza (Litoral de Fortaleza), foram as localidades que apresentaram as maiores quantidades de anos considerados como período chuvoso em todo o Ceará, com quarenta e um (41) anos (89%) e quarenta (40) anos (87%), respectivamente (Apêndice B).

Na região climática do Litoral de Fortaleza a capital, Fortaleza, apresentou o segundo maior valor médio de precipitação de chuva no Ceará, com 1.478,1mm entre 1974 e 2019. O primeiro foi no Maciço de Baturité, em Guaramiranga (Apêndice A).

Quanto aos regimes de chuvas observados nessa região climática, no Apêndice B mostra-se que Pacajus obteve o maior número de anos com estiagens, com treze (13) anos (28%) caracterizados nesse regime. No período de normalidade pluviométrica Cascavel apresentou a maior quantidade de anos, com quatorze (14) anos (30%) incluídos nesse regime de chuva. A capital Fortaleza apresentou a maior quantidade de anos considerados como

período chuvoso em todo o estado do Ceará, com quarenta e dois (42) anos, representando aproximadamente 91% de probabilidade de ocorrência desse período de chuva.

Na região climática da Ibiapaba, observou-se que o município de Carnaubal teve a maior quantidade de anos em estiagem, com vinte e nove (29) anos (63%) quantificados nesse regime de chuva. No que se refere ao período normal, os municípios de São Benedito e Tianguá obtiveram a maior soma de anos, em que foram observados em ambos dezenove (19) anos (41%) considerados como sendo de normalidade de chuvas. Em Viçosa do Ceará, observou-se a ocorrência de trinta e quatro (34) anos (74%) de período chuvoso, sendo o município com o maior número de anos nesse regime de chuva nessa região (Apêndice B).

Na região climática do Cariri, o município de Penaforte apresentou o maior número de anos em estiagem, com trinta (30) anos (65%). No município de Barbalha, entretanto, observou-se apenas um (1) ano (2%) com estiagem no período analisado. A localidade de Jati apresentou vinte e quatro (24) anos (52,2%) de normalidade de chuvas, sendo o que apresentou a maior quantidade de anos em período de normalidade pluviométrica em todo o estado. No que diz respeito ao período chuvoso, o município de Barbalha foi o que obteve a maior quantidade de anos nessa região climática, com trinta e três (33) anos (72%) quantificados nesse regime. Por outro lado, o município de Jati apresentou apenas três (3) anos (6,5%) nesse período de chuva (Apêndice B).

Na região climática do Litoral Norte, Sobral foi o município que somou a maior quantidade de anos em estiagem, com vinte e quatro (24) anos (52%). No município de Meruoca, por sua vez, observaram-se apenas quatro (4) anos (8%) de estiagem. No que se refere ao período de normalidade pluviométrica, Granja se destacou como o município que teve o maior número de anos dessa região, com dezessete (17) anos (37%). Meruoca obteve a maior soma de anos no período chuvoso, com trinta e quatro (34) anos (74%) (Apêndice B).

Na região climática da Jaguaribana, no Apêndice B, mostra-se que os municípios de Jaguaribara, Morada Nova, Quixeré e Tabuleiro do Norte obtiveram todos vinte e cinco (25) anos (54%) caracterizados como período de estiagem, sendo as maiores quantidades de anos observados nesse regime de chuva. No período normal, Icó apresentou o maior número de anos, com dezoito (18) anos (39%) quantificados nesse regime. No município de Pereiro, por sua vez, observou-se a ocorrência de vinte (20) anos (43%) em período chuvoso, sendo o que obteve a maior soma de anos nesse período pluviométrico nessa região.

A Tabela 1 mostra as médias, frequências absolutas (FA) e frequências relativas (FR) dos anos de ocorrências dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas regiões e no estado do Ceará no período de 1974 a 2019.

Tabela 1 - Estimativas das médias, frequências absolutas (FA) e frequências relativas (FR) dos anos de ocorrências dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas Regiões e no Estado do Ceará no período de 1974 a 2019

Regiões	Estiagem			Normal			Chuvoso		
	Média (mm)	Anos		Média (mm)	Anos		Média (mm)	Anos	
		FA	FR (%)		FA	FR (%)		FA	FR (%)
Cariri	548,4	11	24	797,1	17	36	1161,7	18	40
Ibiapaba	510,7	12	27	783,4	14	29	1264,8	20	44
Jaguaribana	479,3	21	47	788,9	13	28	1187,7	12	25
Litoral de Fortaleza	545,4	7	14	792,3	11	23	1395,1	28	63
Litoral do Pecém	499,3	16	34	787,1	12	26	1255,9	18	40
Litoral Norte	496,0	11	24	786,5	13	27	1335,6	22	49
Maçiço de Baturité	404,5	7	16	810,6	11	23	1339,6	28	61
Sertão Central e Inhamuns	476,7	26	56	767,6	13	28	1156,3	7	16
CEARÁ	495,0	14	30,2	789,2	13	27,7	1262,1	19	42,1

Fontes: Valores estimados através dos dados extraídos da Funceme (vários anos) e IBGE (vários anos).

Observa-se que há divergências expressivas entre as médias, frequências absolutas (FA) e frequências relativas (FR) nos períodos de chuva em cada uma das regiões, como se depreende dos resultados mostrados na Tabela 1. Com efeito, considerando as regiões climáticas, a menor precipitação média no período de estiagem observada dentre as regiões cearenses ocorreu no Maciço de Baturité, com 404,5mm, seguida pelo Sertão Central e Inhamuns (476,7mm). A maior média de precipitação em estiagem ocorreu no Cariri, com 548,4mm (Tabela 1).

Ainda no que diz respeito ao período de estiagem, observa-se que a região climática do Sertão Central e Inhamuns foi a que somou a maior quantidade de anos nesse regime, em que, dos quarenta e seis (46) anos analisados, obteve FA de vinte e seis (26) anos, com FR indicando que, dentre todas as regiões climáticas do Ceará, esta apresenta 56% de probabilidade de ocorrência de estiagem de chuvas. O Litoral de Fortaleza obteve FA de sete (7) anos e a menor probabilidade de ocorrência de estiagem, com FR de 14% (Tabela 1).

No período de normalidade pluviométrica, a menor precipitação média foi de 767,6mm, ocorrida no Sertão Central e Inhamuns. A maior média de chuvas ocorreu no Maciço de Baturité, com 810,6mm. O Cariri foi a região climática com a maior soma de anos no período normal, com FA de dezessete (17) anos e FR apontando uma probabilidade de 36% de ocorrência de normalidade de chuvas. As regiões climáticas do Litoral de Fortaleza e Maciço

de Baturité obtiveram a menor quantidade de anos nesse período, em que ambos apresentaram FA de onze (11) anos e FR de 23%.

No período chuvoso, o Litoral de Fortaleza foi a região climática que apresentou a maior média de precipitação de chuva, com 1395,1mm, seguido pelo Maciço de Baturité (1339,6mm). Além disso, essas regiões foram as que obtiveram os maiores números de anos nesse regime de chuvas, com FA de vinte e nove (29) e vinte e oito (28) anos, respectivamente. O Litoral de Fortaleza alcançou 63% de probabilidade de ocorrência do período chuvoso, tendo o Maciço de Baturité obtido 61% de probabilidade desse regime de chuva. A região climática do Sertão Central e Inhamuns apresentou a menor média de chuvas nesse regime pluviométrico (1156,3mm), além da menor FA, de apenas sete (7) anos, com uma FR de 16%.

Considerando as regiões climáticas do Ceará, os resultados mostraram que existe, aproximadamente, uma probabilidade de 30% de ocorrência de período de estiagem de chuvas, 28% de período de normalidade e 42% de período chuvoso entre 1974 e 2019 (Tabela 1).

4.2 Resultados obtidos para o segundo objetivo específico

Os resultados com os Coeficientes de Variação (CV) das pluviometrias observados em cada município encontram-se no Apêndice A. Depreende-se dos resultados encontrados que o município de Monsenhor Tabosa, situado na região climática do Sertão Central e Inhamuns, apresentou o maior CV para as precipitações de chuvas dentre todos os municípios cearenses analisados, com 55,7%. Desse modo, esse município foi o que apresentou a maior instabilidade pluviométrica entre 1974 e 2019, medido pelo CV (Apêndice A).

Na região climática da Ibiapaba, com exceção da localidade que obteve o maior valor de CV (Monsenhor Tabosa, no Sertão Central e Inhamuns), os municípios de Carnaubal e Groaíras apresentaram os maiores níveis de CV em todo o Ceará, com 53% e 52%, respectivamente (Apêndice A). Logo, esses municípios são considerados os mais instáveis (após Monsenhor Tabosa) com relação à instabilidade pluviométrica no estado e no período avaliado.

Na região climática do Cariri, as precipitações de chuvas observadas entre 1974 e 2019 no município do Crato apresentaram o menor CV (24%) dentre todos os municípios analisados, seguido por Missão Velha (24,3%) e Juazeiro do Norte (26,9%), localidades também situadas nessa região. Portanto, esses municípios foram os que apresentaram as maiores estabilidades pluviométricas no Ceará entre os anos estudados (Apêndice A).

Em um panorama geral, dos cento e trinta e nove (139) municípios observados, cento e vinte e nove (129) apresentaram coeficientes de variação (CV) acima de 30%, considerados muito altos de acordo com a classificação de Gomes (1985). Os dez (10) municípios restantes apresentaram CV entre 20 e 30%, considerados valores altos conforme a mesma classificação. Constata-se assim a alta instabilidade temporal associada à pluviometria no período entre 1974 e 2019 (Apêndice A).

Os resultados com os Coeficientes de Variação (CV) das pluviometrias observados nos municípios cearenses inseridos em cada região climática e em cada período de chuva encontram-se no Apêndice B. Esses resultados mostraram que os municípios de Palmácia e Mulungu, situados na região climática do Maciço de Baturité, apresentaram os maiores CV no período de estiagem, com 65,6% e 52,7%, respectivamente, caracterizando uma elevada instabilidade pluviométrica nesse período de chuva (Apêndice B).

Os municípios de Moraújo, Acaraú e Uruoca, todos situados na região climática do Litoral Norte, demonstraram maiores instabilidades no período chuvoso, aferidos pelos CV de 36,9%, 32,5% e 31,7%, respectivamente (Apêndice B).

Verificou-se ainda que em todos os municípios cearenses selecionados para o estudo, com exceção de dez (10) (Aquiraz, Aurora, Caririaçu, Irauçuba, Juazeiro do Norte, Milagres, Missão Velha, Mucambo, Pacatuba e Penaforte), as instabilidades de chuvas, aferidas pelos CV, são menores no período de normalidade.

Dessa forma, confirma-se a elevada instabilidade na distribuição das chuvas nos municípios cearenses ao longo dos anos estudados, em que a instabilidade pluviométrica que se observou nos municípios é maior nos anos que apresentaram níveis de pluviometria caracterizados como anos de estiagem e chuvoso.

Os Coeficientes de Variação (CV) foram estimados para os períodos de chuva nas regiões climáticas do Ceará, conforme está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas dos CV dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas Regiões e no Estado do Ceará no período de 1974 a 2019

Regiões	Estiagem	Normal	Chuvoso
	CV (%)	CV (%)	CV (%)
Cariri	14,3	9,7	18,4
Ibiapaba	20,1	10,0	23,8
Jaguaribana	24,4	9,8	20,7
Litoral de Fortaleza	12,1	9,4	25,5
Litoral do Pecém	24,9	10,7	21,6
Litoral Norte	26,3	10,1	26,5
Maciço de Baturité	23,1	9,3	23,1
Sertão Central e Inhamuns	24,6	9,5	18,2
CEARÁ	21,2	9,8	22,2

Fontes: Valores estimados através dos dados extraídos da Funceme (vários anos) e IBGE (vários anos).

Dos resultados obtidos na Tabela 2, depreende-se que a região climática do Litoral Norte apresentou CV de 26,3% no período de estiagem, considerado o maior valor de CV nesse período dentre todas as regiões climáticas. Desse modo, verifica-se que essa região é a mais instável no que se refere à instabilidade pluviométrica em estiagem no Ceará. A região climática do Litoral de Fortaleza apresentou o menor valor de CV nesse período de chuva, com 12,1%, sendo, portanto, considerada a região mais estável no período de estiagem no estado.

A região climática do Litoral de Pecém obteve o maior valor de CV no período de normalidade pluviométrica, com 10,7%. Logo, essa região foi o que apresentou a maior instabilidade pluviométrica nesse período de chuva. A região climática do Maciço de Baturité apresentou o menor CV no período normal, de 9,3%, sendo a região mais estável com relação a esse período de chuva (Tabela 2).

No que diz respeito ao período chuvoso, assim como ocorreu com o período de estiagem, a região climática do Litoral Norte apresentou o maior valor de CV, com 26,5%, sendo considerada a região mais instável nesse período de chuva. A região climática do Sertão Central e Inhamuns apresentou o menor valor de CV nesse regime de chuva, com 18,2%. Portanto, essa região é considerada a mais estável no período chuvoso no Ceará entre os anos de 1974 e 2019 (Tabela 2).

Considerando todo o estado do Ceará, os resultados da Tabela 2 mostraram que no período de estiagem o CV é de 21,2%, no período normal o CV é de 9,8% e no período chuvoso o CV apresentou valor de 22,2%. Verifica-se, dessa forma, que os valores de CV observados nos períodos de estiagem e chuvoso são considerados valores altos de acordo com a classificação de Gomes (1985).

Portanto, confirma-se a elevada instabilidade na distribuição das chuvas no estado do Ceará, em que a instabilidade pluviométrica que se observou nas regiões climáticas entre os anos avaliados é maior nos anos que apresentaram níveis de pluviometria caracterizados como anos de estiagem e chuvoso.

4.3 Resultados obtidos para o terceiro objetivo específico

Estimaram-se as médias e os coeficientes de variação (CV) para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses estudados e nos períodos climáticos, conforme está demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses estudados entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	498,5	21,3	786,6	9,8	1232,4	21,3
Produtividade de feijão	219,0	56,9	305,2	42,4	309,0	41,2
Valor da produção por hectare de feijão	927,5	76,8	1052,2	64,2	1206,9	65,1
Produtividade de mandioca	6948,8	39,7	8766,2	29,9	9060,0	25,4
Valor da produção por hectare de mandioca	3898,0	70,7	4220,6	71,2	4403,3	65,5
Produtividade de milho	372,9	73,4	625,9	52,2	665,0	44,8
Valor da produção por hectare de milho	501,1	80,3	741,6	57,6	860,4	48,1

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

Constata-se, na Tabela 3, que a média das chuvas, bem como das produtividades e dos valores da produção por hectare agregados de feijão, mandioca e milho é inferior no período de estiagem no Ceará entre 1974 e 2019. Observa-se também que todos os resultados obtidos de CV, exceto o valor da produção por hectare de mandioca (com uma diferença de 0,5 comparado com o período normal), foram maiores no período de estiagem, indicando assim uma alta instabilidade dessas variáveis nesse regime de chuva no que se refere à produção dessas culturas no período avaliado.

Na classificação de Gomes (1985), os CV são majoritariamente considerados muito altos, dado que, em grande parte, apresentaram valores acima de 30%. Resultados que corroboram com as suposições feitas na construção desta pesquisa, de que existe uma maior instabilidade na produção das lavouras de sequeiro no Ceará no período de estiagem de chuvas.

As Tabelas 4 a 11 mostram os resultados das médias e os coeficientes de variação (CV)

estimados para as variáveis selecionadas nas regiões cearenses no período entre 1974 e 2019.

Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Cariri entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	548,4	14,3	797,1	9,7	1161,7	18,4
Produtividade de feijão	223,7	57,1	303,3	53,1	372,1	37,8
Valor da produção por hectare de feijão	948,8	68,4	1031,8	71,4	1307,4	62,6
Produtividade de mandioca	7896,5	40,6	10141,2	30,5	10281,1	27,1
Valor da produção por hectare de mandioca	4966,9	82,6	5318,4	88,3	4999,2	70,3
Produtividade de milho	512,0	77,8	847,2	69,6	1009,7	59,7
Valor da produção por hectare de milho	559,8	64,9	904,1	59,9	1127,6	46,3

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

Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática da Ibiapaba entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	510,7	20,1	783,4	10,0	1264,8	23,8
Produtividade de feijão	190,8	49,7	274,6	34,2	302,8	38,2
Valor da produção por hectare de feijão	764,0	77,3	958,9	69,4	1238,4	73,9
Produtividade de mandioca	5998,8	40,4	7487,7	34,1	8192,4	29,6
Valor da produção por hectare de mandioca	3061,8	62,2	3476,2	65,7	3962,7	70,2
Produtividade de milho	303,4	55,3	497,0	45,0	566,9	36,8
Valor da produção por hectare de milho	532,4	78,6	669,6	62,0	753,6	48,2

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

Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática da Jaguaribana entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	479,3	24,4	788,9	9,8	1187,7	20,7
Produtividade de feijão	363,9	62,6	438,4	33,4	405,4	41,5
Valor da produção por hectare de feijão	1643,5	94,5	1394,2	57,0	1663,6	56,6
Produtividade de mandioca	8598,1	39,0	9157,5	29,6	9269,7	23,4
Valor da produção por hectare de mandioca	6059,8	88,8	4701,3	85,8	4809,2	69,2
Produtividade de milho	511,1	90,7	712,4	52,6	683,5	55,3
Valor da produção por hectare de milho	695,7	99,2	808,3	60,5	1037,0	54,2

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

Tabela 7 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral de Fortaleza entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	545,4	12,1	792,3	9,4	1395,1	25,5
Produtividade de feijão	236,5	50,4	272,4	47,1	320,9	39,5
Valor da produção por hectare de feijão	1006,7	67,6	1113,5	69,7	1200,7	64,4
Produtividade de mandioca	6304,7	22,2	8228,8	26,6	9062,2	25,7
Valor da produção por hectare de mandioca	2994,8	41,2	4751,1	62,0	4508,8	69,3
Produtividade de milho	290,2	51,7	345,2	61,0	499,2	45,6
Valor da produção por hectare de milho	452,1	58,2	480,5	83,6	623,2	57,3

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

Tabela 8 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral do Pecém entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	499,3	24,9	787,1	10,7	1255,9	21,6
Produtividade de feijão	193,1	59,9	267,0	42,0	265,2	39,1
Valor da produção por hectare de feijão	869,8	86,1	904,6	52,0	1100,8	64,7
Produtividade de mandioca	5662,4	43,7	7484,4	26,9	8057,9	27,4
Valor da produção por hectare de mandioca	3306,0	82,6	3764,4	69,8	4073,7	73,1
Produtividade de milho	236,1	74,9	439,2	48,7	462,3	33,2
Valor da produção por hectare de milho	454,6	112,6	564,7	61,9	659,4	51,2

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

Tabela 9 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Litoral Norte entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	496,0	26,3	786,5	10,1	1335,6	26,5
Produtividade de feijão	159,3	51,8	247,7	44,4	260,2	48,2
Valor da produção por hectare de feijão	731,5	66,5	964,7	69,1	1043,3	86,3
Produtividade de mandioca	5301,2	46,7	7495,8	35,4	7739,5	23,8
Valor da produção por hectare de mandioca	2241,0	59,0	2821,9	56,7	3496,9	58,7
Produtividade de milho	245,3	73,7	419,3	46,0	523,7	32,2
Valor da produção por hectare de milho	341,5	92,6	555,7	57,8	699,2	46,5

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

Tabela 10 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Maciço de Baturité entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	404,5	23,1	810,6	9,3	1339,6	23,1
Produtividade de feijão	194,4	34,4	290,9	35,7	311,0	37,7
Valor da produção por hectare de feijão	945,5	59,5	1241,4	57,8	1145,3	57,0
Produtividade de mandioca	6387,4	26,4	9102,1	36,4	10598,5	21,4
Valor da produção por hectare de mandioca	3137,9	55,4	4416,2	77,2	4634,9	62,4
Produtividade de milho	329,2	52,1	609,7	42,5	781,8	40,7
Valor da produção por hectare de milho	472,6	55,7	731,3	47,4	926,3	41,7

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

Tabela 11 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho na Região Climática do Sertão Central e Inhamuns entre 1974 e 2019

Variáveis	Estiagem		Normal		Chuvoso	
	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)	Média (mm)	CV (%)
Pluviometria	476,7	24,6	767,6	9,5	1156,3	18,2
Produtividade de feijão	190,3	68,9	305,9	43,6	235,5	44,8
Valor da produção por hectare de feijão	674,1	83,8	947,3	61,6	966,3	58,4
Produtividade de mandioca	7477,7	42,6	9344,6	23,8	8973,7	23,8
Valor da produção por hectare de mandioca	3779,2	68,7	4134,4	59,0	4412,9	56,5
Produtividade de milho	368,2	83,0	725,2	46,0	564,0	42,9
Valor da produção por hectare de milho	435,7	78,5	847,4	45,2	786,6	45,1

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

As Tabelas 4 a 11 mostram que em todas as regiões climáticas cearenses as médias das variáveis são menores no período de estiagem, conforme esperado pela pesquisa. Além disso, os CV de todas as variáveis estudadas se apresentaram mais elevados no período de estiagem nas regiões climáticas da Jaguaribana, Litoral do Pecém e Sertão Central e Inhamuns, demonstrando que essas três (3) regiões foram as mais instáveis no período analisado, no que se refere à produção de sequeiro nesse regime de chuva (Tabelas 6, 8 e 11).

Na região climática do Cariri, os maiores valores de CV se apresentaram nas produtividades de feijão, mandioca e milho e no valor da produção por hectare de milho nos anos de estiagem. Os valores da produção por hectare de feijão e mandioca foram mais instáveis no período de normalidade de chuvas. A pluviometria nessa região se apresentou mais instável no período chuvoso (Tabela 4).

Na região climática da Ibiapaba todos os valores de CV foram maiores no período de estiagem, exceto pluviometria e valor da produção por hectare de mandioca, que se mostraram

mais elevados (instáveis) no período chuvoso (Tabela 5).

Na região climática do Litoral de Fortaleza, apenas a produtividade de feijão obteve maior CV em estiagem. As produtividades de mandioca e milho, bem como o valor da produção por hectare de feijão e milho apresentaram maiores instabilidades no período normal de chuva. A pluviometria e o valor da produção por hectare de mandioca obtiveram CV mais elevados no período chuvoso (Tabela 7).

Na região climática do Litoral Norte, todas as variáveis apresentaram maiores instabilidades no período de estiagem, exceto pluviometria e valor da produção por hectare de feijão, que se mostraram mais instáveis no período chuvoso (Tabela 9).

Na região climática do Maciço de Baturité, os maiores valores de CV em estiagem ocorreram no valor da produção por hectare de feijão e milho, além da produtividade de milho. A produtividade e o valor da produção por hectare de mandioca foram mais instáveis no período de normalidade de chuva. Já a produtividade de feijão apresentou maior CV no período chuvoso. A pluviometria nessa região climática obteve o maior valor de CV tanto em estiagem quanto no regime chuvoso, com CV de 23,1% em ambos os períodos (Tabela 10).

Para aferir as interações existentes entre as instabilidades climáticas e as produções de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos e nas regiões climáticas criadas pela FUNCEME, utilizou-se a Análise Fatorial (AF) com a técnica de Decomposição em Componentes Principais (DCP) para construir o Índice de Produtividade (INPR). Os resultados que levaram a estimação dos escores fatoriais para a construção do índice estão mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 - Pluviometria, produtividade (Kg/ha) e valor da produção por hectare (R\$/ha) agregados de feijão, mandioca e milho no Ceará no período de 1974 a 2019

Variáveis	Componentes	Escores	Pesos
Pluviometria	0,862	0,150	0,1
Produtividade Feijão	0,962	0,168	0,1
Produtividade Mandioca	0,942	0,164	0,2
Produtividade Milho	0,916	0,160	0,1
VP/ha de feijão	0,911	0,159	0,1
VP/ha de mandioca	0,786	0,137	0,2
VP/ha de milho	0,945	0,165	0,2
KMO		0,826	
Graus de Liberdade (GL)		21	
Qui-Quadrado (QQ)		4688,474	
Significância		0,000	
Variância explicada (%)		81,947	

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

Como se depreende das evidências mostradas na Tabela 12, as sete (7) variáveis utilizadas no estudo foram reunidas em um único fator. Os ajustamentos alcançados foram robustos de um ponto de vista estatístico, tendo em vista que o Teste de Bartlett sugere que a hipótese de matriz identidade de correlação entre as variáveis que fazem parte do índice é rejeitada. A estatística estimada para o KMO de 0,826, bem como a variância explicada de 81,947% complementam o bom nível de ajustamento encontrado nessa fase da pesquisa.

Mostram-se também na Tabela 12 as magnitudes de cada saturação de cada variável com o fator isolado na pesquisa. Mostram-se também, nessa tabela, os coeficientes gerados por regressão para a construção dos escores fatoriais. Esses escores fatoriais mostram valores não observados (gerados) que tem média zero e desvio padrão igual a 1. Portanto, os seus valores flutuam entre valores positivos e negativos, gravitando em torno da média zero. A partir desses escores é que se cria o INPR.

Para construir o Índice de Produtividade (INPR), tomam-se os valores mínimos e máximos dos escores fatoriais. O INPR é construído dessa forma para todos os municípios e varia entre zero (0) e um (1). Quanto mais próximo de um (1) for o seu valor, melhor será a situação do município no que se refere à sinergia existente entre as variáveis associadas às produções de feijão, mandioca e milho com as pluviometrias dos municípios. Com base nos indicadores agregados para as regiões, o INPR é estimado para cada região e a sua interpretação é equivalente a feita para os municípios. O output resultante da análise fatorial para a criação do INPR encontra-se no Apêndice C.

As médias e os coeficientes de variação (CV) foram calculados para os Índices de Produtividade (INPR) em cada região cearense, conforme mostra a Tabela 13.

Tabela 13 - Médias e coeficientes de variação (CV) para os INPR de cada uma das regiões climáticas estimados para o período de 1974 a 2019

Regiões	INPR	
	Média	CV (%)
Cariri	0,375 ^a	54,8
Maciço de Baturité	0,364 ^b	86,3
Jaguaribana	0,341 ^c	36,1
Litoral de Fortaleza	0,312 ^d	87,9
Ibiapaba	0,288 ^d	61,3
Litoral do Pecém	0,264 ^d	60,8
Litoral Norte	0,263 ^d	63,1
Sertão Central e Inhamuns	0,263 ^d	49,7

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

Nota: Os superíndices indicam a hierarquia (ordem decrescente) das médias dos INPR observados nas regiões cearenses entre 1974 e 2019, em que: a > b > c > d.

Observa-se na Tabela 13 que as regiões climáticas do Cariri e Maciço de Baturité apresentaram as maiores médias do INPR, em que obtiveram os valores de 0,375 e 0,364, respectivamente. A região climática da Jaguaribana se apresentou como a região em que há uma maior estabilidade, dado que obteve o menor CV, de 36,1%. Porém, é preciso ressaltar que esse valor obtido de CV ainda é considerado muito alto de acordo com Gomes (1985).

A Tabela 13 mostra ainda que as regiões climáticas do Sertão Central e Inhamuns e Litoral Norte apresentaram as menores médias do INPR dentre todas as regiões cearenses, em que ambos obtiveram média de 0,263. As maiores instabilidades foram verificadas nas regiões climáticas do Litoral de Fortaleza e Maciço de Baturité, com CV de 87,9% e 86,3%, respectivamente, em que os CV estimados são considerados muito altos, conforme a classificação de Gomes (1985). Desse modo, constata-se que existe uma alta variabilidade dos dados em relação à média, ou ainda, uma elevada instabilidade na produção das culturas de feijão, mandioca e milho nas regiões cearenses no período analisado.

4.4 Resultados obtidos para o quarto objetivo específico

Realizando-se os testes para avaliar as possíveis diferenças entre as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare agregados de feijão, mandioca e milho em cada região, utilizando variáveis *dummies*, como mostrado na Equação (7), chegou-se ao seguinte resultado:

$$\text{INPR} = 0,263 + 0,112.D1 + 0,025.D2 + 0,078.D3 + 0,049.D4 + 0,001.D5 + 0,000.D6 + 0,106.D7$$

(0,000) (0,000) (0,431) (0,015) (0,247) (0,985) (0,991) (0,008)

Os valores entre parênteses, dispostos abaixo dos coeficientes estimados, são os seus níveis de significância. O coeficiente de determinação ajustado (R^2) para esta equação é de 0,044. Portanto, de um ponto de vista estatístico, o ajustamento sugere que há diferenças entre as médias dos INPR observados nas regiões climáticas cearenses, com exceção das médias da Ibiapaba, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém e Litoral Norte que, embora sejam numericamente diferentes, não divergiram estatisticamente no INPR. As significâncias de 0,431, 0,247, 0,985 e 0,991 mostram que os períodos correspondentes a D2 (Ibiapaba), D4 (Litoral de Fortaleza), D5 (Litoral do Pecém) e D6 (Litoral Norte), respectivamente, não são estatisticamente diferentes do termo constante, que se refere à região climática do Sertão Central e Inhamuns. Na Tabela 13, apresentada anteriormente, os superíndices indicam a

hierarquia em termos de valores médios dos INPR observados nas regiões do Ceará, no período entre 1974 e 2019, podendo ser assim sintetizada:

Cariri > Maciço de Baturité > Jaguaribana > Ibiapaba = Litoral de Fortaleza = Litoral do Pecém = Litoral Norte = Sertão Central e Inhamuns

Dessa forma, observa-se que a região climática do Cariri exibiu a maior média do INPR (0,375). Com relação as regiões que obtiveram a menor média em termos numéricos, Sertão Central e Inhamuns e Litoral Norte, verificam-se que não houve diferença estatística, tendo em vista que o coeficiente associado ao Litoral Norte é numericamente igual a zero. Portanto, embora as regiões da Ibiapaba, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém e Litoral Norte sejam diferentes em termos numéricos, observou-se que as médias dos INPR estimados para essas regiões climáticas não são estatisticamente diferentes.

Com base nesses resultados, a pesquisa utiliza apenas os valores médios dos INPR, ponderados pelo número de anos de cada período de chuvas, como relevantes no cômputo de diferenciais associados às produções agrícolas no Ceará entre os anos de 1974 e 2019. O output resultante da análise de regressão utilizando variáveis *dummies* encontra-se no Apêndice D.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa buscou captar a forma como as precipitações de chuvas se relacionam com as produções das lavouras de feijão, mandioca e milho no estado do Ceará. A proposta do estudo foi alcançada, visto que os resultados confirmaram a hipótese inicial de que existem interações entre as instabilidades pluviométricas e as variáveis que definem os resultados técnicos e econômicos das produções de lavouras de sequeiro no semiárido cearense.

Mostrou-se a alta variabilidade associada à pluviometria no Ceará no período de quarenta e seis (46) anos. O município de Trairi, na região climática do Litoral de Pecém, obteve a precipitação máxima observada, de 3.063,7mm em 1974. Na região climática do Sertão Central e Inhamuns, o município de Solonópole obteve a precipitação mínima no período avaliado, de 41,3mm em 2019. Entre 1974 e 2019, a menor precipitação média, de 495,1mm, ocorreu no município de Irauçuba, na região climática do Litoral do Pecém. A maior precipitação média, de 1.481mm, ocorreu em Guaramiranga, na região climática do Maciço de Baturité.

Demostrou-se ainda que é possível transferir para o intervalo de anos estudados a classificação das chuvas em períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso. No Litoral do Pecém, o município de Irauçuba apresentou a maior quantidade de anos caracterizados como períodos de estiagem em todo o estado do Ceará, em que obteve trinta e nove (39) anos, representando aproximadamente 85% de probabilidade de ocorrência desse período. Na região climática do Cariri, a localidade de Jati apresentou vinte e quatro (24) anos (52,2%) de normalidade de chuvas, sendo o que apresentou a maior quantidade de anos nesse período em todo o estado. No Litoral de Fortaleza a capital, Fortaleza, apresentou a maior quantidade de anos considerados como período chuvoso em todo o Ceará, com quarenta e dois (42) anos, representando aproximadamente 91% de probabilidade de ocorrência desse período de chuva.

Com relação às regiões climáticas no Ceará, observou-se que há divergências expressivas entre os períodos de chuva em cada uma das regiões. O Sertão Central e Inhamuns somou a maior quantidade de anos (26) em estiagem, indicando 56% de probabilidade de ocorrência desse regime. O Cariri foi a região com a maior soma de anos (17) no período normal, com probabilidade de 36% de ocorrência de normalidade de chuvas. O Litoral de Fortaleza foi a região que apresentou os maiores números de anos (29) no período chuvoso, com 63% de probabilidade de ocorrência desse período.

No que se refere às instabilidades pluviométricas nos municípios, observou-se que o município de Monsenhor Tabosa, na região climática do Sertão Central e Inhamuns, apresentou o maior CV dentre todos os municípios estudados, considerado o mais instável no que diz respeito às chuvas no estado. O município do Crato, na região climática do Cariri, apresentou o menor CV, sendo o mais estável com relação à precipitação fluvial no Ceará no período avaliado. Em geral, verificou-se que, dos cento e trinta e nove (139) municípios observados, cento e vinte e nove (129) apresentaram CV acima de 30%. Os dez (10) municípios restantes apresentaram CV entre 20 e 30%, considerados valores altos de acordo com a classificação de Gomes (1985).

Com relação às instabilidades nas regiões climáticas e nos períodos de chuva, verificou-se que a região climática do Litoral Norte apresentou o maior CV no período de estiagem, sendo a região mais instável no que se refere à instabilidade pluviométrica em estiagem no Ceará. Em contraste, o Litoral de Fortaleza exibiu o menor CV, sendo a região mais estável nesse período. A região climática do Litoral de Pecém obteve o maior CV no período de normalidade pluviométrica, sendo a que evidenciou maior instabilidade nesse período de chuva. O Maciço de Baturité teve o menor CV no período normal, sendo a região mais estável com relação a esse regime de chuva. No período chuvoso, o Litoral Norte apresentou o maior CV, sendo a região mais instável nesse período. A região climática do Sertão Central e Inhamuns apresentou o menor CV, sendo a região mais estável no período chuvoso no Ceará entre os anos analisados.

Considerando as pluviometrias observadas nos municípios cearenses em cada período de chuva, observou-se que em todos os municípios selecionados para o estudo, com exceção de dez (10) (Aquiraz, Aurora, Caririaçu, Irauçuba, Juazeiro do Norte, Milagres, Missão Velha, Mucambo, Pacatuba e Penaforte), as instabilidades de chuvas são menores no período de normalidade. Considerando as regiões climáticas, os resultados mostraram que, no período de estiagem, o CV é de 21,2%, no período normal o CV é de 9,8% e no período chuvoso apresentou valor de 22,2% no estado.

Portanto, confirma-se a elevada instabilidade na distribuição das chuvas no Ceará, em que a instabilidade pluviométrica que se observou nos municípios cearenses e nas regiões climáticas entre os anos avaliados é maior nos anos que apresentaram níveis de pluviometria caracterizados como anos de estiagem e chuvoso.

No que se refere às interações existentes entre as instabilidades pluviométricas e as produções de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos, observou-se que a média das chuvas, bem como das produtividades e dos valores da produção por hectare agregados de

feijão, mandioca e milho é inferior no período de estiagem no Ceará entre 1974 e 2019. Mostrou-se também que todos os resultados obtidos de CV no Ceará, exceto valor da produção por hectare de mandioca (com uma diferença de 0,5 comparado com o período normal), foram maiores no período de estiagem, indicando assim uma alta instabilidade dessas variáveis nesse regime de chuva no que se refere à produção dessas culturas nos anos avaliados.

Quando essas interações são analisadas separadamente em cada região climática do Ceará, observou-se que em todas elas as médias das variáveis são menores no período de estiagem. Além disso, os CV de todas as variáveis estudadas se apresentaram mais elevados em estiagem nas regiões climáticas da Jaguaribana, Litoral do Pecém e Sertão Central e Inhamuns, demonstrando que essas três (3) regiões foram as mais instáveis no período analisado, no que se refere à produção de sequeiro nesse regime de chuva. Ademais, verificou-se que nas outras regiões climáticas do estado a maioria das variáveis analisadas apresentaram maiores instabilidades também no período de estiagem, com exceção do Litoral de Fortaleza. Esses resultados corroboram com as suposições feitas na construção desta pesquisa, de que existe uma maior instabilidade na produção das lavouras de sequeiro no Ceará no período de estiagem de chuvas.

As relações entre as instabilidades de chuvas e as produções de feijão, mandioca e milho nos períodos climáticos e nas regiões climáticas foram analisadas por meio do Índice de Produtividade (INPR). Observou-se que as regiões climáticas do Cariri e Maciço de Baturité apresentaram as maiores médias do INPR, sendo que Jaguaribana se apresentou como a região em que há uma maior estabilidade, dado que obteve o menor CV dentre todas as regiões cearenses. As regiões climáticas do Sertão Central e Inhamuns e Litoral Norte apresentaram as menores médias do INPR. Entretanto, as maiores instabilidades foram verificadas no Litoral de Fortaleza e Maciço de Baturité, dado que obtiveram os maiores valores de CV.

Observou-se, ainda, que houve diferenças significativas nas médias estimadas dos INPR para as regiões cearenses, com exceção das médias da Ibiapaba, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém e Litoral Norte. A partir dessa análise, na região climática do Cariri, verificou-se a maior média. Com relação as regiões que obtiveram a menor média em termos numéricos, Sertão Central e Inhamuns e Litoral Norte, verificam-se que não houve diferença estatística. Além disso, as aferições feitas pelos respectivos CV foram bastante heterogêneas entre as regiões climáticas entre 1974 e 2019.

Dessa forma, o trabalho conclui que as produções das lavouras de feijão, mandioca e milho no estado do Ceará experimentam grandes instabilidades em decorrência da sua

praticamente total dependência do regime pluviométrico.

A conclusão geral da pesquisa é que há sinergias entre as pluviometrias, as produtividades e os valores da produção por hectare das lavouras de sequeiro no Ceará. Conclui-se também, tal como eram as expectativas, que as pluviometrias e as variáveis que definem aspectos técnicos (produtividade) e aspectos econômicos (valor da produção por hectare) de feijão, mandioca e milho apresentam movimentação conjunta na mesma direção (sinais iguais) e sentidos. Nos períodos de menores pluviometrias as variáveis associadas à produção apresentam menores valores, nos anos de melhores pluviometrias acontece o contrário. Observou-se que essa sinergia não fica restrita apenas às produções, mas as suas instabilidades. Desse modo, as instabilidades pluviométricas se irradiam para as variáveis associadas às produções de feijão, mandioca e milho.

Acredita-se que os resultados do estudo podem sinalizar os agricultores cearenses acerca dos riscos que assumem ao cultivarem essas lavouras de sequeiro. Riscos que não são novidades para eles. Como as tecnologias utilizadas na produção dessas lavouras que ocupam praticamente todos os agricultores familiares cearenses são bastante carentes, e os agricultores têm dificuldades em acessar recursos para incrementar a sua produção, o trabalho pode ser útil para o Governo do estado do Ceará e para as Prefeituras Municipais no sentido de buscarem alternativas de cultivares mais produtivos dessas lavouras (haja vista que não se trata de os agricultores as abandonarem) e o provimento de assistência técnica e creditícia, via Pronaf, por exemplo, visando levar mais estabilidade ou menos instabilidade aos agricultores cearenses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 153, 2003.
- ADGER, W. N.; KHAN, S. R; BROOKS, N. **Measuring and enhancing adaptive capacity, Adaptation Policy Framework: A Guide for Policies to Facilitate Adaptation to Climate Change**. UNDP. 2003. Disponível em: <http://www.undp.org/cc/apf-outline.htm>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. **Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste**. Fortaleza, CE. Informe rural ETENE. Banco do Nordeste, 2012.
- ALVES, J.M.B.; SERVAIN, J.; CAMPOS, J.B. Relationship between ocean climatic variability and rain-fed agriculture in northeast Brazil. **Climate Research**, United States, v. 38, n. 5, p. 225-236, 2009.
- AMARAL FILHO, Jair do A. Endogeneização no Desenvolvimento Econômico Regional e Local. **Planejamento e Políticas Públicas**, IPEA, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/viewFile/78/89>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro - Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação**. 2017. Disponível em: http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/estudo-reservatorios/reservatorios-do-semiaridobrasileiro_hidrologia-balanco-hidrico-e-operacao-1.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.
- ANDRADE, Manuel Correia. **A terra e o homem no Nordeste**. São Paulo, SP: Brasiliense. 1973.
- ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. **Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro**. Campinas: Embrapa Semiárido; Embrapa Informática Agropecuária, 2009.
- ASA BRASIL. **Semiárido - é no semiárido que a vida pulsa!** 2019. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/semiario>. Acesso em: 22 maio 2020.
- AYOADE, J. O. O clima e a agricultura. *In: Introdução a Climatologia para os Trópicos*. 11 ed., Rio de Janeiro, 2011.
- BARROS, N. S.; BARRO, F. F.; BASTOS, F. H. Paisagens no semiárido cearense: uma breve apresentação dos aspectos naturais. *In: Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro*, 1, Paraíba. **Anais...** 2015.
- BASTOS, E.A. **Árvore do Conhecimento - Feijão-Caupi**. Embrapa - Parque Estação Biológica. Brasília, DF. 2002. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_33_510200683536.html. Acesso em: 25 ago. 2020.

BNB. Banco do Nordeste do Brasil. **Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro**. Fortaleza: BNB. 2005.

BRASIL. **Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996**. Cria o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 1996. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1996/decreto-1946-28-junho-1996-435815-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 25 set. 2020.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília, 2004.

_____. Ministério da Integração Regional. **Delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília. 2005. Disponível em: http://www.asabrazil.org.br/UserFiles/File/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf. Acesso em: 16 ago. 2020.

_____. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasília, 24 de julho de 2006. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm#art3. Acesso em: 6 ago. 2020.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas Suscetíveis à desertificação no Brasil**. Brasília, DF. 2010 a. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/129_08122008042625.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Cidadania do Cariri** – MDA/SDT/AGROPOLOS. Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2010b.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território da Ibiapaba** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011a.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Vale do Jaguaribe** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011b.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Metropolitano José de Alencar** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011c.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Vales do Curu Aracatiaçu** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011d.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Litoral Extremo Oeste** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011e.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Maciço do Baturité** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011f.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Sertão Central** – MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2011g.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Diário Oficial da União.** Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, 2017a. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 22 out. 2020.

_____. **Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017.** Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Brasília. 2017b.

BROOKS, N. **Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework.** Tyndall Centre Working Paper n.38, set. 2003. University of East Anglia. Norwich, UK. Disponível em: <https://lemons.pro.br/wp-content/uploads/2020/05/vulnerability-risk-and-adaptations-a-conceptual-framework.pdf>. Acesso em: 23 maio 2020.

BUAINAIN, A; GARCIA, J. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. **Revista franco-brasileira de geografia**, São Paulo, n.19, 2013.

CAMPOS, R. T.; KHAN, A. S.; BISERRA, P. V. P. S. **Mudança tecnológica na agricultura: aspectos conceituais e evidências empíricas.** Fortaleza: Edições UFC, 2010.

CARDONA, O. D. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. *In: Mapping Vulnerability, Disasters, Development, and People.* Earthscann Publications, London. 2004.

CARVALHO, O. Nordeste semiárido: transformação de potencialidades em possibilidades econômicas. *In: Semiárido.* Brasília: Câmara dos Deputados. p. 143-176. 2010.

CEARÁ. Secretaria de Desenvolvimento Agrário. **Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado do Ceará - Projeto São José IV.** Fortaleza: Marco de Gestão Socioambiental – MGSA. 2019.

_____. Secretaria das Cidades - **Região Metropolitana do Cariri.** 2021. Disponível em: <https://www.cidades.ce.gov.br/regiao-metropolitana-do-cariri>. Acesso em: 25 abr. 2021.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. P. 21. Brasília, DF. 2016.

CORTEZ, H.S.; LIMA, G.P.; SAKAMOTO, M.S. **A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos**. Brasília, DF, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

CROWARDS, T. **An Index of Economic Vulnerability for Developing Countries**. Barbados: Draft, Caribbean Development Bank. 2000.

CULLET, P. **Desertification**. School of oriental and African Studies. University of London, UK. 2019. Disponível em: <http://www.ielrc.org/content/a0201.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial. 2016.

ECA. European Court of Auditors. **Desertification in the EU**. 2018. Background paper. Disponível em: file:///C:/Users/josel/Downloads/BP_DESERTIFICATION_EN.pdf. Acesso em: 14 set. 2020. p.292.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Convivência com a seca - Perguntas e Respostas**, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 24 out. 2020.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção de Milho na Agricultura Familiar**. Sete Lagoas – MG. p. 42. 2011. (Circular Técnico n. 159).

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, Bahia, v. 11, n. 1, p.217-238, jul, 2015.

ETENE. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. **Diário econômico. Produção de feijão do Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste. Ano I – n. 143. 2018a. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/1342439/3837452/143_10_09_2018.pdf/bb597dbb-f6b1-ad1a-8957-9b354fe4f6fe. Acesso em: 20 set. 2020.

_____. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. **Diário econômico. Produção de Milho no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste. Ano I - Nº 172. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/1342439/3950249/172_22_10_2018.pdf/46367a39-443c-f5da-4b71-27cfbf04be25. Acesso em: 20 set. 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - London: Managing systems at risk**. Rome and Earthscan. 2011.

FAO/INCRA. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília, DF. Projeto de Cooperação Técnica FAO/INCRA. 2000. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Dowloads/AGRONOMIA_1271_1095426409.pdf. Acesso em: 19 jan. 2021.

FAOI/IASA. **Mapa da distribuição das regiões áridas e semiáridas no mundo**. 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-da-distribuicao-das-regioes-aridas-e-Semiaridas-no-mundo-Fonte_fig1_260480416. Acesso em: 03 out. 2020.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2009. p. 641.

FÁVERO, L.P; BELFIORE, P. **Análise de Dados: Técnicas Multivariadas Exploratórias com SPSS e STATA**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FUNCEME. Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos. **Calendários das chuvas no estado do Ceará**. Vários anos. Disponível em: funceme.br/app-calendario/anual/municipios/Média. Acesso em: 18 set. 2020.

_____. Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos. **Produtos e Serviços**. 2020. Disponível em: <http://www.FUNCEME.br>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GIULIETTI, A.M.; BOCAGE NETA, A.L.; CASTRO, A.A.J.F. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma caatinga**. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, p.243, 2004. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade_Caatinga_parte2.pdf. Acesso em: 06 jul. 2020.

GOMES, F. P. **Curso de estatísticas experimental**. 13.ed, São Paulo: ESALQ/USP, p.467, 1985.

GTDN. Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste. 2 ed. **Uma Política de Desenvolvimento Econômico para o Nordeste**. Recife: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), 1967.

GTZ. German Technical Cooperation Agency. **Guidelines, Risk Analysis – a Basis for Disaster Risk Management**. 2004. Disponível em: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-riskanalysis-chs1-6.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

GUANZIROLI, C. E.; VIDAL. M. de F. **Agricultura familiar no Nordeste: uma análise comparativa entre dois censos agropecuários**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 172, 2011.

HASTENRATH, S. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review. **Climate Change**, Universidade de Wisconsin - EUA, v. 112, n. 2, p. 243-251, 2012.

HDR. Human Development Report. **United Nations Development Programme**. Cap. 1, 3 e 4. 2014. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-report-en-1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Clima do Parque Nacional de Ubajara**. 2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/atributos->

naturais.html?id=27:clima&catid=13:atributos-naturais. Acesso em: 22 nov. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Banco SIDRA. Rio de Janeiro. Vários anos. Disponível em:
<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/PA/A/Q>. Acesso em: 1 ago. 2020.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico do Brasil de 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em:
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change: Synthesis Report**. World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, Geneve, 2001.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Características Geográficas, Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Ceará em números. 2016. Disponível em:http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2016/territorial/01_Caracteristicas_Geograficas.pdf. Acesso em: 25 nov. 2020.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Municípios Suscetíveis à Desertificação no Estado do Ceará**. Fortaleza, 2018. Disponível em:
http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Municipios_Desertificacao.pdf . Acesso 21 set. 2020.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**. 2020. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 19 set. 2020.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará. **Perfil Regional**. 2021. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-regional.xhtml>. Acesso em: 25 abr. 2021.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6 ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2007.

JONESA, P. G.; THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, United States, v.13, p.51-59. 2003.

KAR, A; NARAIN, P. **Desertification**. Agriculture and Environment. Malhotra Publishing House, New Delhi, India. 2005. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/302905222_Desertification. Acesso em: 11 jan. 2020.

KAR, Amal; AJAI; Dwivedi, R. S. **Desertification**. 2016. Disponível em:

<http://www.libraryindex.com/pages/3239/Deserts.html#ixzz19QOe5Vv2>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. Vol.1, n.1. Brasília, DF. 2005. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Texto_Adicional_ConservacaoID-xNOKMLsupY.pdf. Acesso em: 6 jul. 2020.

LAMARCHE, H. **A agricultura familiar: uma realidade multiforme**. Campinas: Editora da Unicamp, 1998. v. I e II.

LEMOS, J.J.S. Efeitos da expansão da soja na resiliência da agricultura familiar no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**. n 2. Brasília. 2015.

LEMOS, J.J.S. **Vulnerabilidades Induzidas no Semiárido**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R. **Instabilidade pluviométrica e expectativas na produção de grãos no semiárido do estado do Ceará**, Brasil. Fortaleza, 2019.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R.; COSTA FILHO, J.; GURJÃO, N. O. Agricultura familiar no Ceará: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 51, p. 93-112, ago. 2020. (suplemento especial).

LEMOS, J. J. S.; FERREIRA, V. C. Q, BOTELHO, D. C. Irregularidade pluviométrica impactando a agricultura familiar no semiárido do Nordeste: estudos de caso para o Ceará. *In*: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. 1, Paraíba, **Anais...** 2016.

LIMA, J.R.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Nordeste**: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. *Parc. Estrat. Brasília (DF)* v. 23. n. 46. p. 191-212. jan-jun. 2018.

MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES D.; SANTOS, N. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília : Conservation International do Brasil. 2004.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. **Sistemas de Produção**1 ISSN 1679-012X. Embrapa Milho e Sorgo. 9ª edição. 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1gal1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658. Acesso em: 17 ago. 2020.

MARENGO J.A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/ drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Clim Chang**. United States, v. 129, n. 103–115. 2015.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.; AVALA, R.; BRITO, S.; MORAES, O. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da**

Academia Brasileira de Ciências. São Paulo. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652017005019115. Acesso em: 10 set. 2020.

MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS.** 3 ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas.** Brasília, DF, Edições UNESCO Brasil, 2001. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129871POR.pdf>. Acesso em: 22 out. 2020.

MATTEI, L. O papel e a importância da agricultura familiar no desenvolvimento rural brasileiro contemporâneo. **Revista Econômica do Nordeste.** Fortaleza, v. 45, p.71-79. 2014.

MATTOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. R. **Sistemas de Produção, 13 ISSN 1678-8796 Versão eletrônica.** Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/index.htm. Acesso em 4 set. 2020.

MENDES, A. F. **Contextualização e interdisciplinaridade na utilização da matemática no estudo de fenômenos climáticos e meteorológicos.** 2010. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Agronomia. Seropédica – RJ, 2010.

MIRZABAEV, Alisher *et al.* Desertification. *In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change and Land.* 2019. cap. 3, p. 331-360.

MOURA, M.S.B. *et al.* **Clima e água de chuva no semiárido.** Brasília. EMBRAPA, 2007. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36534/1/OPB1515.pdf>. Acesso em 2 jul. 2020.

NAVARRO, Z.; PEDROSO, M.T.M. A agricultura familiar no Brasil: da promessa inicial aos impasses do presente. **Revista Econômica do Nordeste.** Fortaleza, v.45, p. 6-17, 2014.

PEREIRA, G. R. **Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordestino.** 2018. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conadis/trabalhos/TRABALHO_EV116_MD1_SA23_ID185_19112018114546.pdf. Acesso em 5 set. 2020.

PIZARRO, R. **La Vulnerabilidad Social y sus Desafíos: Una Mirada desde América Latina.** *In: Estudios Estadísticos y Prospectivos.* n. 6, CEPAL. 2001. Disponível em: <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/ml/3/6553/P6553.xml&xsl=/deype/tpl/p9f.xsl&base=/tpl/top-bottom.xslt>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7827.htm. Acesso em: 15 set. 2020.

QUARANTA, G. Agricultura de sequeiro. **Land care in desertification affected areas: From science towards application**. Folheto série C, n. 4, p.3, 2013. Disponível em: http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leaflets/C4_Leaflet_PT.pdf. Acesso em: 10 set. 2020.

RODRIGUES, M. I. V. **A Propensão à Desertificação no Estado do Ceará: aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais**. Fortaleza, 2006. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

ROSENZWEIG, C., HILLEL, D. Climate change, agriculture and sustainability. *In*: Lal, R., N. Uphoff, B.A. Stewart,; .O. Hansen (eds.) **Climate change and global food security**. London, UK: Taylor& Francis. 2005. p. 243-268.

SALVIANO, J. I. A.; PRAXEDES, A. L. F.; LEMOS, J. J. S. Sinergias entre as instabilidades pluviométricas e a produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense. **Revista Cerrados**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 371-394, nov. 2020.

SANTIAGO, L. S. Interfaces entre desenvolvimento, políticas de agronegócio e políticas de transportes: o caso da região da Ibiapaba no Estado do Ceará. Fortaleza, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SANTOS, M. C. **Solos do semiárido do Brasil**. Caderno do Semiárido – Riquezas e Oportunidades. CREA/PE, 2017.

SENA, L. M. M. **Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga**. Vol.1. Fortaleza: Associação Caatinga, p.54, 2011. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2sem2015/novembro/Nov.15.33.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 440-446, dez. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000300010&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 mar. 2021.

THORNTHWAITE, C.W. An Approach toward a rational classification of climate. **Geográfico**, Delhi - Índia, v.38, n. 1, p. 55-94. 1948.

THORNTON *et al.* Climate change and poverty in Africa: Mapping hotspots of vulnerability. **African Journal of Agricultural and Resource Economics**, United Kingdom, v. 2, n. 1, p. 24-44, 2008.

UEMA. Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão** / Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2016.

UNCCD. United Nations Convention to Combate Desertification. **Plan of Action to Combat**

Desertification. United Nations Conference on Desertification, Nairobi, p. 43. 1977.

_____. United Nations Convention to Combate Desertification. **Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.** Reprinted in International Legal Materials 33, 1328–1382. Paris, 1994. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil>. Acesso em: 17 set. 2020.

UNEP. United Nations Environment Programme. **World Atlas of Desertification.** Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification, Governing Council, Third special session, Nairóbi, 1992.

UNGER, R. M. **O desenvolvimento do Nordeste como projeto nacional.** Secretaria de Assuntos Estratégicos - Presidência da República. Brasília, 2009. Disponível em: http://www.robertounger.com/portuguese/pdfs/04_Projeto_Nordeste1.pdf. Acesso em: 11 out. 2020.

UNITED NATIONS. **United Nations Environment Management Group.** New York. 2011. Disponível em: <https://unemg.org/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

UNITED NATIONS. **TST Issues Brief: Desertification, Land Degradation and Drought.** Sustainable Developmente Plataform Goals. New York. 2013. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1803tstissuesdldd.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.

VASCONCELOS SOBRINHO, João. Núcleos de desertificação no polígono das secas. Recife: **Anais...** do ICB, UFPE. 1971. p. 69-73.

VIALI, Lourí. **Introdução a Estatística Multivariada.** 2002. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/especializa/realizadas/ceea/multivariada/textos/Introducao.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática.** 2005. Monografia (especialização em estatística) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WANDERLEY, M. N. B. **Raízes históricas do campesinato brasileiro.** XX Encontro Anual da ANPOCS. Caxambu, 1996. Agricultura familiar e campesinato: rupturas e continuidade, sociedade e agricultura. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/leaa/files/2014/06/Texto-6.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2020.

WOOLDRIDGE, J.M. **Introductory econometrics: A modern approach.** South Western Educational Publishing, 881 p. 2011.

**ANEXO - REGIÕES CLIMÁTICAS CEARENSES E OS RESPECTIVOS
MUNICÍPIOS UTILIZADOS NO ESTUDO**

Região Climática do Cariri (27 municípios)				
Abaiara	Brejo Santo	Granjeiro	Mauriti	Santana do Cariri
Altaneira	Caririaçu	Jardim	Milagres	Umari
Aurora	Cariús	Jati	Missão Velha	Várzea Alegre
Baixio	Cedro	Juazeiro do Norte	Nova Olinda	
Barbalha	Crato	Jucás	Penaforte	
Barro	Farias Brito	Lavras da Mangabeira	Porteiras	
Região Climática da Ibiapaba (19 municípios)				
Cariré	Groaíras	Ipu	Pacujá	Tianguá
Carnaubal	Guaraciaba do Norte	Ipueiras	Poranga	Ubajara
Coreaú	Hidrolândia	Mucambo	Reriutaba	Viçosa do Ceará
Frecheirinha	Ibiapina	Nova Russas	São Benedito	
Região Climática da Jaguaribana (18 municípios)				
Alto Santo	Itaíçaba	Jaguaruana	Palhano	São João do Jaguaribe
Aracati	Jaguaretama	Limoeiro do Norte	Pereiro	Tabuleiro do Norte
Icó	Jaguaribara	Morada Nova	Quixeré	
Iracema	Jaguaribe	Orós	Russas	
Região Climática do Litoral de Fortaleza (08 municípios)				
Aquiraz	Cascavel	Fortaleza	Pacajus	
Beberibe	Caucaia	Maranguape	Pacatuba	
Região Climática do Litoral do Pecém (12 municípios)				
Apuiarés	Itapajé	Paramoti	São Luís do Curu	
General Sampaio	Itapipoca	Pentecoste	Trairi	
Irauçuba	Paracuru	São Gonçalo do Amarante	Uruburetama	
Região Climática do Litoral Norte (16 municípios)				
Acaraú	Chaval	Massapê	Santana do Acaraú	
Alcântaras	Granja	Meruoca	Senador Sá	
Bela Cruz	Marco	Moraújo	Sobral	
Camocim	Martinópolis	Morrinhos	Uruoca	
Região Climática do Maciço do Baturité (10 municípios)				
Aracoiaba	Baturité	Guaramiranga	Mulungu	Palmácia
Aratuba	Capistrano	Itapiúna	Pacoti	Redenção
Região Climática do Sertão Central e Inhamuns (29 municípios)				
Acopiara	Boa Viagem	Iguatu	Parambu	Santa Quitéria
Aiuaba	Campos Sales	Independência	Piquet Carneiro	Senador Pompeu
Antonina do Norte	Canindé	Itatira	Potengi	Solonópolis
Araripe	Caridade	Mombaça	Quixadá	Tamboril
Arneiroz	Catarina	Monsenhor Tabosa	Quixeramobim	Tauá
Assaré	Crateús	Novo Oriente	Saboeiro	

Fonte: FUNCEME (2020).

APÊNDICES

**APÊNDICE A - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIOMÉTRICAS DOS 139 MUNICÍPIOS CEARENSES NO PERÍODO DE 1974 A
2019**

Município	Região	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
Abaiara	Cariri	46	373,0	1737,1	932,6	281,2	30,1
Altaneira	Cariri	46	428,3	1465,9	870,0	252,5	29,0
Aurora	Cariri	46	455,3	1951,0	920,1	289,2	31,4
Baixio	Cariri	46	406,4	1759,1	848,1	289,3	34,1
Barbalha	Cariri	46	539,4	2547,0	1090,4	321,6	29,5
Barro	Cariri	46	326,2	1800,3	819,5	284,5	34,7
Brejo Santo	Cariri	46	358,9	1761,5	839,7	289,2	34,4
Caririaçu	Cariri	46	547,0	2314,1	1009,7	354,1	35,1
Cariús	Cariri	46	404,0	1856,8	925,4	315,4	34,1
Cedro	Cariri	46	495,6	1858,5	930,7	294,6	31,7
Crato	Cariri	46	568,1	1970,0	1068,5	256,2	24,0
Farias Brito	Cariri	46	382,4	1791,2	946,3	310,9	32,9
Granjeiro	Cariri	46	423,5	2634,3	1056,9	417,7	39,5
Jardim	Cariri	46	182,9	1405,4	739,1	263,6	35,7
Jati	Cariri	46	203,2	1267,4	706,5	203,6	28,8
Juazeiro do Norte	Cariri	46	502,5	1828,6	952,6	256,0	26,9
Jucás	Cariri	46	372,1	1803,9	830,9	287,8	34,6
Lavras da Mangabeira	Cariri	46	481,4	1905,2	930,3	298,8	32,1
Mauriti	Cariri	46	289,3	1629,1	774,1	280,8	36,3
Milagres	Cariri	46	488,4	1690,3	907,2	263,4	29,0
Missão Velha	Cariri	46	602,6	1715,9	968,2	235,0	24,3
Nova Olinda	Cariri	46	359,0	1601,5	847,0	284,2	33,6
Penaforte	Cariri	46	280,8	1156,1	621,1	220,3	35,5
Porteiras	Cariri	46	351,1	1413,9	801,0	237,4	29,6
Santana do Cariri	Cariri	46	358,2	1639,9	887,7	287,1	32,3
Umari	Cariri	46	228,5	1703,3	792,7	289,1	36,5
Várzea Alegre	Cariri	46	461,7	1674,9	966,6	293,0	30,3
Cariré	Ibiapaba	46	315,6	1847,5	886,2	340,4	38,4
Carnaubal	Ibiapaba	46	151,4	1662,9	613,6	325,3	53,0
Coreaú	Ibiapaba	46	315,6	2290,3	951,6	426,9	44,9
Frecheirinha	Ibiapaba	46	372,4	1983,1	1018,5	360,6	35,4
Groaíras	Ibiapaba	46	69,7	1906,0	753,4	390,7	51,9
Guaraciaba do Norte	Ibiapaba	46	152,1	2393,2	986,3	457,0	46,3
Hidrolândia	Ibiapaba	46	267,4	1904,8	830,8	334,2	40,2
Ibiapina	Ibiapaba	46	468,5	2485,1	1264,9	424,6	33,6
Ipu	Ibiapaba	46	161,0	2128,1	940,8	370,1	39,3
Ipueiras	Ibiapaba	46	306,5	2078,1	852,1	345,4	40,5
Mucambo	Ibiapaba	46	493,4	2092,2	1003,9	356,8	35,5
Nova Russas	Ibiapaba	46	298,6	1723,4	773,9	325,6	42,1
Pacujá	Ibiapaba	46	466,6	2100,5	974,8	353,0	36,2
Poranga	Ibiapaba	46	200,1	1252,8	608,5	267,4	43,9
Reriutaba	Ibiapaba	46	277,0	2250,7	955,5	375,8	39,3
São Benedito	Ibiapaba	46	389,6	2133,1	967,6	384,4	39,7
Tianguá	Ibiapaba	46	440,7	2097,3	1005,7	390,0	38,8
Ubajara	Ibiapaba	46	385,8	2201,9	1070,5	425,8	39,8

Viçosa do Ceará	Ibiapaba	46	502,6	2428,9	1170,1	437,8	37,4
Alto Santo	Jaguaribana	46	116,7	1606,8	721,1	294,0	40,8
Aracati	Jaguaribana	46	226,6	2525,3	855,7	432,8	50,6
Icó	Jaguaribana	46	372,5	1762,6	755,4	259,0	34,3
Iracema	Jaguaribana	46	271,6	1471,2	815,1	315,6	38,7
Itaiçaba	Jaguaribana	46	161,4	2033,1	704,2	354,1	50,3
Jaguaretama	Jaguaribana	46	222,6	1534,1	735,4	311,7	42,4
Jaguaribara	Jaguaribana	46	230,7	1502,8	690,0	292,7	42,4
Jaguaribe	Jaguaribana	46	171,3	1706,3	709,0	294,8	41,6
Jaguaruana	Jaguaribana	46	118,0	1724,9	703,4	340,3	48,4
Limoeiro do Norte	Jaguaribana	46	303,3	1519,1	720,1	290,1	40,3
Morada Nova	Jaguaribana	46	192,8	1511,5	704,1	289,8	41,2
Orós	Jaguaribana	46	302,5	2163,7	813,6	310,0	38,1
Palhano	Jaguaribana	46	61,3	1817,0	704,7	351,5	49,9
Pereiro	Jaguaribana	46	294,6	2065,3	921,2	360,3	39,1
Quixeré	Jaguaribana	46	226,0	1914,1	695,7	357,5	51,4
Russas	Jaguaribana	46	184,1	1863,5	744,0	324,9	43,7
São João do Jaguaribe	Jaguaribana	46	221,0	1911,2	698,4	339,4	48,6
Tabuleiro do Norte	Jaguaribana	46	271,1	1666,8	717,6	306,2	42,7
Aquiraz	Litoral de Fortaleza	46	449,5	2812,8	1341,5	551,1	41,1
Beberibe	Litoral de Fortaleza	46	265,0	1864,6	915,6	370,5	40,5
Cascavel	Litoral de Fortaleza	46	406,3	2100,9	1027,8	417,1	40,6
Caucaia	Litoral de Fortaleza	46	417,0	2422,4	1149,2	472,7	41,1
Fortaleza	Litoral de Fortaleza	46	652,4	2698,4	1478,1	476,8	32,3
Maranguape	Litoral de Fortaleza	46	451,3	2247,0	1062,6	380,1	35,8
Pacajus	Litoral de Fortaleza	46	257,5	1983,3	927,8	407,8	44,0
Pacatuba	Litoral de Fortaleza	46	571,6	2810,4	1244,7	465,3	37,4
Apuiarés	Litoral de Pecém	46	234,0	1594,8	755,8	329,2	43,6
General Sampaio	Litoral de Pecém	46	208,9	1763,9	761,9	351,6	46,1
Irauçuba	Litoral de Pecém	46	136,7	1131,4	495,1	247,0	49,9
Itapajé	Litoral de Pecém	46	268,2	1868,9	848,8	327,2	38,5
Itapipoca	Litoral de Pecém	46	397,3	2541,3	1094,6	451,2	41,2
Paracuru	Litoral de Pecém	46	204,3	2359,6	1183,8	466,8	39,4
Paramoti	Litoral de Pecém	46	141,0	1575,0	669,4	318,6	47,6
Pentecoste	Litoral de Pecém	46	203,6	1721,3	737,0	320,8	43,5
São Gonçalo do Amarante	Litoral de Pecém	46	362,5	1932,0	993,8	367,9	37,0
São Luís do Curu	Litoral de Pecém	46	211,9	1710,1	837,2	351,8	42,0
Trairi	Litoral de Pecém	46	471,7	3063,7	1207,7	498,5	41,3
Uruburetama	Litoral de Pecém	46	417,7	2025,0	1027,6	379,1	36,9
Acaraú	Litoral Norte	46	382,1	2587,7	1066,8	506,4	47,5
Alcântaras	Litoral Norte	46	336,5	2454,6	971,2	463,6	47,7
Bela Cruz	Litoral Norte	46	240,0	2149,8	910,8	445,6	48,9
Camocim	Litoral Norte	46	293,7	2802,6	1099,3	474,5	43,2
Chaval	Litoral Norte	46	342,8	1945,7	1000,8	380,6	38,0
Granja	Litoral Norte	46	233,2	2301,0	1035,5	432,7	41,8
Marco	Litoral Norte	46	246,5	2150,5	915,0	434,3	47,5
Martinópolis	Litoral Norte	46	337,6	2116,9	1016,3	381,8	37,6
Massapê	Litoral Norte	46	300,9	2382,2	1067,0	456,1	42,7
Meruoca	Litoral Norte	46	61,3	2764,3	1276,6	530,1	41,5
Moraújo	Litoral Norte	46	221,1	2845,3	1144,4	581,0	50,8
Morrinhos	Litoral Norte	46	243,0	1762,1	814,3	347,4	42,7
Santana do Acaraú	Litoral Norte	46	288,0	1800,5	848,7	348,4	41,1
Senador Sá	Litoral Norte	46	323,5	2296,5	991,9	426,5	43,0
Sobral	Litoral Norte	46	156,3	1590,9	704,3	314,9	44,7

Uruoca	Litoral Norte	46	262,7	2725,3	1046,8	473,2	45,2
Aracoiaba	Maciço de Baturité	46	270,5	2046,1	889,7	365,0	41,0
Aratuba	Maciço de Baturité	46	416,3	2520,4	1160,4	436,2	37,6
Baturité	Maciço de Baturité	46	431,8	1780,7	1003,6	336,4	33,5
Capistrano	Maciço de Baturité	46	383,3	2063,6	926,6	347,8	37,5
Guaramiranga	Maciço de Baturité	46	786,5	2412,8	1481,0	427,7	28,9
Itapiúna	Maciço de Baturité	46	272,6	1735,7	747,3	280,2	37,5
Mulungu	Maciço de Baturité	46	143,0	2205,9	1113,2	450,3	40,4
Pacoti	Maciço de Baturité	46	757,8	2459,1	1400,0	404,6	28,9
Palmácia	Maciço de Baturité	46	46,4	2294,8	1197,1	468,7	39,2
Redenção	Maciço de Baturité	46	344,7	2013,0	1138,5	387,5	34,0
Acopiara	Sertão Central e Inhamuns	46	349,5	2026,6	744,1	290,3	39,0
Aiuaba	Sertão Central e Inhamuns	46	159,8	1320,5	564,3	222,2	39,4
Antonina do Norte	Sertão Central e Inhamuns	46	215,3	1227,5	641,8	250,3	39,0
Araripe	Sertão Central e Inhamuns	46	311,1	1557,5	709,5	245,4	34,6
Arneiroz	Sertão Central e Inhamuns	46	222,3	1228,1	569,6	222,4	39,0
Assaré	Sertão Central e Inhamuns	46	341,7	1303,8	705,6	230,5	32,7
Boa Viagem	Sertão Central e Inhamuns	46	169,6	1340,0	619,3	268,6	43,4
Campos Sales	Sertão Central e Inhamuns	46	224,1	1205,0	569,3	199,7	35,1
Canindé	Sertão Central e Inhamuns	46	217,5	1544,6	663,1	315,1	47,5
Caridade	Sertão Central e Inhamuns	46	173,2	1724,3	715,9	327,7	45,8
Catarina	Sertão Central e Inhamuns	46	270,0	1540,6	631,3	229,1	36,3
Crateús	Sertão Central e Inhamuns	46	197,4	1542,0	707,9	296,1	41,8
Iguatu	Sertão Central e Inhamuns	46	454,4	1859,6	907,4	291,7	32,2
Independência	Sertão Central e Inhamuns	46	124,1	1251,1	547,3	245,4	44,8
Itatira	Sertão Central e Inhamuns	46	150,2	1249,1	584,0	272,0	46,6
Mombaça	Sertão Central e Inhamuns	46	239,6	1482,3	703,1	256,2	36,4
Monsenhor Tabosa	Sertão Central e Inhamuns	46	142,1	2014,3	646,3	360,2	55,7
Novo Oriente	Sertão Central e Inhamuns	46	249,8	1793,3	718,7	299,6	41,7
Parambu	Sertão Central e Inhamuns	46	253,3	1920,0	633,2	292,9	46,3
Piquet Carneiro	Sertão Central e Inhamuns	46	268,1	1517,0	721,1	269,7	37,4
Potengi	Sertão Central e Inhamuns	46	197,3	1428,0	683,5	259,4	38,0
Quixadá	Sertão Central e Inhamuns	46	269,4	1742,4	708,5	304,0	42,9
Quixeramobim	Sertão Central e Inhamuns	46	218,4	1432,4	682,0	275,3	40,4
Saboeiro	Sertão Central e Inhamuns	46	109,3	1397,9	579,1	230,6	39,8
Santa Quitéria	Sertão Central e Inhamuns	46	133,3	2047,7	713,6	356,6	50,0
Senador Pompeu	Sertão Central e Inhamuns	46	310,6	1557,4	777,2	261,6	33,7
Solonópole	Sertão Central e Inhamuns	46	41,3	1467,4	723,3	278,5	38,5
Tamboril	Sertão Central e Inhamuns	46	138,8	1385,4	596,9	256,2	42,9
Tauá	Sertão Central e Inhamuns	46	215,5	1215,1	505,9	211,1	41,7

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME (vários anos).

**APÊNDICE B - ANOS DE OCORRÊNCIA, MÉDIAS E CV DAS PLUVIOMETRIAS
NOS 139 MUNICÍPIOS CEARENSES DE ACORDO COM OS PERÍODOS EM QUE
FORAM CLASSIFICADOS NA PESQUISA**

Município	Estiagem			Normalidade			Chuvoso		
	Anos	Média (mm)	CV (%)	Anos	Média (mm)	CV (%)	Anos	Média (mm)	CV (%)
Abaiara	8	542,1	16,6	14	782,5	6,9	24	1150,3	16,1
Acaraú	12	554,4	15,8	7	774,9	12,2	27	1370,2	32,5
Acopiara	17	496,9	17,0	21	774,8	12,1	8	1189,2	29,4
Aiuaba	37	484,2	23,5	6	738,4	10,0	3	1204,6	16,6
Alcântaras	11	472,5	20,2	10	741,3	8,2	25	1282,7	31,3
Altaneira	10	568,4	11,5	20	793,2	10,6	16	1154,6	13,7
Alto Santo	23	485,6	27,0	14	824,2	9,0	9	1162,5	15,6
Antonina do Norte	26	469,2	25,9	14	741,8	8,3	6	1127,7	9,0
Apuiarés	23	499,4	23,9	9	776,1	10,0	14	1163,9	19,5
Aquiraz	4	556,9	13,1	6	758,6	13,5	36	1525,8	31,1
Aracati	17	470,3	25,8	13	798,6	11,8	16	1311,6	29,2
Aracoiaba	15	537,7	19,0	15	807,3	10,0	16	1296,8	21,3
Araípe	20	506,5	21,2	19	771,9	10,1	7	1120,2	20,0
Aratuba	2	520,5	28,3	15	814,4	10,5	29	1383,4	28,6
Arneiroz	32	448,5	28,4	11	750,7	6,6	3	1076,0	13,5
Assaré	24	537,3	18,5	13	755,8	6,8	9	1081,7	12,5
Aurora	8	552,9	9,0	18	798,2	10,5	20	1176,8	19,1
Baixio	12	536,8	13,4	19	785,4	10,3	15	1176,4	19,5
Barbalha	1	539,4	0,0	12	823,8	9,9	33	1204,1	25,4
Barro	14	542,7	18,2	20	784,8	9,0	12	1200,0	19,3
Baturité	9	563,1	11,1	13	816,8	8,7	24	1270,0	17,2
Beberibe	12	480,4	22,6	12	782,9	10,6	22	1225,3	20,9
Bela Cruz	17	502,5	25,8	10	797,5	10,1	19	1335,7	26,3
Boa Viagem	29	455,2	26,6	10	749,5	8,1	7	1113,3	13,9
Brejo Santo	15	542,6	17,6	14	813,7	9,8	17	1123,3	20,6
Camocim	5	465,8	22,6	16	796,2	8,6	25	1420,1	28,6
Campos Sales	35	483,7	21,9	7	718,5	5,3	4	1057,0	10,7
Canindé	28	464,2	27,0	9	773,2	12,6	9	1171,9	19,5
Capistrano	11	533,6	14,8	14	777,8	8,4	21	1231,7	21,2
Caridade	22	441,0	27,1	14	827,5	8,8	10	1164,4	22,4
Cariré	13	539,8	20,8	14	781,8	8,9	19	1200,0	23,4
Caririaçu	7	592,2	6,9	15	806,2	10,7	24	1258,7	24,6
Cariús	10	546,0	15,9	14	815,9	8,6	22	1167,5	22,5
Carnaubal	29	414,2	29,6	11	792,0	7,4	6	1250,8	21,7
Cascavel	9	532,5	12,1	14	784,0	8,8	23	1370,0	22,0
Catarina	27	488,5	20,0	16	762,2	9,7	3	1217,3	24,4
Caucaia	5	511,7	14,8	11	786,1	8,9	30	1388,6	29,2
Cedro	8	567,7	10,0	18	801,7	9,6	20	1192,0	19,8
Chaval	11	499,6	21,4	12	779,8	11,2	23	1290,4	19,5
Coreaú	12	523,7	20,1	14	782,2	11,2	20	1327,0	27,7
Crateús	24	479,4	27,1	10	782,3	9,3	12	1102,7	15,7
Crato	2	609,1	9,5	14	834,4	9,0	30	1208,4	16,1
Farias Brito	6	537,2	16,1	17	757,6	8,4	23	1192,5	19,9
Fortaleza	1	652,4	0,0	3	827,8	6,7	42	1544,3	28,8
Frecheirinha	5	520,3	18,6	17	798,7	11,0	24	1278,0	23,2
General Sampaio	19	452,9	27,6	15	777,8	9,2	12	1231,2	21,2
Granja	8	534,8	28,3	17	791,2	10,3	21	1424,0	22,0

Granjeiro	6	571,5	14,5	15	803,7	8,3	25	1325,3	29,1
Groaíras	23	444,8	43,5	11	787,4	13,5	12	1210,8	26,6
Guaraciaba do Norte	12	470,5	26,4	7	792,2	9,1	27	1265,8	29,5
Guaramiranga	0	0,0	0,0	5	863,8	5,9	41	1556,2	25,1
Hidrolândia	14	486,9	20,3	15	751,4	8,9	17	1184,1	20,7
Ibiapina	1	468,5	0,0	12	828,9	7,6	33	1447,5	24,6
Icó	19	546,0	15,0	18	771,5	9,7	9	1165,4	20,4
Iguatu	7	532,3	13,4	19	777,3	9,8	20	1162,4	20,6
Independência	33	427,1	31,9	10	766,1	11,1	3	1139,5	12,7
Ipu	12	533,4	27,1	11	780,1	9,5	23	1230,3	22,4
Ipueiras	16	539,8	17,3	14	776,2	8,5	16	1230,8	23,4
Iracema	17	503,1	23,5	13	778,3	11,8	16	1176,4	13,8
Irauçuba	39	415,2	37,3	3	765,6	17,3	4	1070,7	4,9
Itaiçaba	22	438,5	33,7	16	783,3	10,1	8	1276,8	26,7
Itapajé	15	536,9	20,3	14	781,9	11,2	17	1179,2	23,0
Itapipoca	5	551,2	17,8	14	787,2	10,9	27	1354,7	30,4
Itapiúna	19	496,7	20,9	15	780,4	10,9	12	1102,8	19,6
Itatira	31	423,7	28,8	10	817,2	9,7	5	1111,5	13,8
Jaguaratama	22	473,9	21,7	13	796,1	8,3	11	1186,9	14,6
Jaguaribara	25	471,9	21,8	12	785,0	8,9	9	1144,7	18,5
Jaguaribe	23	485,0	25,7	13	774,3	10,1	10	1139,5	19,3
Jaguaruana	22	418,7	30,9	13	797,4	7,6	11	1161,6	21,2
Jardim	21	498,6	25,5	15	830,3	9,1	10	1083,5	13,9
Jati	19	503,7	23,5	24	804,4	10,6	3	1072,1	16,2
Juazeiro do Norte	4	567,5	8,4	16	773,0	9,8	26	1122,5	17,8
Jucás	17	556,6	14,4	15	771,8	10,4	14	1149,1	21,3
Lavras da Mangabeira	8	587,7	10,5	19	787,0	9,6	19	1217,7	19,3
Limoeiro do Norte	24	464,7	22,0	14	766,7	11,4	8	1156,2	13,9
Maranguape	6	559,1	13,3	13	812,5	9,3	27	1294,9	24,8
Marco	13	487,8	30,4	16	785,6	11,2	17	1363,5	26,8
Martinópole	9	566,9	16,7	15	813,5	9,6	22	1338,5	21,6
Massapê	7	482,9	22,8	14	820,5	10,9	25	1368,6	29,0
Mauriti	18	511,8	19,5	15	776,5	10,1	13	1134,5	16,2
Meruoca	4	467,7	58,4	8	818,6	9,0	34	1479,6	30,7
Milagres	8	552,9	8,5	18	792,9	10,3	20	1151,9	15,3
Missão Velha	4	623,8	3,3	18	812,9	9,8	24	1142,1	16,0
Mombaça	22	497,8	21,0	18	797,5	9,3	6	1172,6	19,1
Monsenhor Tabosa	31	465,9	29,9	9	781,3	12,1	6	1375,9	30,5
Morada Nova	25	491,2	23,4	11	800,7	9,4	10	1130,2	18,5
Moraújo	6	468,4	33,3	12	749,0	8,1	28	1458,7	36,9
Morrinhos	19	496,5	22,6	10	785,0	11,0	17	1186,9	20,1
Mucambo	8	589,3	9,9	13	812,0	10,3	25	1236,4	26,0
Mulungu	5	414,6	52,7	11	756,2	9,6	30	1360,6	24,8
Nova Olinda	13	518,7	16,5	16	808,4	9,4	17	1134,4	18,1
Nova Russas	17	458,2	22,0	16	782,5	10,8	13	1176,1	21,3
Novo Oriente	20	460,9	23,0	15	763,5	8,5	11	1126,3	22,2
Orós	18	541,6	14,9	15	827,4	6,7	13	1174,3	26,9
Pacajus	13	494,0	20,4	13	756,9	9,9	20	1321,0	21,0
Pacatuba	3	576,5	0,8	13	829,9	7,7	30	1491,2	26,1
Pacoti	0	0,0	0,0	6	842,1	6,9	40	1483,7	24,8
Pacujá	11	559,1	13,9	14	792,0	10,6	21	1274,7	20,5
Palhano	23	440,1	35,8	12	768,8	10,2	11	1188,2	23,5
Palmácia	5	412,1	65,6	8	807,1	9,9	33	1410,6	24,6
Paracuru	5	485,9	35,1	10	814,6	10,0	31	1415,5	26,7

Parambu	32	491,2	21,1	9	777,6	10,6	5	1282,4	29,6
Paramoti	24	430,7	31,6	16	797,1	9,7	6	1283,6	16,0
Penaforte	30	486,1	25,3	12	795,8	11,8	4	1042,4	7,8
Pentecoste	23	484,8	25,0	12	832,1	8,7	11	1160,6	23,7
Pereiro	12	518,8	20,2	14	798,0	9,2	20	1248,8	21,8
Piquet Carneiro	22	509,8	20,5	15	771,4	9,6	9	1153,8	16,7
Poranga	27	425,7	29,2	13	756,0	9,4	6	1111,1	12,0
Porteiras	15	552,5	17,8	18	795,6	10,2	13	1095,1	13,6
Potengi	26	500,4	24,4	11	793,4	10,3	9	1077,8	15,4
Quixadá	22	473,1	24,7	14	764,8	11,4	10	1147,5	23,0
Quixeramobim	28	501,8	24,6	8	783,7	9,7	10	1105,3	13,9
Quixeré	25	444,9	26,1	10	756,6	11,8	11	1210,1	24,8
Redenção	7	566,4	18,7	5	839,8	11,6	34	1300,2	23,6
Reriutaba	11	539,9	26,0	11	757,1	8,9	24	1236,8	23,6
Russas	23	497,9	23,6	14	822,3	8,5	9	1251,4	22,5
Saboeiro	31	459,4	29,1	13	762,7	10,3	2	1240,8	17,9
Santa Quitéria	20	432,9	32,2	16	753,4	10,4	10	1211,2	30,7
Santana do Acaraú	15	494,5	28,2	13	768,7	7,6	18	1201,5	20,2
Santana do Cariri	10	539,1	18,1	17	798,3	11,0	19	1151,2	19,1
São Benedito	7	542,5	18,3	19	759,3	9,7	20	1314,2	25,2
São Gonçalo do Amarante	7	497,2	17,5	14	773,4	9,5	25	1256,2	22,5
São João do Jaguaribe	24	449,2	26,2	10	739,7	10,3	12	1162,4	22,9
São Luís do Curu	17	496,7	30,8	10	771,3	13,2	19	1176,6	19,6
Senador Pompeu	16	526,9	18,6	18	762,8	10,8	12	1132,6	15,4
Senador Sá	9	480,2	21,1	14	783,7	10,7	23	1319,0	26,5
Sobral	24	472,0	28,6	12	787,9	11,4	10	1161,7	21,0
Solonópole	21	504,7	29,3	17	774,9	11,1	8	1187,6	14,2
Tabuleiro do Norte	25	485,2	21,6	9	811,4	10,9	12	1131,3	18,0
Tamboril	28	438,6	30,1	14	748,4	9,9	4	1174,6	14,4
Tauá	37	423,3	25,4	6	717,1	3,6	3	1103,4	8,9
Tianguá	6	529,1	11,5	19	780,2	11,2	21	1345,8	23,5
Trairi	3	592,9	17,7	13	758,4	9,6	30	1463,9	29,7
Ubajara	5	569,6	18,6	17	783,9	11,1	24	1378,0	26,9
Umari	16	506,3	23,5	17	792,4	8,8	13	1145,6	19,2
Uruburetama	8	547,7	14,0	14	809,1	8,8	24	1315,0	22,1
Uruoca	7	488,8	24,8	15	791,1	11,3	24	1369,4	31,7
Várzea Alegre	6	552,1	11,1	16	780,3	9,3	24	1194,4	17,3
Viçosa do Ceará	4	548,0	9,6	8	790,6	11,6	34	1332,6	29,4

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME (vários anos).

APÊNDICE C - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE FATORIAL PARA A CRIAÇÃO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE (INPR)

Matriz de correlações^a

		pluv_corr	prod_feij_c corr	prod_mand _corr	prod_milho _corr	VPha_feij_ corr	VPha_man d_corr	VPha_milho o_corr
Correlação	pluv_corr	1,000	,790	,789	,750	,752	,572	,803
	prod_feij_corr	,790	1,000	,868	,855	,962	,702	,894
	prod_mand_corr	,789	,868	1,000	,836	,796	,835	,848
	prod_milho_corr	,750	,855	,836	1,000	,753	,616	,967
	VPha_feij_corr	,752	,962	,796	,753	1,000	,674	,819
	VPha_mand_corr	,572	,702	,835	,616	,674	1,000	,623
	VPha_milho_corr	,803	,894	,848	,967	,819	,623	1,000
Sig. (unilateral)	pluv_corr		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	prod_feij_corr	,000		,000	,000	,000	,000	,000
	prod_mand_corr	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	prod_milho_corr	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	VPha_feij_corr	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	VPha_mand_corr	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	VPha_milho_corr	,000	,000	,000	,000	,000	,000	

a. Determinante = 1,106E-5

Inverso de matriz de correlações

	pluv_corr	prod_feij_co rrig	prod_mand_ corr	prod_milho_ corr	VPha_feij_c orr	VPha_mand_ _corr	VPha_milho _corr
pluv_corr	3,557	,329	-2,084	1,412	-,803	,736	-2,551
prod_feij_corr	,329	31,770	-5,661	-7,145	-21,999	1,328	,235
prod_mand_corr	-2,084	-5,661	10,238	-1,297	3,445	-4,438	-,748
prod_milho_corr	1,412	-7,145	-1,297	19,881	7,490	-,265	-18,846
VPha_feij_corr	-,803	-21,999	3,445	7,490	19,310	-1,760	-4,573
VPha_mand_corr	,736	1,328	-4,438	-,265	-1,760	3,933	1,232
VPha_milho_corr	-2,551	,235	-,748	-18,846	-4,573	1,232	24,679

Teste de KMO e Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,826
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	4688,474
	gl	21
	Sig.	0,000

Matrizes anti-imagem

		pluv_corr	prod_feij_c orr	prod_mand_ _corr	prod_milho_ _corr	VPha_feij_ corr	VPha_man d_corr	VPha_milho o_corr
Covariância anti-imagem	pluv_corr	,281	,003	-,057	,020	-,012	,053	-,029
	prod_feij_corr	,003	,031	-,017	-,011	-,036	,011	,000
	prod_mand_corr	-,057	-,017	,098	-,006	,017	-,110	-,003
	prod_milho_corr	,020	-,011	-,006	,050	,020	-,003	-,038
	VPha_feij_corr	-,012	-,036	,017	,020	,052	-,023	-,010
	VPha_mand_corr	,053	,011	-,110	-,003	-,023	,254	,013
	VPha_milho_corr	-,029	,000	-,003	-,038	-,010	,013	,041
Correlação anti-imagem	pluv_corr	,925 ^a	,031	-,345	,168	-,097	,197	-,272
	prod_feij_corr	,031	,815 ^a	-,314	-,284	-,888	,119	,008
	prod_mand_corr	-,345	-,314	,841 ^a	-,091	,245	-,699	-,047

prod_milho_corrige	,168	-,284	-,091	,797 ^a	,382	-,030	-,851
VPha_feij_corrige	-,097	-,888	,245	,382	,778 ^a	-,202	-,210
VPha_mand_corrige	,197	,119	-,699	-,030	-,202	,820 ^a	,125
VPha_milho_corrige	-,272	,008	-,047	-,851	-,210	,125	,829 ^a

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Comunalidades

	Inicial	Extração
pluv_corrige	1,000	,743
prod_feij_corrige	1,000	,925
prod_mand_corrige	1,000	,888
prod_milho_corrige	1,000	,840
VPha_feij_corrige	1,000	,831
VPha_mand_corrige	1,000	,617
VPha_milho_corrige	1,000	,892

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Variância total explicada

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	5,736	81,947	81,947	5,736	81,947	81,947
2	,535	7,641	89,587			
3	,317	4,531	94,119			
4	,285	4,072	98,190			
5	,081	1,164	99,354			
6	,027	,390	99,744			
7	,018	,256	100,000			

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Matriz de componente^a

	Componente 1
pluv_corrige	,862
prod_feij_corrige	,962
prod_mand_corrige	,942
prod_milho_corrige	,916
VPha_feij_corrige	,911
VPha_mand_corrige	,786
VPha_milho_corrige	,945

Método de Extração: análise de Componente Principal. a. 1 componentes extraídos.

Correlações reproduzidas

	pluv_corrige	prod_feij_c orrige	prod_mand _corrige	prod_milh o_corrige	VPha_feij_ corrige	VPha_man d_corrige	VPha_milh o_corrige
Correlação reproduzida pluv_corrige	,743 ^a	,829	,812	,790	,786	,678	,814
prod_feij_corrige	,829	,925 ^a	,906	,881	,876	,756	,908
prod_mand_corrige	,812	,906	,888 ^a	,864	,859	,740	,890
prod_milho_corrige	,790	,881	,864	,840 ^a	,835	,720	,866
VPha_feij_corrige	,786	,876	,859	,835	,831 ^a	,716	,861
VPha_mand_corrige	,678	,756	,740	,720	,716	,617 ^a	,742
VPha_milho_corrige	,814	,908	,890	,866	,861	,742	,892 ^a
Resíduo ^b							
pluv_corrige		-,039	-,024	-,040	-,034	-,106	-,011

prod_feij_corrig	-,039		-,038	-,027	,085	-,054	-,014
prod_mand_corrig	-,024	-,038		-,027	-,063	,094	-,042
prod_milho_corrig	-,040	-,027	-,027		-,082	-,104	,101
VPha_feij_corrig	-,034	,085	-,063	-,082		-,042	-,042
VPha_mand_corrig	-,106	-,054	,094	-,104	-,042		-,119
g							
VPha_milho_corrig	-,011	-,014	-,042	,101	-,042	-,119	
g							

Método de Extração: análise de Componente Principal.

a. Comunalidades reproduzidas

b. Os resíduos são computados entre as correlações observadas e reproduzidas. Há 9 (42,0%) resíduos não redundantes com valores absolutos maiores que 0,05.

Matriz de coeficiente de escore de componente

	Componente 1
pluv_corrig	,150
prod_feij_corrig	,168
prod_mand_corrig	,164
prod_milho_corrig	,160
VPha_feij_corrig	,159
VPha_mand_corrig	,137
VPha_milho_corrig	,165

Método de Extração: análise de Componente Principal. Pontuações de componente.

Matriz de covariâncias de escore de componente

Componente	1
1	1,000

Método de Extração: análise de Componente Principal. Pontuações de componente.

Estatística Descritiva

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
REGR factor score 1 for analysis 1	415	-1,62846	3,66479	,0000000	1,00000000
N válido (de lista)	415				

Estatística Descritiva

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
INPR	415	,00	1,00	,3076	,18892
N válido (de lista)	415				

APÊNDICE D - OUTPUT RESULTANTE DA ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR COM VARIÁVEIS DUMMIES PARA AVALIAR AS DIFERENÇAS ENTRE O INPR DE CADA REGIÃO DO CEARÁ

Variáveis Inseridas/Removidas^a

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	D7, D4, D5, D6, D3, D2, D1 ^b	.	Inserir

a. Variável Dependente: INPR

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

Resumo do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,246 ^a	,060	,044	,18470

a. Preditores: (Constante), D7, D4, D5, D6, D3, D2, D1

ANOVA^a

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	,891	7	,127	3,733	,001 ^b
	Resíduo	13,885	407	,034		
	Total	14,776	414			

a. Variável Dependente: INPR

b. Preditores: (Constante), D7, D4, D5, D6, D3, D2, D1

Coefficientes^a

Modelo		Coefficients não padronizados		Coefficients padronizados		Sig.
		B	Erro Erro	Beta	t	
1	(Constante)	,263	,020		13,414	,000
	D1	,112	,029	,233	3,929	,000
	D2	,025	,031	,045	,789	,431
	D3	,078	,032	,139	2,448	,015
	D4	,049	,042	,061	1,159	,247
	D5	,001	,036	,001	,018	,985
	D6	,000	,033	,001	,011	,991
	D7	,106	,040	,141	2,659	,008

a. Variável Dependente: INPR