



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

LAURA CUNHA REBOUÇAS LESSA

**RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO SOB
INSTABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA PARAÍBA**

FORTALEZA
2023

LAURA CUNHA REBOUÇAS LESSA

RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO SOB
INSTABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Economia de Recursos Naturais e Política Ambiental (ERNPA).

Orientador: Prof^o. Dr^o. José de Jesus Sousa Lemos.

FORTALEZA

2023

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

- L631r Lessa, Laura Cunha Rebouças.
Resiliência e sustentabilidade da agricultura de sequeiro sob instabilidade pluviométrica na Paraíba /
Laura Cunha Rebouças Lessa. – 2023.
95 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2023.
Orientação; Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos.
1. Produtividade sustentável. 2. Renda sustentável. 3. Agricultura resiliente ao clima. 4. Agricultura
inteligente ao clima. 5. Agricultura em terras secas. I. Título.

CDD 338.1

LAURA CUNHA REBOUÇAS LESSA

RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO SOB
INSTABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Economia de Recursos Naturais e Política Ambiental (ERNPA).

Aprovada em: 05/01/2023.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Francisco José Silva Tabosa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando Antônio Teixeira Mendes
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA)

Dr. Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe, Maria Leuda Cunha Rebouças e
à minha irmã, Monalisa Cunha Rebouças
Lessa.

AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido para chegar a esse momento não foi fácil, mas consegui. Contudo, nada eu teria, ou seria, sem o apoio daqueles que estão à minha volta, sejam amigos ou familiares. Portanto, jamais poderia concluir essa etapa sem agradecê-los.

Agradeço à minha mãe, Leuda, por sempre me apoiar, mesmo nos momentos mais difíceis. Reconheço tudo que fez e o quanto abriu mão para que nunca me faltasse nada. Da mesma forma, agradeço ao meu padrasto, Evaneldo, por me criar como uma filha, desde sempre.

Também sou grata à minha avó, Dona Quinha, pois ela nunca deixou de ter fé em mim e naquilo que eu sou capaz de fazer.

À minha irmã, Monalisa, pela companhia de sempre, por me ouvir e por todos os momentos de descontração. Tenho certeza de que, assim como a minha, a tua jornada está apenas começando.

Aos colegas da turma de mestrado e doutorado, em especial à Erika e à Eucinete, pela amizade que transcendeu as linhas da universidade. Espero levá-las comigo por muito tempo.

Ao Prof^o. Dr^o. José Lemos, por todo o acolhimento e excelente orientação ao longo de todos esses anos. O senhor é um ser humano brilhante e o tipo de orientador que todo aluno sonha em ter.

Aos professores participantes da banca examinadora, Filomena Nádia Rodrigues Bezerra, Francisco José Silva Tabosa e Fernando Antônio Teixeira Mendes, pelo tempo disponibilizado e por todas as contribuições, pertinentes e essenciais para a conclusão deste trabalho.

A todas as pessoas que compõem o quadro de funcionários do departamento de Economia Agrícola, por toda dedicação e empenho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

“É no Semiárido que a vida pulsa,
é no Semiárido que o povo resiste”
(ASA, 2009).

RESUMO

O semiárido brasileiro possui como uma das principais características climáticas a instabilidade na precipitação de chuvas tanto de forma espacial quanto temporal. O estado da Paraíba possui 84% dos seus municípios reconhecidos como pertencentes ao semiárido. Nesse estado, a maioria dos agricultores praticam a agricultura de sequeiro, definida como dependente das chuvas para o seu pleno desenvolvimento. Os cultivos estudados na pesquisa são: arroz, feijão, mandioca e milho. Os objetivos específicos são: a. identificar o comportamento das precipitações pluviométricas na Paraíba entre os anos de 1901 a 2020 e buscar enquadrá-las em três períodos: seca, normal e chuvoso; b. desenhar um instrumento capaz de aferir a sinergia existente entre as variáveis definidoras das produções das lavouras de sequeiro, entre 1945 a 2020; c. aferir a existência de resiliência à ocorrência de estresses hídricos nas produções agrícolas; d. estimar as produtividades e renda agregadas por hectare das lavouras estudadas; e. mostrar as trajetórias das produtividades agregadas e das rendas agregadas por hectare dos cultivos estudados entre os anos de 1945 a 2020; f. avaliar o efeito da chuva sobre as projeções da produtividade e renda agregada por hectare, simulando a evolução dessas variáveis para a década de 2021 a 2030, com base nos cenários de ocorrência de chuvas nos períodos definidos; g. aferir se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras foram sustentáveis no período avaliado. Os dados utilizados são de origem secundária e retirados da Produção Agrícola Municipal, Anuários Estatísticos do IBGE e da base de dados da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica. É utilizada a metodologia de análise fatorial para a construção de um Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS), utilizado para avaliar o comportamento da produção de sequeiro da Paraíba e verificar se, ao longo do período estudado houve resiliência dessa produção aos estresses provocados pelas secas. Para desenhar as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare, a pesquisa utilizou o método de Box e Jenkins. Para aferir se houve sustentabilidade dessas variáveis ao longo do período estudado, a pesquisa estimou as taxas geométricas de crescimento instantâneo. Foi detectado que o estado apresentou alta variabilidade pluviométrica na série de 120 anos analisados, em que 40 anos foram de seca, 49 normais e 31 chuvosos. Ficou constatada a existência de resiliência dos agricultores que praticam lavouras de sequeiro frente às instabilidades pluviométricas ocorridas na Paraíba no período avaliado. As evidências também mostraram que a chuva interfere na previsão da produtividade agregada, mas que não causa interferência direta na previsão da renda agregada por hectare das lavouras estudadas. A conclusão geral da pesquisa é que os agricultores conseguiram manter produções agrícolas

sustentáveis na Paraíba, mesmo sob efeitos de alta instabilidade pluviométricas entre 1945 a 2020.

Palavras-chave: produtividade sustentável; renda sustentável; agricultura resiliente ao clima; agricultura inteligente ao clima; agricultura em terras secas.

ABSTRACT

One of the main climatic characteristics of the Brazilian semi-arid region is instability in rainfall both spatially and temporally. The state of Paraíba has 84% of its municipalities recognized as belonging to the semi-arid region. In that state, most farmers practice rainfed agriculture, defined as dependent on rain for its full development. The crops studied in the research are rice, beans, cassava, and corn. The specific objectives are: a. identify the behavior of rainfall in Paraíba between the years 1901 and 2020 and try to fit them into three periods: dry, normal, and rainy; B. to design an instrument capable of measuring the existing synergy between the variables that define the production of rainfed crops, between 1945 and 2020; ç. assess the existence of resilience to the occurrence of water stress in agricultural production; d. estimate the productivity and aggregate income per hectare of the crops studied; and. show the trajectories of aggregate productivity and aggregate income per hectare of the crops studied between the years 1945 and 2020; f. evaluate the effect of rain on productivity projections and aggregate income per hectare, simulating the evolution of these variables for the decade from 2021 to 2030, based on the scenarios of occurrence of rains in the defined periods; g. to assess whether the trajectories of productivity and aggregate income per hectare associated with the production of these crops were sustainable in the evaluated period. The data used are of secondary origin and taken from the Municipal Agricultural Production, Statistical Yearbooks of the IBGE, and the database of the National Oceanic and Atmospheric Administration. The factorial analysis methodology is used for the construction of an Index of Resilience of the Dryland Crops (IRLS), used to evaluate the behavior of the dryland production of Paraíba and to verify if, throughout the period studied, this production was resilient to the stresses provoked by droughts. To draw the trajectories of productivity and aggregate income per hectare, the research used the Box and Jenkins method. To assess whether these variables were sustainable over the period studied, the researchers estimated the geometric rates of instantaneous growth. It was detected that the state presented high rainfall variability in the series of 120 years analyzed, in which 40 years were dry, 49 were normal, and 31 were rainy. It verified the existence of resilience of farmers who practice rainfed crops in the face of rainfall instabilities that occurred in Paraíba during the evaluated period. The evidence also showed that rain interferes in the forecast of aggregate productivity, but that it does not cause direct interference in the forecast of aggregate income per hectare of the crops studied. The general conclusion of the research is that farmers managed to maintain sustainable agricultural production in Paraíba, even under the effects of high rainfall instability between 1945 and 2020.

Keywords: sustainable productivity; sustainable income; climate resilient agriculture; climate smart agriculture; agriculture in drylands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação do Semiárido em 2021	20
Figura 2 – Localização geográfica das regiões pluviometricamente homogêneas do estado Paraíba	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Trajetória da pluviometria no estado da Paraíba entre 1945 a 2020	57
Gráfico 2 – Trajetória do Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro para a Paraíba entre 1945 a 2020	59
Gráfico 3 – Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro antes e depois da ocorrência de secas na Paraíba entre 1945 a 2020	61
Gráfico 4 – Valores previstos para a produtividade agregada das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020	64
Gráfico 5 – Valores previstos para a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020	65
Gráfico 6 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período seco	68
Gráfico 7 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período normal	68
Gráfico 8 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período chuvoso	69
Gráfico 9 – Taxa geométrica de crescimento para a produtividade agregada das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020	71
Gráfico 10 – Taxa geométrica de crescimento para a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Relação das variáveis utilizadas	37
Tabela 2	– Estatísticas descritivas (média e coeficiente de variação – CV) associados aos períodos em que foram classificadas as pluviometrias anuais de chuvas na Paraíba entre os anos de 1901 a 2020	55
Tabela 3	– Resultado da comparação para a definição dos períodos em que foram caracterizadas as pluviometrias anuais observadas no estado da Paraíba entre 1901 a 2020	56
Tabela 4	– Resultados encontrados com a análise fatorial (AF) para a estimação do IRLS na produção de lavouras de sequeiro na Paraíba entre os anos de 1945 a 2020.....	58
Tabela 5	– Resultados encontrados na estimação das componentes em que foram reduzidas as variáveis originais com as respectivas comunalidades e cargas fatoriais	58
Tabela 6	– Diferença das médias do IRLS entre os períodos “não secos” e “secos” ocorridos na Paraíba entre 1901 a 2020	60
Tabela 7	– Teste T de amostras emparelhadas entre os períodos “não seco” e “seco” na Paraíba entre 1945 a 2020	61
Tabela 8	– Teste T de amostras emparelhadas dos períodos “antes” e “depois” da ocorrência de secas na Paraíba entre 1945 a 2020	62
Tabela 9	– Escores fatoriais e pesos estimados que foram usados na definição da produtividade agregada por meio de média ponderada	62
Tabela 10	– Modelos ajustados para previsões da produtividade e renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020	63
Tabela 11	– Resultados encontrados na aferição da relação entre os resíduos dos modelos ajustados para previsões das produtividades e da renda por hectare e as chuvas anuais observadas entre 1945 a 2020 na Paraíba	66
Tabela 12	– Resultados encontrados para estimar a TGC na produtividade agregada entre 1945 a 2020	70

Tabela 13 – Resultados encontrados para estimar a TGC da renda agregada por hectare
entre 1945 a 2020

71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise Fatorial
CRA	Agricultura Resiliente ao Clima
CSA	Agricultura Inteligente ao Clima
CV	Coefficiente de Variação
DCP	Decomposição em Componentes Principais
DP	Desvio Padrão
EP	Erro Padrão
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEE	Emissão de Gases do Efeito Estufa
IA	Índice de Aridez
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Índice de Exclusão Social
IGP-DI	Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna
IRLS	Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro
KMO	Teste de Kaiser-Meier-Olkin
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TGC	Taxa Geométrica de Crescimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Hipóteses do estudo	16
1.2	Objetivos	16
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	16
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	O clima semiárido	18
2.2	Seca: definições e sua ocorrência no semiárido nordestino	22
2.3	Sustentabilidade na agricultura	25
2.4	As instabilidades climáticas e a agricultura resiliente ao clima	26
2.5	A agricultura de sequeiro no Nordeste e na Paraíba	29
<i>2.5.1</i>	<i>Algumas características da lavoura de arroz</i>	30
<i>2.5.2</i>	<i>Algumas características da lavoura de feijão</i>	31
<i>2.5.3</i>	<i>Algumas características da lavoura de mandioca</i>	32
<i>2.5.4</i>	<i>Algumas características da lavoura de milho</i>	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	Caracterização da área de estudo	35
3.2	Natureza e fonte dos dados	36
3.3	Métodos aplicados	38
<i>3.3.1</i>	<i>Metodologia aplicada para atingir o objetivo “a”</i>	38
<i>3.3.2</i>	<i>Metodologia aplicada para atingir o objetivo “b”</i>	41
<i>3.3.2.1</i>	<i>O método de análise fatorial no que se aplica à pesquisa</i>	41
<i>3.3.3</i>	<i>Estratégia aplicada para atingir o objetivo “c”</i>	44
<i>3.3.4</i>	<i>Metodologia aplicada para atingir o objetivo “d”</i>	46
<i>3.3.5</i>	<i>Metodologia aplicada para atingir os objetivos “e” e “f”</i>	47
<i>3.3.5.1</i>	<i>Modelo de Box e Jenkins</i>	49
<i>3.3.5.1.1</i>	<i>O teste de raiz unitária</i>	49
<i>3.3.5.1.2</i>	<i>Modelos de séries temporais autorregressivos (AR)</i>	51
<i>3.3.5.1.3</i>	<i>Modelos de séries temporais médias móveis (MA)</i>	51
<i>3.3.5.1.4</i>	<i>Modelos de séries temporais autorregressivo e médias móveis (ARMA)</i>	52

3.3.5.1.5	Modelos de séries temporais autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA)	52
3.3.6	Metodologia aplicada para atingir o objetivo “g”	53
3.3.6.1	<i>Taxa geométrica de crescimento (TGC)</i>	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Resultados encontrados para o objetivo “a”	55
4.2	Resultados encontrados para o objetivo “b”	57
4.3	Resultados encontrados para o objetivo “c”	59
4.4	Resultados encontrados para os objetivos “d” e “e”	62
4.5	Resultados encontrados para o objetivo “f”	66
4.6	Resultados encontrados para o objetivo “g”	69
4.6.1	<i>Taxa geométrica de crescimento da produtividade agregada</i>	70
4.6.2	<i>Taxa geométrica de crescimento da renda agregada</i>	71
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro, oficialmente reconhecido pelo Governo Federal, abrange 1.427 municípios que se distribuem em todos os estados da região Nordeste, mais o norte de Minas Gerais e o Espírito Santo. A Paraíba possui 188 dos seus 223 municípios (84%) nessa condição, como estabelecido na última delimitação feita pelo Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em dezembro de 2021 (SUDENE, 2021).

O clima semiárido é caracterizado pelo contraste entre alta temperatura e baixa umidade relativa do ar e por apresentar alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, que ocorrem por um curto e concentrado período no ano, além de ser comum a ocorrência de anos sem chuvas (LEMOS; BEZERRA, 2019; MARENCO *et al.*, 2017; SALVIANO *et al.*, 2020). O clima pode ser definido por meio do Índice de Aridez (IA) disposto entre 0,2 e 0,5. Por sua vez, tal índice representa a relação da precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial (KÖPPEN, 1936; THORNTHWAITE, 1948).

A região também sofre com a ocorrência de degradação ambiental. Os recursos naturais que causam bastante influência na degradação da terra relacionam-se com a evaporação elevada, as altas temperaturas e as chuvas concentradas, que ao se depararem com solos desprovidos de cobertura vegetal, desencadeiam elevado escoamento superficial, de modo a culminar em perdas de solos com posterior processo erosivo, além de períodos secos prolongados (BRASIL, 2004; BRASILEIRO, 2011).

Atrelado às características ambientais e à degradação dos seus recursos naturais, é previsto que as instabilidades climáticas influenciarão na distribuição e na produção das lavouras e aumentarão os riscos associados às práticas agrícolas inadequadas. As produtividades da terra nas culturas já experimentam impactos negativos, reforçando a necessidade da adoção de medidas de adaptação tanto por parte dos agricultores que, de alguma forma já o fazem, quanto por parte dos agentes que tomam decisão de políticas públicas (LOBELL; SCHLENKER; COSTA-ROBERTS, 2011; NELSON *et al.*, 2010).

As mudanças climáticas também são responsáveis por alterações na distribuição espacial e temporal das precipitações de chuvas, dificultando a recarga dos mananciais de superfície e de subsolo, o que ocasiona escassez de água para diferentes usos. Isso pode levar ao aumento da competição pela demanda tanto no setor agrícola, quanto em outros setores. Além disso, pode ser usada em projetos de irrigação, bem como atende ao consumo humano e ao de animais (HANJRA; QURESHI, 2010).

Desse modo, a população residente no semiárido é submetida a vulnerabilidades climáticas, econômicas e sociais, sobretudo nas áreas rurais. Os agricultores, em sua grande maioria praticantes de lavouras alimentares de sequeiro, tornam-se reféns da instabilidade das chuvas e da má qualidade de solos para definição da produtividade de seus cultivos (LEMOS, 2020).

Contudo, é conhecido que os agricultores, especialmente aqueles que cultivam lavouras de sequeiro, conseguem desenvolver métodos adaptativos e de convivência com essas instabilidades pluviométricas que são intrínsecas à atividade agrícola no geral. Esse comportamento pode ser caracterizado como mecanismo de autodefesa e identificado como capacidade adaptativa ou auto resiliência (DEVENDRA, 2016; PRAXEDES, 2021; TEIXEIRA; PIRES, 2017). Sendo assim, a auto resiliência pertinente aos agricultores pode ser enquadrada no conceito de Agricultura Resiliente ao Clima (*Climate Resilience Agriculture - CRA*). No semiárido brasileiro como um todo, e particularmente no paraibano, os agricultores aplicam técnicas em suas áreas que podem ser indícios de práticas de procedimentos inerentes ao que é conhecido, atualmente, como CRA (MAHESWARI *et al.*, 2015; RAO *et al.*, 2016; PRAXEDES, 2021).

No semiárido, há o predomínio do cultivo de lavouras alimentares de sequeiro, culturas desenvolvidas, exclusivamente, por meio da ocorrência de chuvas e, majoritariamente, praticadas nas unidades agrícolas familiares (UAF). Esses cultivos são bastante importantes na segurança alimentar e na manutenção da renda monetária dos agricultores, principalmente, daqueles praticantes da agricultura familiar. Constata-se, também, o deficiente uso de tecnologias mais modernas que seriam necessárias para que as lavouras expressem todo o seu potencial produtivo, tais como o uso de máquinas e implementos agrícolas modernos, sementes melhoradas, reposição da fertilidade do solo e irrigação. Ademais, como as áreas, em geral, são pequenas demais e as famílias tendem a crescer com o surgimento dos filhos, noras, genros, essas áreas médias por pessoa tendem a ficar ainda menores. Isso dificultará o provimento da segurança alimentar e a conquista de renda monetária mínima. Em decorrência dessa sinergia de eventos, as famílias tendem a usar a terra de forma mais intensiva e reduzir os períodos de pousio. Como consequência desse uso intensivo do fator limitante, os solos ficam mais pobres, levando à perda de fertilidade e à limitação do crescimento das plantas (BUAINAIN; GARCIA, 2013; LEMOS, 2001; LEMOS *et al.*, 2020; PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018; SÁ; FOTIUS; RICHÉ, 1994).

Na Paraíba, as culturas de feijão, mandioca e milho são, expressamente, cultivadas pelos agricultores, estando entre as cinco maiores áreas colhidas no estado no ano de 2020. A

lavoura de arroz, apesar de ser cultivada em quantidades menores que o trio anteriormente mencionado, também possui significativa importância em âmbito estadual, conforme informações do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019). Essas quatro são culturas alimentares de sequeiro, praticadas em sua grande parte, por agricultores familiares, além de serem consideradas algumas das principais atividades na produção agrícola regional, contribuindo para o provimento da segurança alimentar das famílias, como fonte de renda e alimentação de animais (COSTA FILHO, 2019; PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018; SALVIANO; 2021).

Portanto, com base nas informações expostas, o presente estudo propõe-se a responder ao seguinte questionamento: pode-se inferir que as formas com que as lavouras de sequeiro de arroz, feijão, mandioca e milho, cultivadas pelos agricultores na Paraíba são resilientes ao clima, ao passo que também apresentam produtividade e renda sustentáveis?

1.1 Hipóteses do estudo

H₁ - A agricultura das lavouras alimentares cultivadas em regime de sequeiro no estado da Paraíba mostra ser auto resiliente;

H₂ - Apresenta sustentabilidade na produtividade da terra e na renda nos últimos 76 anos de observações das suas produções no estado.

1.2 Objetivos

Esta subseção apresenta os objetivos traçados para responder à pergunta proposta ao final da introdução dessa pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

Aferir se as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho, principais culturas alimentares de sequeiro cultivadas no estado da Paraíba, são resilientes às instabilidades climáticas e conseguem apresentar produtividade e renda sustentável em decorrência das variabilidades climáticas existentes no estado, no período de 1945 a 2020.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) identificar o comportamento das precipitações pluviométricas no estado da Paraíba entre os anos de 1901 a 2020 e buscar enquadrá-las em três períodos específicos: seca, normal e chuvoso;
- b) desenhar um instrumento que seja capaz de aferir de forma ponderada e compactada a sinergia existente entre as variáveis definidoras das produções de arroz, feijão, mandioca e milho no estado em análise, de 1945 a 2020, anos em que há disponibilidades de dados em nível agregado para o estado;
- c) aferir a existência de resiliência nas produções agrícolas por meio da análise da relação causa-efeito entre o instrumento desenhado no objetivo “b” e as pluviometrias observadas no estado;
- d) estimar as produtividade e renda agregadas por hectare das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho entre os anos de 1945 a 2020;
- e) fazer as projeções das trajetórias da produtividade e renda agregadas por hectare na produção de arroz, feijão, mandioca e milho entre 1945 a 2020;
- f) avaliar os efeitos das pluviometrias sobre as projeções da produtividade e renda agregadas por hectare entre 1945 a 2020, simulando a evolução dessas variáveis na década de 2021 a 2030 com base em cenários de ocorrências de chuvas a serem definidos de acordo com os períodos definido no objetivo “a”;
- g) aferir se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção busca reunir a base teórica necessária para pleno entendimento dos conceitos tratados na pesquisa. Nesse sentido, há a conceituação do clima semiárido e sua ocorrência no Nordeste do Brasil, bem como os conceitos de seca, fenômeno comum nesta região. Discute-se os efeitos das instabilidades climáticas no ambiente rural e sua relação com a definição de agricultura resiliente ao clima, sobretudo no semiárido brasileiro. Com efeito, discorre-se, também, sobre a agricultura de sequeiro, com toda sua importância cultural, econômica e social para os agricultores familiares nordestinos, principalmente, quando inserida em situações de adversidades climáticas.

2.1 O clima semiárido

Um clima pode ser definido por meio do Índice de Aridez (IA), critério determinado pelas Nações Unidas (UNESCO, 1979), que nada mais é que a razão entre a precipitação pluviométrica e a evaporação da água dos solos e dos espelhos de água pela ação direta da incidência dos raios solares, pela ação dos ventos e pelo processo natural de transpiração das vegetações, devido às ações do calor. Esse conjunto de perdas de água é conhecido, tecnicamente, como evapotranspiração potencial (LEMOS, 2020). O Quadro 1 reúne a classificação das regiões de acordo com o clima, em concordância com os critérios estabelecidos por Thornthwaite (1941), ajustado por Penman (1953):

Quadro 1- Amplitudes do Índice de Aridez (IA) que definem os diferentes tipos de clima

Classes climáticas	Índice de Aridez
Hiper árido	$IA \leq 0,05$
Árido	$0,05 < IA \leq 0,2$
Semiárido	$0,2 < IA \leq 0,5$
Subúmido seco	$0,5 < IA \leq 0,65$
Subúmido úmido	$0,65 < IA < 1,0$
Úmido	$IA \geq 1,0$

Fonte: *United Nations Environment Management Group* (2011).

Ancorado nas evidências do Quadro 1, depreende-se que a região semiárida é aquela que possui Índice de Aridez que varia entre 0,20 e 0,50. Essa amplitude de definição

ensina que nas regiões classificadas como semiáridas, apenas de 20% a 50% da precipitação de chuvas fica retida nos solos. Esse ecossistema caracteriza-se, ainda, pelo contraste entre as baixas pluviometrias anuais e as elevadas temperaturas. A ocorrência de chuvas é limitada e concentrada nos três a quatro meses iniciais dos anos, atrelado a um persistente período de estiagem. A umidade relativa do ar nessa região é muito baixa. Além da variabilidade espacial das chuvas, uma característica adicional é a ocorrência de variabilidade temporal, com seguidos anos de seca (LEMOS; BEZERRA, 2019; MARENGO *et al.*, 2017; SALVIANO *et al.*, 2020).

Lemos (2020) pondera que as regiões semiáridas estão espalhadas por todo o planeta, estando presente no continente americano, Oceania, Ásia e África. A América do Sul possui pelo menos três regiões classificadas como semiáridas: a diagonal seca do Cone Sul, entre a Argentina, o Chile e o Equador; a região de Guajira, que se estende por Colômbia e Venezuela; e a região localizada no Brasil, incluindo as regiões Nordeste e parte do Sudeste, a maior do mundo, em se tratando de extensão geográfica e densidade demográfica.

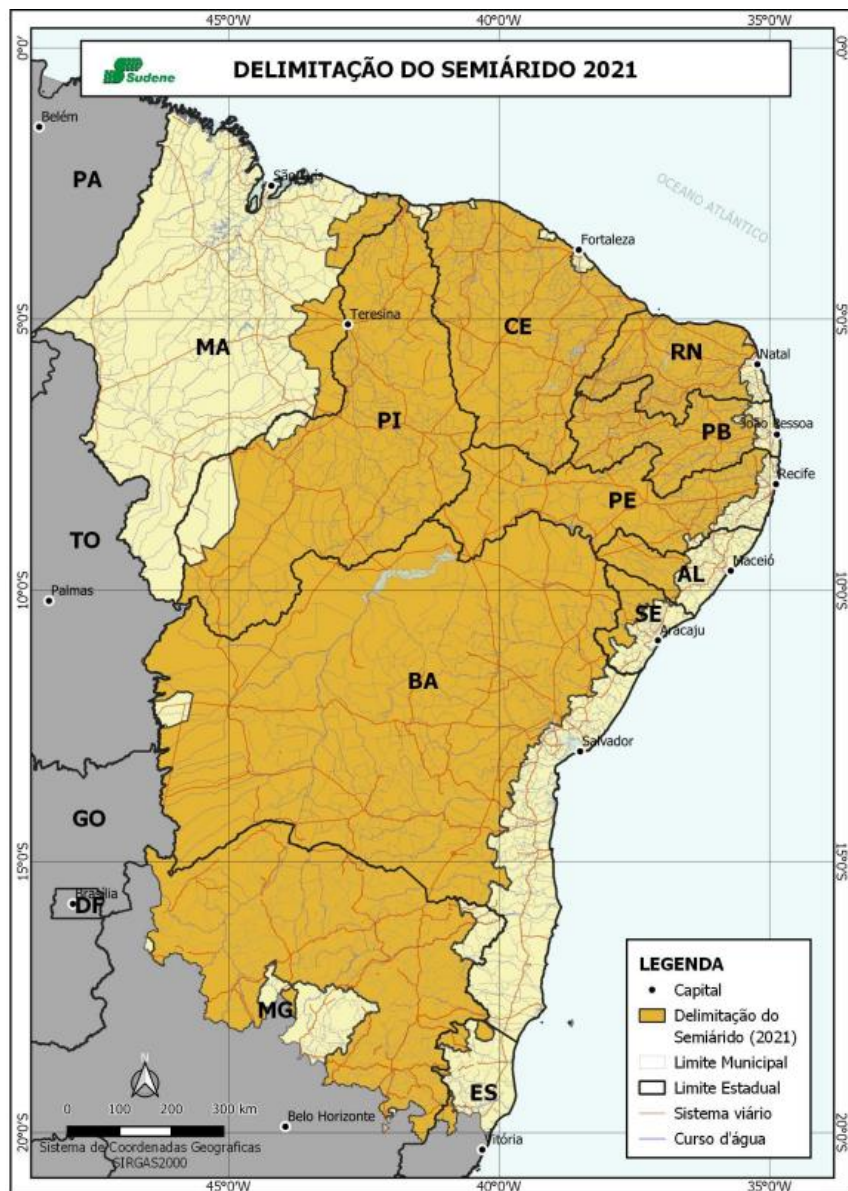
Não obstante, essa definição é, mundialmente, aceita para as áreas sujeitas ao clima semiárido, a fim de serem considerados de forma oficial pelo Governo Brasileiro como integrantes desse ecossistema. Os municípios do país precisam atender a pelo menos um dos três critérios técnicos estabelecidos pela Resolução nº 150 de 13 de dezembro de 2021, do Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2021). Esses critérios devem ter sido observados nos últimos trinta anos à data definição que aconteceu em dezembro de 2021, e são os seguintes:

- a) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;
- b) Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; e
- c) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Isso posto, o semiárido brasileiro é, atualmente, constituído por 1.427 municípios, localizados em Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe, Piauí, Minas Gerais e Espírito Santo. Esses municípios ocupam 1,03 milhão de km², correspondendo a 12% de todo o território nacional, além de abrigar uma população de mais de 29 milhões de pessoas, aproximadamente 12% da quantidade total de residentes no país. O estado da Paraíba possui 188 (84,3%) dos seus 223 municípios como sendo pertencentes a essa região, segundo a última definição da SUDENE. A Paraíba passou a ter o terceiro maior percentual de ocupação territorial pelo semiárido entre os estados brasileiros, sendo superado apenas por Piauí e Ceará (BRASIL, 2017; SUDENE, 2021).

A Figura 1 retrata a nova delimitação do semiárido brasileiro. Nela, é possível ter uma noção da ocupação territorial do clima nos municípios brasileiros, ocupando quase toda a região Nordeste e parte da região Sudeste. Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte são os estados com maiores percentuais de municípios, fazendo parte do semiárido, oficialmente, reconhecidos pelo Governo Brasileiro, para efeito de terem acesso às políticas diferenciadas que são desenhadas para esse regime climático.

Figura 1 - Delimitação do Semiárido em 2021



Fonte: SUDENE, 2021.

A região semiárida do Brasil possui diversas particularidades quanto às suas características climáticas. Não raro apresenta níveis de precipitações pluviométricas inferiores

a 600 milímetros anuais (MARENGO *et al.*, 2011), ainda sendo comum a existência de veranicos, caracterizados por uma época seca dentro da estação chuvosa (MOURA *et al.*, 2007). Além disso, apresenta altas taxas de evaporação do solo (média de 2.000 mm/ano), intensificadas por insolação elevada e baixa umidade relativa do ar.

A região Nordeste, onde se insere a maior área do semiárido do país e do mundo, possui 82% de solos com baixo potencial produtivo (SILVA, 2000), são pouco profundos, devido ao baixo grau de intemperismo, porém ainda férteis, sendo por muito tempo considerados ruins para a prática agrícola. Os solos mais comumente encontrados são os Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, Planossolos e Plintossolos (CUNHA *et al.*, 2010; MARQUES *et al.*, 2014; NUNES; MEDEIROS; BEIRIGO, 2016; SILVA, 2019).

O semiárido possui rios e riachos irregulares, com características de intermitência, onde o fluxo de água superficial é, frequentemente, exaurido durante o período de estiagem. Essa característica está, fortemente, atrelada ao desempenho instável da pluviometria da região (MALTHICK, 1996). São áreas de terras que sofrem com escassez hídrica, que interage com a paisagem, no geral rarefeita e predominante de espécies herbáceas ou arbustiva, combinação que contribui para as modificações sistemáticas na fauna e flora (DUQUE, 1973).

Na maior parte do território do semiárido predomina o bioma da Caatinga, uma vegetação, predominantemente, xerófila e de ocorrência exclusiva no Nordeste brasileiro (SENA, 2011). Além de toda a importância biológica desse bioma, com diversas espécies endêmicas, a sua vegetação possui características de adaptação às elevadas temperaturas e ao estresse hídrico, sendo bastante utilizada como fonte de energia na região. Essa constante e evidente exploração inadequada de seus recursos ocasiona perdas irreparáveis as quais podem ser irreversíveis à diversidade da fauna e flora desse bioma, além de provocar a aceleração da erosão, redução da fertilidade do solo e da qualidade da água (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997; MELO; VOLTOLINI; 2019).

A maioria da população residente no meio rural do semiárido está, diretamente, atrelada às atividades agrícolas, e possui como fonte de sustento a exploração dos recursos naturais existentes nas suas propriedades ou ao seu redor. Essas atividades são em grande parte dependentes das chuvas para pleno desenvolvimento. Portanto, a falta de água da chuva decorrente de secas intermitentes e, muitas vezes de grande severidade, associada a outras adversidades, como pobreza e agricultura predatória, resultam em degradação ambiental (SILVA *et al.*, 2010, LEMOS, 2012).

Com efeito, aproximadamente, 70% do semiárido está sobreposto a embasamento geológico cristalino, com grande parte dos solos arenosos ou arenoargilosos. Isso devido ao fato de a rocha mãe desses solos estar bem próxima à superfície, o que dificulta a drenagem. A região conta com poucas fontes de águas subterrâneas, que junto com as chuvas escassas e irregulares, tornam necessárias a perfuração de poços e construção de açudes, a fim de possibilitar o uso da água pelos humanos, animais e nas atividades agropecuárias (SILVA, 2010; PROJETO ÁRIDAS, 1994).

2.2 Seca: definições e a sua ocorrência no semiárido nordestino

O semiárido brasileiro possui diversas particularidades e apresenta como característica marcante a ocorrência de duas estações climáticas bem distintas, com um curto período de chuva, em geral, nos três a quatro meses iniciais do ano e um longo período de estiagem (MARENGO *et al.*, 2011). Na Paraíba, essas características agravam-se porque o estado é cortado pelo planalto da Borborema, que impede a passagem de ar e deixa a região sertaneja, assim como jusante das áreas litorâneas do estado, extremamente seca em função da escassez de chuvas (LIRA *et al.*, 1997).

Quando o processo de estiagem, que é natural no semiárido, acontece por um longo período, passa a se configurar a seca. Essa pode ser vista como um fenômeno natural severo, influenciado pelas características fisiográficas do local, abrangendo extensas áreas, com alta variação das chuvas no tempo e no espaço (ALPINO; SENA; FREITAS, 2016; SILVA *et al.*, 2013).

A extensão geográfica do semiárido brasileiro é aquela que, entre as cinco regiões do país, apresenta características e contrastes ambientais mais propícios à ocorrência de secas. Além das características climáticas, o Nordeste é dotado de vulnerabilidades econômicas, ambientais e sociais, o que agrava o impacto das secas na população residente. Para além do agravamento, a ocorrência de secas é apontada como um dos agentes causadores de problemas sociais no Nordeste, refletidos nos desastrosos índices de pobreza da região, os mais elevados do país (BURITI; AGUIAR, 2008; LEMOS, 2020; SENA *et al.*, 2014).

A seca no Nordeste brasileiro, e no semiárido em particular, sempre aconteceu ao longo da história, o que faltam são os registros de ocorrências do fenômeno em períodos mais remotos de tempo. Há tentativas de registros de ocorrência de secas no Nordeste brasileiro a partir do século XVI. O Quadro 2 reúne a cronologia das secas com informações de diversas fontes.

Quadro 2 - Cronologia do registro de secas no Nordeste brasileiro

Séculos					
XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
1553	1603	1709 -1711	1803-1804	1900	2001-2002
1559	1606	1720 - 1727	1808 - 1810	1903-1904	2005
1583	1614-1615	1730	1816- 1817	1907	2007 - 2008
1587	1645	1732	1824-1825	1909-1910	2010
	1652	1734-1737	1827	1914-1915	2012-2017
	1692-1693	1744-1748	1830-1833	1917	
		1751	1835 - 1837	1919	
		1754	1842	1921-1922	
		1760	1844 - 1847	1930	
		1766	1877-1879	1932-1937	
		1771-1772	1888-1889	1941-1945	
		1776-1778	1891	1951-1954	
		1782-1784	1898	1958– 1959	
		1790-1794		1962-1964	
				1966	
				1970	
				1976	
				1979-1983	
				1986-1987	
				1992-1993	
				1997-1999	

Fontes: ARAÚJO, 1982; GUTIERREZ *et al.*, 2014; LEMOS, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 1988; MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016; WILHITE; SIVAKUMAR; PULWARTY, 2014

Não existe um conceito definitivo na literatura, ou uma definição do que seria caracterizado como período de seca, tampouco um volume específico de chuvas que discrimine a ocorrência de tal fenômeno. Há estudos que tentam caracterizar o que poderia ser definido por seca. Dentre esses trabalhos, destaca-se o de Wilhite e Glantz (1985) que sugerem a existência de quatro diferentes tipos de seca: meteorológicas, hidrológicas, agrícolas e socioeconômicas.

A seca meteorológica é definida como a queda no volume de chuvas devido à variação no comportamento dos sistemas meteorológicos, provocados, dentre outras razões, pelos movimentos das marés e da massa de ar. A seca hidrológica relaciona-se com o baixo escoamento da água da chuva no abastecimento do estoque de água subterrânea e rios, por exemplo (HERRMANN; HUTCHINSON, 2006). A seca agrícola é aquela em que o processo de evapotranspiração supera a água total disponível para as plantas no solo (WOLI *et al.*, 2012). A seca socioeconômica trata das consequências que as secas meteorológicas, agrícolas e hidrológicas trazem para as atividades econômicas, humanas, animais e nos impactos ambientais que são causados por estas (HERRMANN; HUTCHINSON, 2006).

Mendes (1986) definiu a existência de dois tipos distintos de seca no semiárido brasileiro: uma seca de ocorrência anual, sempre no segundo semestre no ano, e característica do regime hidrológico e climático da região, sendo vista como um período de estiagem, e outra com ocorrência em intervalos variáveis de tempo e duração, o que acarreta grandes danos às atividades agropecuárias desenvolvidas na região.

Dependendo da intensidade e da distribuição da seca no espaço, esta pode ser classificada de três modos diferentes: seca total, seca verde e seca hidrológica. A seca total acontece quando as chuvas são escassas e assimétricas, dificultando a vida das pessoas, dos animais e impossibilitando a manutenção dos reservatórios de água. A seca parcial, ou seca verde, acontece quando há chuvas dentro da normalidade. Contudo, estas são mal distribuídas no espaço e no tempo. A seca hidrológica é caracterizada por um baixo volume de chuvas, porém suficiente para a manutenção das atividades humanas para autoconsumo e as pastagens (MENDES, 1986; TAVARES; DE ARRUDA; DA SILVA, 2019).

A seca é sentida de diferentes formas, a depender das características climáticas e formas de uso da água de cada região afetada. Os estudos que buscam entender e conceituar esse fenômeno convergem para a relação da seca com situações de escassez hídrica decorrente de chuvas incipientes, elevada evapotranspiração e exploração excessiva dos recursos hídricos (FERNANDES *et al.*, 2009).

Com efeito, esse fenômeno não pode ser visto como uma condição de seca, mas como uma condição de secura anormal quando comparada às necessidades hídricas. A natureza desenvolve-se com vegetação e fauna que convivem harmoniosamente com a disponibilidade hídrica de cada região. No entanto, o ser humano desestabiliza esse equilíbrio pela inserção de atividades e culturas agrícolas não compatíveis com a real disponibilidade do local, além de intensificar o efeito da seca através da degradação das terras. Vale destacar que essas ações, em

boa parte das vezes, são involuntárias e provocadas por pobreza material (BURNASH; FERRAL, 1973; CAMPOS, 2009; LEMOS, 2020).

Decerto, a seca ocasiona diversos problemas para as regiões afetadas, pois além da escassez de chuvas, as populações sofrem com perdas de produtividade ou de áreas inteiras de plantio; perdas de animais, mortos por desidratação ou alimentação insuficiente; aumento de doenças relacionadas ao consumo de águas contaminadas devido à inexistência de água potável; migrações populacionais; conflitos e pobreza, entre outros. Esses fatores, juntamente com a ineficiência ou a ausência de políticas públicas adequadas, que por muito tempo buscaram combater, e não conviver com a seca, contribuem para o fosso social e econômico entre a região Nordeste e as demais regiões brasileiras (LEMOS, 2012; VILLA, 2001; STANKE *et al.*, 2013; SENA *et al.*, 2014).

Em contraponto, Duque (2004) e Luebs (1983) argumentam sobre o forte exagero feito acerca dos impactos das crises climáticas no Nordeste brasileiro, haja vista que, com os conhecimentos e as tecnologias científicas disponíveis para o homem, as adversidades climáticas já não possuem tanto poder a fim de inibir o progresso econômico e social. Entre os anos de 2012 e 2017, inclusive, ocorreu o mais longo período de seca contabilizados nos últimos 100 anos para a região Nordeste, expondo e intensificando as vulnerabilidades da produção agropecuária, meio ambiente e economia da região, por meio do desmonte de sistemas de produção, sobretudo daqueles realizados em estabelecimentos de pequeno porte. Contudo, toda a situação de calamidade social, como os casos de migração e aumento no número e pessoas famintas, foi amenizada por políticas de transferência de renda, como aposentadoria das pessoas idosas, pensões, e aquelas decorrentes de programas oficiais, além da diversificação da renda da família com fontes de rendas não agrícolas (AQUINO; NASCIMENTO, 2020; MARTINS; MAGALHÃES, 2015; NYS; ENGLE; MAGALHÃES, 2016).

2.3 Sustentabilidade na agricultura

A discussão sobre a formação de um conceito para o desenvolvimento sustentável, ou sustentabilidade, tomou forma após a publicação do Relatório *Brundtland*, em 1987, pela Comissão Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nesse sentido, a sustentabilidade visa suprir as necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras. Para tanto, precisa ser composta por diversas dimensões: social, econômica, cultural, ecológica e geográfica (WCED, 1987).

No ambiente rural, a necessidade da promoção de práticas que busquem a sustentabilidade toma força quando se observa que a grande maioria da população rural convive com porções de terras inadequadas para o provimento do sustento das suas famílias, além da ineficiência de serviços públicos essenciais, que deveriam ser providos pelo Estado (LEMOS, 2012). Nessa perspectiva, uma agricultura entendida como sustentável é aquela que busca responsabilidade social e ambiental, com a produção de alimentos sem degradar os recursos naturais, a um nível que possa garantir a segurança alimentar em grandes escalas (NASCIMENTO, 2022). O crescimento sustentável do setor agrícola, por sua vez, pode ser entendido como o uso de práticas agrícolas resilientes que buscam o aumento de todo o sistema produtivo, atendendo aos padrões da sustentabilidade no espectro ambiental, econômico e social (PRETTY; BHARUCHA, 2014; JORDAN; DAVIS, 2015; HUNTER *et al.*, 2017).

Portanto, o desenvolvimento rural sustentável pode ser compreendido como um conjunto de ações que buscam a promoção do desenvolvimento social sem modificar os recursos naturais e não naturais da região. Esse desenvolvimento pode ser obtido pelo fomento de políticas públicas que entendam às particularidades encontradas em cada localidade (LEMOS, 2012). Assad e Almeida (2004) ponderam que, apesar de ser defendida por vários setores produtivos e seguimentos da sociedade, a agricultura sustentável ainda é vista como ilusória, muito devido ao embate entre algumas alternativas de manejo agrícola sustentável com diferentes interesses econômicos. Além disso, a sustentabilidade agrícola estaria mais concentrada na própria questão ambiental, com esquecimento da justiça social.

Discorre-se que a promoção do desenvolvimento rural sustentável não pode ser baseada apenas no incremento de produtividades agrícolas, mas também no acesso democrático aos serviços essenciais providos pelo Estado, os quais funcionarão com aditivos importantes para as famílias na busca pelas rendas monetárias e não monetárias advindas de atividades agrícolas e não agrícolas (LEMOS, 2012).

2.4 As instabilidades climáticas e a agricultura resiliente ao clima

A mudança climática, de difícil aferição tendo em vista que precisa de tempo longo para se ter uma dimensão do problema, pode ser de origem natural, devido a eventos como as correntes oceânicas, ocorrência dos fenômenos *El ninho* e *La ninha*, inclinação da terra, a deriva continental e vulcões, por exemplo. Mas também pode ser de origem antropogênica, ocasionada pelo avanço de áreas essencialmente urbanas, industrialização, queima de combustíveis fósseis, desmatamento e a prática de atividades agrícolas de modo inadequado (DEBANGSHI, 2021).

A partir dos anos 1970, pesquisadores começaram a avaliar que muitas atividades humanas eram capazes de causar impactos negativos ao meio ambiente, de modo que alguns especialistas evidenciaram a perda da biodiversidade e efetuaram várias metodologias que buscavam explicar a vulnerabilidade dos sistemas naturais (MARTINS, 2017). Com efeito, os impactos das atividades antrópicas no meio ambiente têm se intensificado nos últimos 50 anos e alguns dos recursos naturais, que antes poderiam ser considerados ilimitados, passaram a se tornar bens escassos (SIEBERT, 2008).

Tais impactos são capazes de causar variações climáticas. A mudança climática pode ser entendida como uma duradoura mudança na distribuição estatística de um padrão climático, ocasionando grandes problemas no equilíbrio ecológico e persistindo por longos períodos. Há suposições, ainda não definitivamente comprovadas, de que é possível inferir que a mudança no clima pode ser incrementada pela emissão de gases do efeito estufa (GEE) e que a agricultura atua tanto como um alvo quanto como um dos impulsionadores dessas mudanças (DEBANGSHI, 2021).

Muito embora existam críticas de cientistas munidos de outra linha de pensamento acerca desse tema, como Onça (2011), que pondera que a temperatura terrestre jamais fora constante e Molion (2008), que argumenta que as emissões de CO₂ não são majoritariamente antropogênicas, tampouco impulsionadoras do efeito-estufa, as projeções indicam que as emissões de GEE devem aumentar consideravelmente nos próximos anos (ARUNANONDCHAI; FEI; MCCARL, 2017). Essas elevações implicam um aumento das temperaturas médias da superfície terrestre (NOAA, 2017), diminuição do número de dias e noites frias com consequente elevação no número de dias e noites quentes, elevação da quantidade de chuvas ao nível global, mas com aumento na variabilidade espacial e temporal dessas chuvas, com algumas regiões secas ficando cada vez mais secas (IPCC, 2013).

Apesar da elevação da produtividade agrícola em níveis gerais, todos esses supostos impactos das mudanças do clima contribuíram para a desaceleração do crescimento agrícola nos últimos anos. Os impactos negativos ocorreram, principalmente, em regiões de terras baixas e médias, sendo pouco sentidas em regiões de latitude mais elevada. Outrossim, o crescente número de eventos climáticos extremos expôs milhares de pessoas a situações de insegurança alimentar e hídrica, perdas excessivas nas produções e acesso a alimentos, devido à diminuição da diversidade da dieta, sobretudo para os povos indígenas, os agricultores familiares e as famílias pobres (IPCC, 2022).

Onça (2011) argumenta que os efeitos do aquecimento global no aumento da insegurança alimentar e hídrica seriam, na realidade, uma forma de mascarar e encontrar novos

culpados para os reflexos negativos do aumento da concentração de renda, da ação de poucos agrupamentos industriais e da falta de vontade política, sejam por parte do capitalismo e/ou do Estado. Além dos efeitos das instabilidades climáticas, o Nordeste brasileiro sofre com particularidades no clima que interferem direta e indiretamente na qualidade de vida dos povos ali residentes, sobretudo aqueles que dependem da agricultura para manutenção da renda e alimentação básica (LEMOS; BEZERRA, 2019; LEMOS, 2020).

Não obstante, sabe-se que os agricultores desenvolvem estratégias adaptativas para a convivência com esse ambiente repleto de características intrínsecas e acometido por mudanças no clima. Essas estratégias são captadas a partir da convivência com parentes e/ou por suas próprias experiências obtidas no seu cotidiano como agricultor, sem a dependência de atores externos. Dessa forma, tal comportamento dos agricultores pode ser entendido no conceito de auto resiliência (DEVENDRA, 2016; PRAXEDES, 2021). Resiliência pode ser compreendida como a capacidade de um sistema absorver impactos e se reorganizar, mantendo suas características iniciais (ROCHA; LEMOS; CAMPOS, 2022).

É nesse ambiente que se insere a definição de Agricultura Resiliente ao Clima (*Climate Resilient Agriculture – CRA*). Segundo Rao *et al.* (2016), CRA é entendida como a mitigação, adaptação e outras práticas agrícolas capazes de aumentar a produtividade do sistema frente às diferentes vulnerabilidades climáticas, resistindo aos danos causados por esses eventos e retornando ao equilíbrio inicial tão logo seja superado o estresse provocador dos desequilíbrios, garantindo uma produção dita como sustentável.

A Agricultura Resiliente ao Clima é atingida a partir da implementação de diversas estratégias, como o cultivo de variedades que tolerem a seca, correta gestão do solo, captação e armazenamento de água da chuva; diversificação de culturas nas áreas cultiváveis e cultivo de culturas com o ciclo produtivo mais curto (MAHESWARI *et al.*, 2015; RAO *et al.*, 2016, RAO; GOPINATH, 2016). No semiárido em geral, existem práticas implementadas pelos agricultores que podem ser entendidas como CRA. Dentre elas, cita-se o armazenamento da água da chuva e das melhores sementes para cultivo posterior, economia da água armazenada para evitar escassez futura, e o cultivo de várias culturas em uma mesma área para redução das perdas ocorridas pelas adversidades enfrentadas (PRAXEDES, 2021). A definição de agricultura resiliente ao clima pode ser contemplada como uma etapa anterior à agricultura inteligente ao clima (*Climate Smart Agriculture - CSA*) (FAO, 2013).

Em 2010, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) desenvolveu a definição de Agricultura Inteligente ao Clima (*Climate Smart Agriculture - CSA*) e a apresentou na Conferência de Haia sobre Agricultura, Segurança Alimentar e

Mudanças Climáticas. Esse conceito reflete a sinergia entre as dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável, buscando encontrar segurança alimentar sob o desafio das mudanças no clima (FAO, 2013).

O conceito de agricultura inteligente ao clima possui três âncoras: crescimento sustentável da produtividade e da renda no setor agrícola; adaptação e construção de resiliência às variabilidades climáticas; e remoção e/ou redução da emissão de gases do efeito estufa, quando possível (FAO, 2013). Ademais, a CSA procura identificar os conceitos técnicos e econômicos que seriam capazes de incentivar ações de inteligência às mudanças climáticas. A FAO pondera que pode não ser possível o alcance simultâneo dos três pilares em que a CSA se apoia. É necessária avaliação de cada particularidade, de prioridades e de dilemas que precisam ser transpassados (FAO, 2013).

2.5 A agricultura de sequeiro no Nordeste e na Paraíba

Por definição, as lavouras de sequeiro são aquelas que dependem, exclusivamente, das chuvas para pleno desenvolvimento (COSTA FILHO, 2019; LESSA, 2019). A variação das chuvas, seja por excesso ou por escassez, interferindo nas necessidades hídricas dos cultivos, acarreta a diminuição das áreas colhidas e das produtividades das lavouras que são desenvolvidas em regime de sequeiro. Esses cultivos são de suma importância tanto para o provimento da segurança alimentar quanto para a renda monetária dos agricultores familiares do semiárido nordestino (ARAÚJO *et al.*, 2021; LEMOS *et al.*, 2020; PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018; THORNTON *et al.*, 2008). Os primeiros registros de cultivos de espécies agrícolas de sequeiro no estado Paraíba aconteceram a partir de 1585 (TARGINO; MOREIRA, 2020).

A agricultura de sequeiro praticada no Nordeste, sobretudo na Paraíba, apresenta baixa tecnificação do uso de insumos agrícolas, como a mecanização, irrigação e sementes, geneticamente, melhoradas. Esses fatores, atrelados à alta vulnerabilidade climática, causam impactos diretos na produtividade das lavouras alimentares em regime de sequeiro (BATISTA *et al.*, 2018; PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018; ROSENZWEIG; HILLEL, 2005; THORNTON *et al.*, 2008).

Como os cultivos de sequeiro são dependentes dos regimes pluviométricos e os agricultores não conseguem exercer controle sobre os fatores naturais, o resultado obtido nas áreas colhidas, produções, produtividade, preços e renda associada às lavouras serão influenciadas pela instabilidade climática. Portanto, são atividades de alto risco em todas as

fases do processo produtivo, desde a germinação, desenvolvimento vegetativo, formação dos frutos, colheita e comercialização (COSTA FILHO, 2019; FISCHER; SHAH; VAN VELTHUIZEN, 2002).

O cultivo de lavouras como feijão, mandioca e milho é bastante comum para agricultores familiares nos estados com grandes extensões de áreas na região semiárida e são, fortemente, dependentes da distribuição espacial e temporal das chuvas (LEMOS *et al.*, 2020; PEREIRA; SILVA JUNIOR, 2018). O arroz é cultivado em todos os estados nordestinos, com predomínio do cultivo em sequeiro ou terras altas, historicamente, caracterizado por apresentar baixa produtividade e grãos de qualidade inferior (PEREIRA; DE MORAIS; CASTRO, 1999).

Com base no Censo Agropecuário de 2017, na Paraíba, as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho representaram, conjuntamente, 30% do total da área colhida (ha) nos estabelecimentos agropecuários, sendo que 79,9% dessa área foi oriunda de Unidades Agrícolas Familiares (UAF) (IBGE, 2019). Os agricultores nordestinos, sobretudo os praticantes de agricultura de sequeiro, costumam observar o comportamento do clima como forma de tentar antevê-lo. Fruto dessas observações, eles adquirem habilidades e estratégias adaptativas às dificuldades que encontram no desenvolvimento dessas atividades. As capacidades adaptativas os fazem construir uma grande capacidade de resiliência dentro de suas famílias, principalmente durante os períodos mais críticos, como os de secas (PRAXEDES, 2021).

2.5.1 Algumas características da lavoura de arroz

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um cultivo que alimenta a humanidade há mais de 10 mil anos, proporcionando mais calorias por hectare que quaisquer outros cereais cultivados (ACPA, 2014). A cultura consiste em importante fonte de alimento para mais de metade da população mundial, sendo produzida nas mais diferentes localidades, desde aquelas com mais de 3 mil metros de altura até as que estão no nível do mar, nas extremidades mais ao norte do planeta, como na China (53°N), e mais ao extremo do hemisfério sul, aos 35°S da Austrália (ARGUISAIN, 2006).

O arroz foi introduzido no Brasil através das embarcações de Pedro Álvares Cabral, mas o relato de cultivo no país só ocorreu após 1530, na capitania de São Vicente. A cultura logo se disseminou por outras regiões litorâneas, mas sempre em cultivos pequenos, caracterizados como sendo de subsistência, principalmente na região Nordeste. O primeiro cultivo comercial de arroz só ocorreu em 1904, no estado do Rio Grande do Sul, e somente a partir de 1912, com o auxílio dos locomóveis – veículos movidos a vapor que eram utilizados

para acionar as bombas de irrigação, facilitando a inundação das áreas com cultivo – que as lavouras de arroz sofreram grande impulso (PEREIRA, 2002).

No Nordeste, o arroz é cultivado em várzeas e em terras altas, sendo que as práticas agrícolas e variedades são diferentes em cada situação. O arroz de várzea caracteriza-se por ser mais frequentemente plantado com irrigação por inundação, apesar da ocorrência de casos em que o cultivo é feito em várzeas sem irrigação, dependente das chuvas, comumente conhecida como várzea úmida. O arroz de terras altas é cultivado em solos bem drenados, com dependência total das precipitações pluviométricas para desenvolvimento (PEREIRA *et al.*, 1999).

Na Paraíba, prevalece o cultivo de arroz vermelho. Esse, apesar de ser pouco explorado nacionalmente, representa cerca de 95% de todo o cultivo de arroz no estado e é tido como patrimônio genético, cultural e alimentar para a maioria da população pertencente a mesorregião do sertão paraibano (OLIVEIRA NETO, 2015). Com base no Censo agropecuário realizado pelo IBGE, em 2017, último a ser realizado no Brasil, a região Sul é a maior produtora de arroz do Brasil, ao passo que a região Nordeste se encontra como quarta colocada, com uma produção de 255 mil toneladas em 134 mil hectares de área colhida, sendo 61% dessa produção proveniente da agricultura familiar. A Paraíba produziu 1,2 mil toneladas em 1,3 mil hectares de área colhida naquele mesmo ano (IBGE, 2019).

2.5.2 Algumas características da lavoura de feijão

O feijão é o nome comum atribuído a um conjunto de sementes de plantas de variados gêneros da família Fabaceae. Contudo, para efeito de regulamentação, somente as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) (feijão comum) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp (feijão – caupi) são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, BRASIL, 2008). Considerado um dos alimentos básicos essenciais na mesa da população brasileira, com seu teor proteico chegando a valores próximos de 33%, constitui-se como a principal fonte de proteína vegetal (POMPEU, 1987). Suas lavouras são cultivadas há mais de 10 mil anos, sendo visto como uma planta rústica, de curto ciclo produtivo (entre 55 e 90 dias) e resistente a estresses hídricos (COÊLHO, 2018).

O cultivo é realizado pelos mais diversos tipos de produtores espalhados por todo o Brasil, que utilizam diferentes tecnologias para tal finalidade. O maior aporte produtivo dessa cultura no país é proveniente da agricultura familiar (DA SILVA; WANDER, 2013). Além do consumo de seus grãos, a planta do feijoeiro também é muito utilizada como adubo verde,

devido à sua grande produção de biomassa, fornecimento de nutrientes e capacidade de melhora das características do solo pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico ao solo, ocasionalmente, diminuindo custos com fertilizantes (CARNEIRO, 2010; COELHO, 2018).

De acordo com os dados disponibilizados pela FAO (FAO – FAOSTAT, 2021), o Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, perdendo apenas para a Índia e Myanmar. A produção do país é oriunda de três safras: a 1ª safra ou safra das “águas”, de ocorrência na época chuvosa; a 2ª safra ou safra da “seca”, comumente cultivada com consórcio com o milho e muito realizada nas regiões sul, sudeste e centro – oeste; e a 3ª safra ou safra de “inverno”, com o feijão sendo cultivado entre os meses de abril e julho, no Centro- Sul brasileiro (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

No Nordeste brasileiro, identifica-se que majoritariamente são produzidos feijões da espécie *Vigna unguiculata*, popularmente conhecido como feijão-caupi, ou feijão-de-corda. Ainda, a produção é, tradicionalmente, concentrada na região semiárida, muito devido ao fato de a irregularidade de chuvas e altas temperaturas impedirem o desenvolvimento satisfatório de outras espécies (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

Os resultados disponibilizados pelo último Censo agropecuário realizado pelo IBGE, em 2017, mostram a região Nordeste como a maior produtora de feijão-caupi do Brasil, com 269,4 mil toneladas produzidas em 823,8 mil hectares colhidos, sendo 62% de toda produção proveniente de estabelecimentos praticantes de agricultura familiar. Naquele mesmo ano, a Paraíba produziu cerca de 18,8 mil toneladas de feijão em 67,6 mil hectares (IBGE, 2019). Esses dados revelam a baixa produtividade da cultura, em média de 278 kg/ha. Tal fato ocorre devido à grande parte da produção dessa cultura estar atrelada a pequenas e médias propriedades, que usam baixos níveis tecnológicos em seus cultivos (FROTA; PEREIRA, 2000).

2.5.3 Algumas características da lavoura de mandioca

Com seu cultivo iniciado por volta de 3.500 anos atrás, a mandioca (*Manihot esculenta*) foi provavelmente domesticada pelos índios tupis na Bacia Amazônica e é tida como uma importante herança da civilização indígena (ROOSEVELT *et al.*, 1996). Os índios foram responsáveis pela disseminação da mandioca por quase todo o continente americano, ao passo que os colonizadores portugueses se encarregaram de espalhar a cultura por todos os outros continentes, especialmente Ásia e África (OTSUBO; LORENZI, 2004).

A cultura da mandioca expressa muita importância na produção de alimentos em regiões de clima tropical, configurando-se como um ingrediente essencial na alimentação de muitas populações, sejam de âmbito rural ou urbano, além de ser grande fonte de calorias, depois das culturas de arroz, milho e cana – de – açúcar. A cultura possui capacidade de geração de diversos subprodutos, gerando pelo menos 1 milhão de empregos diretos (PINHEIRO, 2019).

As lavouras dessa cultura conseguem expressar maiores resultados quando praticadas em locais com altitudes entre 600 e 800 m, solos de textura franco-argilosa e argilo-arenosa, temperatura em torno de 25 °C e volume de chuva entre 1.000 e 1.500 mm, bem distribuídos por todo o ciclo vegetativo da cultura (DE MATTOS; FARIAS; FERREIRA FILHO, 2006). Existem cultivos de mandioca espalhados em todas as regiões do Brasil, sendo a cultura muito importante no provimento de alimentos para humanos e animais, bem como servindo de matéria-prima para diversos outros subprodutos. Desse modo, a cultura desempenha grande participação na geração de renda, sobretudo para os pequenos e médios produtores (OTSUBO; LORENZI, 2004).

Os resultados disponibilizados pelo último Censo agropecuário realizado pelo IBGE, em 2017, mostram que a Paraíba foi responsável pela produção de um pouco mais de 79 mil toneladas de mandioca, em 14,4 mil hectares plantados. A cultura configura-se como uma das cinco mais cultivadas no estado naquele ano. O Nordeste aparece com terceira maior produção do Brasil, com 1,3 milhão de toneladas produzidas em 248 mil hectares colhidos, sendo 80% da produção oriunda de estabelecimentos agrícolas familiares (IBGE, 2019).

2.5.4 Algumas características da lavoura de milho

A cultura do milho (*Zea mays*) constitui grande importância econômica e no âmbito da segurança alimentar, haja vista que pode ser utilizada tanto na indústria, para fins alimentícios, quanto na alimentação animal, sendo que assim representa a maior parte do escoamento da produção do milho em grão (OLIVEIRA *et al.*, 2016). No Brasil, o cultivo de milho ocupa destacada posição dentre as atividades de agricultura e pecuária devido ao seu elevado valor de produção e por ser, frequentemente, cultivado nas propriedades rurais, atrás apenas do cultivo de soja (CRUZ *et al.*, 2011).

Em se tratando de consumo hídrico, a cultura necessita de 500 a 800 mm de água para completar todo seu ciclo exibindo altas produtividades. 350 a 500 mm de chuva são suficientes para que o milho se desenvolva sem a necessidade de irrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2016). A produção no Brasil ramifica-se em dois períodos de plantio: safra e safrinha. O cultivo

no período de safra ou verão é realizado durante o período chuvoso. Já o cultivo durante a safrinha ou segunda safra ocorre entre fevereiro ou março, e é tido como cultivo de sequeiro nas regiões sul e sudeste (PEREIRA FILHO, 2015). No Nordeste, a produção de milho é favorecida pela grande disponibilidade de terras para cultivo, clima favorável, presença de instituições que se dedicam ao desenvolvimento da cultura e de menores custos de créditos voltados à expansão de áreas (ALVES; AMARAL, 2012; SALVIANO, 2021).

Com base no Censo agropecuário de 2017, realizado pelo IBGE, a região Centro-Oeste configura-se como a maior produtora do país, ao passo que a região Nordeste se encontra na quarta colocação, produzindo 5,5 milhões de toneladas em 1,6 milhões de hectares colhidos. Na Paraíba, a maior parte da quantidade produzida da cultura foi proveniente da agricultura familiar, sendo que o estado produziu 36,5 mil toneladas em 69,3 mil hectares colhidos, refletindo a baixa produtividade da cultura no local (IBGE, 2019).

3 METODOLOGIA

Nesta seção, estão apresentados a descrição da área selecionada para estudo, os dados secundários utilizados, com as respectivas fontes, e os procedimentos metodológicos adotados com a finalidade de atingir cada um dos objetivos propostos.

3.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa desenvolve-se no estado da Paraíba, localizado no leste da região Nordeste do país. Possui extensão geográfica de 56.584,6 km², um dos menores do país nesse quesito. Quanto aos limites de extensão, o estado tem o Oceano Atlântico ao leste; o Ceará a oeste; o Rio Grande do Norte ao norte e Pernambuco ao sul (FRANCISCO, 2010; LIRA *et al.*, 1997).

De acordo com o último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a Paraíba possui 3.766.528 habitantes, em que 2.838.678 residem nas áreas urbanas e 927.850 residem nas áreas rurais. Apresenta densidade demográfica de 66,70 hab./km², sendo o 13º estado mais populoso do país (IBGE, 2010).

A Paraíba é formada por diferentes terras, também variando quanto ao relevo. A baixada litorânea possui altitudes variadas, entre 0 e 10 metros e apresenta as seguintes formas de relevo: as praias são depósitos arenosos ou de várzea, que se encontram junto às embocaduras dos rios que jorram água para o mar; as restingas, que são compostas por depósitos arenosos em forma de língua ou flecha; as dunas são aglomerados de areias que se formam com a ajuda dos ventos; e os mangues são planícies de marés com vegetação composta por árvores e arbustos adaptados ao ambiente (LIRA *et al.*, 1997; PARAÍBA, 2006).

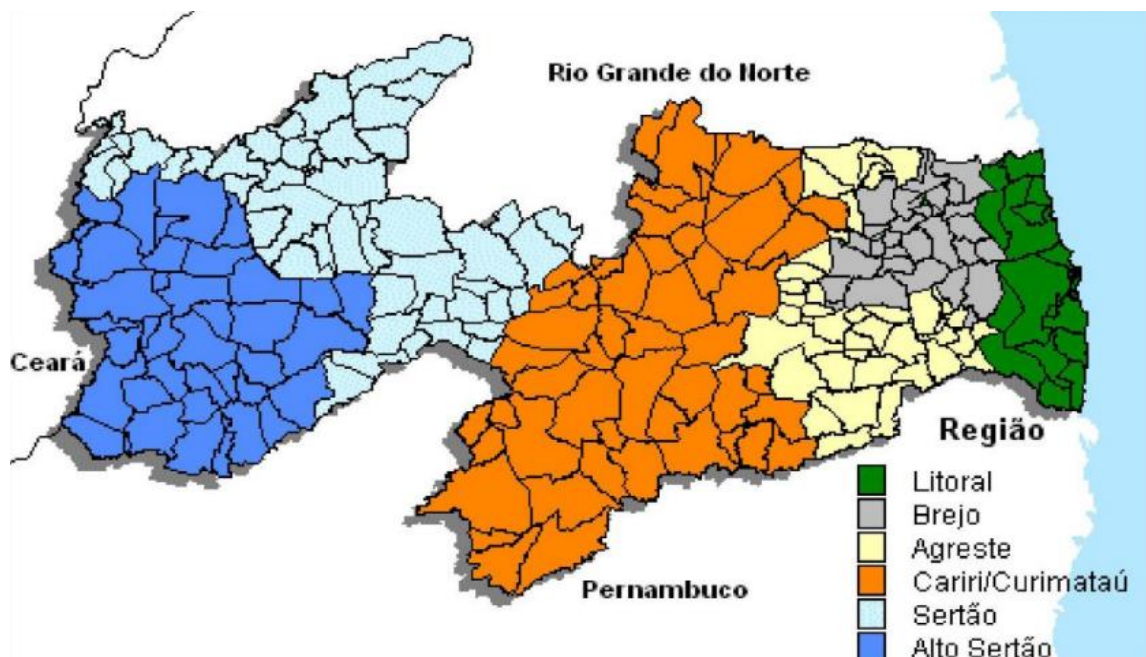
Os tabuleiros possuem alturas variadas que se concentram entre 20 e 30 metros, mas é possível encontrar alguns com até 200 m e são formados pelo acúmulo de solos trazidos de lugares mais altos. As planícies aluviais consistem nos vales formados pelos rios Paraíba e Mamanguape que atravessam os tabuleiros. O planalto do Borborema é a parte mais elevada do estado, atravessando a Paraíba de nordeste a sudeste, com várias serras que variam de 500 a 650 m. A depressão sertaneja consiste em um conjunto de terras baixas, entre a Borborema e outras terras localizadas nos estados vizinhos (LIRA *et al.*, 1997; PARAÍBA, 2006).

O estado é localizado na faixa tropical do hemisfério sul, com uma latitude de 7º próximo à linha do Equador. As regiões planálticas causam desvios consideráveis no sentido leste – oeste dos ventos. Possui elevada radiação solar, determinando clima quente e úmido. A temperatura média anual é de 26°C. A Paraíba é encontrada no interior das faixas dos ventos

alísios. Tais ventos sofrem desvios devido à presença de serras transversais. Esse acontecimento acarreta a formação de três zonas de pluviometria: uma com chuvas frequentes e volumosas no inverno, na parte oriental; outra com escassez de chuvas no verão, na parte central; e uma terceira de chuvas menos escassas entre verão e outono, na parte ocidental (FRANCISCO, 2010; LIRA *et al.*, 1997). Nos últimos 120 anos, o volume médio de chuvas concentrou-se entre 430 e 1.700 mm (NOAA, 2022).

A maioria dos rios paraibanos são intermitentes (temporários), chegando a secar durante os períodos de seca, complicando o desenvolvimento da agricultura do estado. As principais bacias hidrográficas são a do rio Piranhas, do rio Paraíba, do Curimataú, Camaratuba, Mamanguape, Miriri, Gramame e Abiaí (LIRA *et al.*, 1997). O estado da Paraíba é agrupado em seis regiões que possuem características pluviométricas em comum: Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (SILVA, 1996). A distribuição espacial das regiões é apresentada na Figura 2:

Figura 2 - Localização geográfica das regiões pluviometricamente homogêneas do estado Paraíba



Fonte: AESA, 2020.

3.2 Natureza e fonte dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são produzidos a partir de observações de natureza secundária referentes à pluviometria anual, em milímetros, do estado da Paraíba, para

os anos de 1901 a 2020, extraída da base de dados da Rede Global de Climatologia Histórico-Mensal (GHCN-M), que pertence à Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA, 2022). Os valores referentes à produção agrícola das culturas de arroz, feijão, mandioca e milho no estado da Paraíba entre 1945 e 2020, únicos anos em que essas informações estão disponíveis em nível de estado, também são de natureza secundária. As informações referentes aos anos de 1945 a 1973 foram obtidas junto aos Anuários Estatísticos do IBGE (IBGE, vários anos). Os dados referentes aos anos de 1974 a 2020 foram extraídos da Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2021). A distribuição das variáveis utilizadas é realizada conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação das variáveis utilizadas

Variável	Especificação	Tipo
X ₁	Chuva (mm)	Exógena
X ₂	Área colhida (ha) – ARROZ	Endógena
X ₃	Produtividade (kg/ha) – ARROZ	Construída
X ₄	Preço (R\$/kg) - ARROZ	Exógena
X ₅	Valor da produção (R\$/ha) - ARROZ	Construída
X ₆	Área colhida (ha) – FEIJÃO	Endógena
X ₇	Produtividade (kg/ha) – FEIJÃO	Construída
X ₈	Preço (R\$/kg) - FEIJÃO	Exógena
X ₉	Valor da produção (R\$/ha) -FEIJÃO	Construída
X ₁₀	Área colhida (ha)– MANDIOCA	Endógena
X ₁₁	Produtividade (kg/ha) – MANDIOCA	Construída
X ₁₂	Preço (R\$/kg) - MANDIOCA	Exógena
X ₁₃	Valor da produção (R\$/ha) - MANDIOCA	Construída
X ₁₄	Área colhida (ha)– MILHO	Endógena
X ₁₅	Produtividade (kg/ha) – MILHO	Construída
X ₁₆	Preço (R\$/kg) - MILHO	Exógena
X ₁₇	Valor da produção (R\$/ha) - MILHO	Construída

Fonte: Elaborada pela autora.

As variáveis, valor da produção e preço, foram deflacionadas para valores 2020 por meio do Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), medido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). A escolha de tal parâmetro justifica-se devido ao IGP possuir independência com órgãos ou entidades políticas, além de englobar três categorias de variação de preços: o Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA), o Índice de Preços ao Consumidor (IPC) e o Índice Nacional de Custo de Construção (INCC).

No que concerne à justificativa de escolha das variáveis, o volume anual de chuvas foge do controle dos agricultores, além de não ser possível realizar sua previsão. Desse modo, essa variável consiste naquela que irá definir as instabilidades que serão investigadas nas produções das lavouras de sequeiro na Paraíba. Por conseguinte, as áreas que são colhidas pelos agricultores são, geralmente, menores que as áreas que foram plantadas no início das safras e são nelas que os agricultores desfrutarão dos resultados de seus cultivos.

As produtividades da terra consistem no reflexo das tecnologias que são adotadas no processo de cultivo das atividades de sequeiro que, mesmo sendo menores que aquelas observadas nas agriculturas tidas como modernas, conseguem espelhar os processos de adaptações e resiliência dos agricultores no cultivo de suas terras. Os preços de comercialização dos produtos obtidos a partir das atividades de sequeiro aqui estudadas são ditados fora da área de controle dos agricultores e oscilam conforme as épocas de colheita e entressafra das lavouras. As lavouras de sequeiro, geralmente, não utilizam insumos de fontes externas, o que concerne aos custos de produção valores irrisórios. Portanto, o valor da produção obtido em cada hectare cultivado aproxima-se da renda bruta obtida pelos agricultores naquele ano.

3.3 Métodos aplicados

Esta subseção dedica-se a apresentar todas as estratégias e metodologias que foram utilizadas para cumprir com todos os objetivos propostos.

3.3.1 Metodologia aplicada para atingir o objetivo “a”

O primeiro objetivo da pesquisa consiste em enquadrar as chuvas da Paraíba de 1901 a 2020, em três períodos específicos: seca, normal e chuvoso, conforme definido por Lemos e Bezerra (2019). Desse modo, a organização dos anos em cada período deu-se a partir da consideração das flutuações da metade do desvio padrão (DP) em torno da média pluviométrica observada ao longo dos anos analisados, conforme exposto no Quadro 3:

Quadro 3 - Classificação da chuva em 3 períodos distintos (seca, normal e chuvoso), conforme a média (MD) e o desvio padrão estimado para o período de 1901 a 2020

Período	Intervalo de variação
Seco	Pluviometria < Média do período – 0,5 Desvio padrão (DP)
Normal	Pluviometria = Média do período ± 0,5 Desvio padrão (DP)
Chuvoso	Pluviometria > Média do período + 0,5 Desvio padrão (DP)

Fonte: Lemos e Bezerra (2019).

Apenas a classificação não garante plena consistência na divisão dos períodos. Portanto, deverá ser testada com o auxílio do método de regressão com uso de variáveis *dummy*, a fim de avaliar se a média de chuva estimada para cada período pluviométrico são, estatisticamente, diferentes (LEMOS, BEZERRA, 2019). A análise de regressão consiste em uma técnica estatística que busca medir a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. Segundo Hoffman (2016), a regressão linear pode ser representada por meio do modelo estatístico geral disposto na Equação 1:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \mu_i \quad (1)$$

em que,

Y é a variável dependente;

X é a variável independente;

α é o coeficiente linear da reta;

β é o coeficiente angular da reta;

μ é o erro.

O modelo de regressão simples precisa atender a alguns pressupostos, tais como: a relação linear entre X e Y; X possuir valores fixos; a média do erro ser nula; o erro deve ser homocedástico, independente e com distribuição normal (HOFFMANN, 2016; WOOLDRIDGE, 2015). Durante a análise de regressão, a variável dependente pode ser influenciada por variáveis quantitativas ou qualitativas. No caso das variáveis que expressam a presença ou não de determinados atributos, faz-se necessário o uso de métodos que atuem na sua quantificação por meio da construção de valores artificiais (0 para a ausência e 1 para a presença do atributo, por exemplo), que são conhecidos na literatura como variáveis *dummy* (GUJARATI; PORTER, 2011; MISSIO; JACOBI, 2007).

Desse modo, a estimação das possíveis diferenças estatísticas entre os períodos de seca, normalidade e chuvoso se dará através da Equação 2 (LEMOS; BEZERRA, 2019):

$$X_1 = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \mu_t \quad (2)$$

em que,

X_1 é a pluviometria anual;

D_1 e D_2 são variáveis *dummy* (binárias) utilizadas na quantificação dos períodos de chuva e definidas como se segue:

$D_1 = 0$ (demais períodos); $D_2 = 1$ (período normal);

$D_1 = 0$ (demais períodos); $D_2 = 1$ (período chuvoso);

$D_1 = D_2 = 0$ (período seco).

Se o coeficiente linear β_0 for, estatisticamente, diferente de zero, com $D_1 = D_2 = 0$, esta será a média pluviométrica para período seco; se β_1 for, estatisticamente, diferente de zero, com $D_2 = 0$ e $D_1 = 1$, a média de chuva do período normal difere dos demais períodos. Se o coeficiente β_2 for, estatisticamente, diferente de zero, com $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$, a média pluviométrica do período chuvoso diferirá dos demais períodos. Por hipótese, o termo aleatório μ_t atende aos pressupostos do modelo linear clássico, e assim os parâmetros da equação (2) podem ser estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários - MQO (WOOLDRIDGE, 2015). Espera-se que os períodos de chuvas na Paraíba entre 1901 e 2020 possam ser hierarquizados da seguinte forma: chuvoso > normal > seco. A partir dessas definições é possível estimar as probabilidades de ocorrências desses períodos entre os anos de 1901 a 2020.

Também será assinalado o nível de estabilidade/instabilidade das médias pluviométricas em cada período definido. Para tanto, será utilizado o coeficiente de variação (CV). Por definição, o CV é medido por meio da relação entre o desvio padrão (DP) e a média da variável aleatória observada, tratado como percentagem. Por esse motivo, o coeficiente de variação pode ser utilizado para comparações entre variáveis de diferentes naturezas (GOMES, 1985; GARCIA, 1989).

Desse modo, quanto maior o valor encontrado no CV, mais heterogênea ou instável será aquela variável estudada, ao passo que quanto menor o CV, mais homogênea ou estável será a ocorrência das chuvas no período sob investigação. O nível de estabilidade/instabilidade será medido conforme os parâmetros definidos por Gomes (1985) para experimentos agrícolas, apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Classificação do CV de acordo com a sua amplitude

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

Fonte: GOMES (1985).

3.3.2 Metodologia aplicada para atingir o objetivo “b”

Neste estudo, supõe-se que a aferição da resiliência das lavouras pode ser reproduzida por meio da construção de um Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS) construído para os anos de 1945 a 2020, com posterior análise da flutuação desse índice frente aos períodos pluviométricos que são definidos no objetivo “a”. Para buscar a interação entre as variáveis selecionadas para tal etapa, acredita-se que um dos procedimentos mais adequados seja a análise fatorial (AF) com o método de decomposição em componentes principais. O próximo tópico destina-se à apresentação de uma síntese do método de análise fatorial no que se aplica a esta pesquisa. Para estudos mais aprofundados sobre este método estatístico, recomenda-se a leitura das pesquisas citadas no presente tópico.

3.3.2.1 O método de análise fatorial no que se aplica à pesquisa

A análise fatorial (AF) consiste em uma técnica estatística multivariada que possui como principal objetivo descrever a variabilidade de um vetor de variáveis observadas (n) em termos de um menor número de variáveis aleatórias ($p < n$). Estas variáveis aleatórias, chamadas de fatores comuns, são variáveis não observadas (variáveis latentes) que representam uma característica marcante dos dados. A redução para uma menor quantidade de fatores consegue maximizar o poder explicativo do vetor que engloba todas as variáveis e permite identificar subgrupos de questões avaliativas de características específicas (FÁVERO; BELFIORE, 2017; MINGOTI, 2007; PASQUALI, 2009; PRIMI, 2003; RAO; SINHARAY, 2007; THOMPSON, 2004).

Segundo Mingoti (2007), o modelo de análise fatorial pode ser explicado, matricialmente, da forma como se segue na Equação 3:

$$X_{px1} = A_{pxr}F_{rx1} + \varepsilon_{px1} \quad (3)$$

Em que,

X é o vetor de variáveis originais;

F é o vetor de fatores comuns;

A é a matriz de cargas fatoriais;

ε é o vetor de erros aleatórios;

r é o número de fatores;

p é o número de variáveis.

O método de análise fatorial reduz a N variáveis originais que são observadas em utilizar r fatores não observáveis que reúnem em cada um, características específicas das variáveis originais, e um único termo de erro (ε). O método de estimação mais utilizado consiste na decomposição em componentes principais (DCP), que tem como base o uso de vetores e raízes características e permite o cálculo da matriz de fatores ortogonais ou independentes (FÁVERO; BELFIORE, 2017; JULIÃO; DE LIMA, 2021; LIMA, 2015).

A análise fatorial só é passível de ser utilizada se a matriz de correlação entre as variáveis não for uma identidade, de forma que não apresentem correlações entre si. Para verificar se essa hipótese é verdadeira (a matriz das variáveis não é uma identidade) realiza-se o teste de esfericidade Bartlett. Para tanto, a estatística é a de Qui – Quadrado. A hipótese nula é que a matriz obtida a partir das correlações entre as variáveis é uma identidade. Portanto, esta deve ser rejeitada por meio de p-valor de no máximo 10% de significância, de modo a aceitar a hipótese alternativa de que a matriz é fatorável (HAIR *et al.*, 2009; FÁVERO; BELFIORE, 2017; PALLANT; TENNANT, 2007).

Outro requisito estatístico que precisa ser atendido para verificação da adequabilidade do método consiste no teste de Kaiser-Meier-Olkin (KMO), também chamado de índice de adequação da amostra, responsável por apresentar a fração da variação das variáveis que estão sendo descritas por uma variável latente ou não observável, o fator (HAIR *et al.*, 2009). Matematicamente, o teste consiste na razão entre o quadrado das correlações totais e o quadrado das correlações parciais (DZIUBAN; SHIRKEY, 1974), do modo como é apresentado na expressão a seguir:

$$KMO = \frac{\sum \sum_{i \neq j} r_{jk}^2}{\sum \sum_{i \neq j} r_{jk}^2 + \sum \sum_{i \neq j} q_{jk}^2} \quad (4)$$

em que r_{jk}^2 consiste no quadrado dos componentes da matriz de correlação original fora da diagonal e q_{jk}^2 representa o quadrado da correlação parcial entre as variáveis. O teste KMO retornam valores entre zero e um ($0,0 \leq KMO \leq 1,0$). Contudo, autores como Fávero e Belfiore

(2017) ponderam que valores de KMO menores que 0,5 são considerados inaceitáveis. Ademais, a variância explicada pelos fatores deve ser superior a 50% (HAIR *et al.*, 2009; FÁVERO; BELFIORE, 2017).

Os fatores gerados durante o procedimento de análise fatorial podem ser rotacionados, a partir da rotação dos respectivos eixos coordenados, alterando as cargas fatoriais, com a finalidade de facilitar a interpretação e para a definição da dimensão latente (HAIR *et al.*, 2009). Os procedimentos de rotação possíveis podem gerar fatores oblíquos ou ortogonais. Nesta pesquisa, em que se pretende criar um índice a partir dos resultados da análise fatorial, necessita-se que eles sejam independentes ou ortogonais. Assim, adota-se o procedimento Varimax de rotação ortogonal para que sejam gerados componentes fatoriais independentes (FÁVERO; BELFIORE, 2017; PASQUALI, 2009; PRIMI, 2003; RAO; SINHARAY, 2007; THOMPSON, 2004).

A determinação do número de fatores utilizados na análise precisa seguir um critério de seleção objetivo. No presente estudo, utiliza-se o critério da raiz latente (critério de Kaiser), em que a seleção do número de fatores ocorre em função das raízes características maiores que um (1), pois mostram quanto cada fator consegue explicar da variância total (MINGOTI, 2007).

Como resultado da análise fatorial tem-se a geração de coeficientes que são utilizados nas variáveis originais padronizadas (com média zero e variância um) para formar os escores fatoriais, em que as variáveis originais se transformam e são agregadas de acordo com as correlações, sendo reduzidas nesses fatores. Matricialmente, os escores fatoriais são expressos da seguinte forma (SANTANA, 2007):

$$F_{(n,q)} = x_{(n,p)} \times b_{(p,q)} \quad (5)$$

Em que,

$x_{(n,p)}$ é a matriz composta pelas n observações das p variáveis observáveis.

$b_{(p,q)}$ é a matriz de coeficientes da regressão, estimados para os n escores fatoriais em comum.

Os escores fatoriais apresentam média zero e variância um (1), apresentando, portanto, valores positivos ou negativos que flutuam entre a média e zero. Em se tratando de fenômenos econômicos, é interessante que os índices construídos sejam estritamente positivos (BRIGUGLIO; GALEA, 2003; LEMOS, 2012).

Para tanto, é importante que os escores fatoriais sejam compostos apenas de valores positivos. Com efeito, utiliza-se a Equação 6 para que os valores permaneçam apenas positivos, mas sem afetar as distâncias relativas originais:

$$F_{Pj} = \frac{F - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \quad (6)$$

em que F_{min} e F_{max} são os valores mínimo e máximo ponderados para os escores fatoriais associados ao estado em cada ano observado. Com isso, todos os escores fatoriais serão positivos e permanecerão contidos no intervalo fechado entre zero e um.

O cálculo do Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS) é realizado a partir do uso da média aritmética, como se segue na Equação 7:

$$IRLS_t = \frac{\sum F_{Pj}}{n} \quad (7)$$

Em que $IRLS_t$ se refere ao Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro associado ao estado da Paraíba no ano t (t = 1945, 1946, ..., 2020). Esses valores variam entre zero e um.

A fim de facilitar o entendimento, o índice é transformado em valores percentuais, fazendo o maior valor gerado igual a 100 e os demais se adequando do modo como é mostrado na Equação 8:

$$IRLS_{j100} = \left(\frac{IR_j}{IR_{jMÁXIMO}} \right) \times 100 \quad (8)$$

3.3.3 Estratégia aplicada para atingir o objetivo “c”

O terceiro objetivo desta pesquisa consiste na aferição da existência de resiliência às instabilidades climáticas nas produções agrícolas de sequeiro, por meio da análise da relação de causa-efeito entre o Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS) desenhado no objetivo “b” e os períodos pluviométricos definidos no objetivo “a”.

Para tanto, foi calculada, em sequência, os anos em que ocorreram seca no estado da Paraíba, tal como definido nesta pesquisa e, caso aconteçam sequências de mais de um ano com acontecimento de seca, foi calculada a média aritmética do IRLS para a referida sequência de anos. As sequências observadas de anos tidos como normais ou chuvosos são calculadas em conjunto, sendo definidos como os períodos “não secos”. A resiliência, nesse caso, pode ser definida como a capacidade de recuperação nos períodos não secos precedidos de um período de seca.

Destarte, após a definição dos períodos tidos como “secos” e “não secos”, são montados pares identificados como “depois” e “antes”, haja vista a ocorrência de períodos secos.

Na sequência, são realizados testes de contrastes de médias (teste t de student), a fim de detectar médias estatisticamente diferentes entre os pares de grupos “antes” e “depois”. Nesse caso, a hipótese nula (H_0) adotada é: a diferença da média do IRLS após o período de seca e a sua média antes da seca é igual a zero (0), do modo como é apresentado na Equação 9:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (9)$$

em que,

μ_1 é a média do IRLS após o período de seca;

μ_2 é a média do IRLS antes do período de seca.

Desenvolvido por William Sealy Gosset em 1908, o teste t de Student é amplamente utilizado para a avaliação de diferença estatística entre duas médias dependentes ou independentes, sendo representado por meio da Equação 10:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{EP(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)} \quad (10)$$

em que o numerador consiste na diferença entre as médias dos dois grupos analisados e o denominador representa o erro padrão (EP) da diferença entre essas duas médias (MORENO; MORCILLO, 2019; MORETTIN; BUSSAB, 2014).

Para o caso de variâncias diferentes, o erro padrão pode ser definido diretamente pelas variâncias dos grupos, conforme demonstrado na Equação 11:

$$EP_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (11)$$

em que,

$EP_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}$ é o erro padrão da diferença entre médias;

s_1^2 e s_2^2 são as variâncias do grupo 1 e grupo 2, respectivamente;

n_1 e n_2 são os números de casos no grupo 1 e no grupo 2, respectivamente.

O valor da estatística t obtido após o cálculo foi comparado com o valor de t_{critico} tabelado, localizado com o uso dos graus de liberdade e o nível de significância adotado na pesquisa (MORENO; MORCILLO, 2019; MORETTIN; BUSSAB, 2014).

Os graus de liberdade para o caso de variâncias diferentes podem ser definidos por meio da expressão discriminada na Equação 12:

$$GL = \frac{(a + b)^2}{\frac{a^2}{n_1 - 1} \times \frac{b^2}{n_2 - 1}} \quad (12)$$

em que,

GL se refere aos graus de liberdade;

a é a razão da variância com o número de indivíduos do grupo 1;

b é a razão da variância com o número de indivíduos do grupo 2.

3.3.4 Metodologia aplicada para atingir o objetivo “d”

O quarto objetivo desta pesquisa foi estimar as produtividades e rendas agregadas por hectare das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho entre os anos de 1945 a 2020. Vale ressaltar que, como o custo de fatores de produção adquiridos fora da propriedade dos agricultores que cultivam lavouras de sequeiro se aproxima de zero, haja vista que pouco utilizam insumos externos em suas produções, o valor da produção funcionará como *proxy* da renda obtida com essa atividade e é calculada a partir do produto do preço de cada cultura com a produtividade obtida na área estudada.

Como as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho apresentam diferenças fisiológicas, nos métodos de produção e nas tecnologias adotadas, a construção de média aritmética para a agregação tanto das produtividades quanto das rendas em uma única variável não constituirá em valores concisos. Silva *et al.* (2018) utilizaram os pesos fatoriais obtidos a partir a metodologia de análise fatorial (AF) na construção de uma média ponderada dos valores observados nos indicadores selecionados para o cálculo de um Índice de Desenvolvimento Sustentável, empregado na análise espacial da sustentabilidade nos municípios do estado do Ceará. Do mesmo modo, Lemos (2012) também recorreu à metodologia de AF na geração de pesos para cálculo da média ponderada dos indicadores empregados no desenvolvimento do Índice de Exclusão Social (IES), importante para a análise do desenvolvimento econômico e social dos municípios brasileiros.

O procedimento de análise fatorial estima a participação relativa da variável estudada por meio dos escores fatoriais, na definição do fator. São os coeficientes associados aos escores fatoriais que são transformados em pesos, quando levados para a base unitária. Nesse caso, os pesos gerados são utilizados nas variáveis originais, não nas latentes (LEMOS, 2012; LEMOS, 2020). Desse modo, a agregação das produtividades das lavouras de sequeiro estudadas nesta pesquisa será definida por meio da construção de uma média ponderada, com

uso de pesos definidos a partir do método de análise fatorial, e está representada na Equação 13:

$$MP_j = P_1 \times PA_j + P_2 \times PF_j + P_3 \times PMA_j + P_4 \times PMI_j \quad (13)$$

em que,

MP_j consiste na média ponderada das produtividades no ano j ;

$P_1, P_2, P_3,$ e P_4 são os pesos associados a produtividade das culturas de arroz, feijão, mandioca e milho, respectivamente;

PA_j é a produtividade do arroz no ano j ;

PF_j é a produtividade do feijão no ano j ;

PMA_j é a produtividade da mandioca no ano j ;

PMI_j é a produtividade do milho no ano j .

A agregação das rendas das lavouras foi obtida a partir da soma linear dos valores da produção de cada cultura estudada, conforme apresentado na Equação 14:

$$MR_j = VP_{Aj} + VP_{Mj} + VP_{MAj} + VP_{MIj} \quad (14)$$

em que,

MR_j consiste na média dos valores de produção no ano j ;

VP_{Aj} é o valor da produção do arroz no ano j ;

VP_{Fj} é o valor da produção do feijão no ano j ;

VP_{MAj} é o valor da produção da mandioca no ano j ;

VP_{MIj} é valor da produção do milho no ano j .

3.3.5 Metodologia aplicada para atingir os objetivos “e” e “f”

Os objetivos “e” e “f” deste estudo buscam aferir as trajetórias da produtividade e rendas agregadas na produção de arroz, feijão, mandioca e milho, avaliar os efeitos das pluviometrias sobre as projeções da produtividade agregada e da renda agregada por hectare entre 1945 a 2020 e simular a evolução dessas variáveis na década de 2021 a 2030 com base em cenários de ocorrências de chuvas a serem estabelecidos de acordo com os períodos definidos no objetivo “a”.

Cada período previamente definido (seca, normal e chuvoso) conta com a definição de dois cenários de previsão, um considerando os dez anos com as piores chuvas observadas dentro daquele período e outro considerando os dez anos com as melhores chuvas observadas. No total, são estipulados seis cenários para a produtividade agregada e seis cenários para a renda agregada por hectare.

Ao se considerar uma série temporal, simbolizada pela variável aleatória Y_t , o seu valor projetado (Y^P) para o mesmo período “t”, se diferenciará do valor observado em razão da ocorrência de fatores aleatórios (ε_t), do modo como se dispõe na Equação 15:

$$Y_t - Y^P = \varepsilon_t; \text{ ou, semelhantemente, } Y_t = Y^P + \varepsilon_t \quad (15)$$

em que a variável aleatória deve ser estacionária e o termo de erro aleatório (ε_t) é calculado considerando a diferença entre os valores de produtividade agregada e renda agregada por hectare observado e seus respectivos valores previstos, além de apresentar valores positivos e negativos (WOOLDRIDGE, 2011).

Assim, pretende-se avaliar qual o efeito das precipitações pluviométricas anuais na capacidade de previsão da produtividade agregada e renda agregada por hectare das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho. Nesse caso, a hipótese que será testada é que esses efeitos ocorrerão nos ruídos que serão gerados no modelo de previsão, modificando a distância entre o valor observado e o valor projetado. Portanto, o termo de erro aleatório pode ser escrito conforme a Equação 16:

$$\varepsilon_t = f(C_t) \quad (16)$$

Inserindo-se a equação 16 na equação 15, tem-se o resultado que será avaliado neste estudo, conforme descrito na Equação 17:

$$Y_t = Y^P + f(C_t) \quad (17)$$

Para tanto, serão utilizados modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*), definidos por Box e Jenkins (1976) para a análise de séries temporais.

3.3.5.1 Modelo de Box e Jenkins

O estudo intitulado “*Time series analysis: forecasting and control*”, publicado por Box e Jenkins em 1976, foi precursor na construção de uma nova geração de métodos de previsão. A ênfase da metodologia consiste na análise probabilística ou estocástica das propriedades da série temporal econômica, permitindo que os dados se ajustem e expressem seus resultados (GUJARATI; PORTER, 2011).

Diferente do observado nos modelos de regressão, onde a variável dependente é explicada pelos regressores, o modelo de série temporal do tipo Box-Jenkins possibilita que a variável dependente seja explicada por valores anteriores ou defasados da própria variável e dos termos de erro estocástico (GUJARATI; PORTER, 2011). O modelo BJ deve ser aplicado em séries estacionárias ou passíveis de sua estacionariedade, de modo que apresentem média e variância constante. Caso a série não apresente estacionariedade, torna-se necessário o uso de métodos que a tornem estacionária.

A característica de estacionariedade é de grande importância para a previsão do futuro a partir da regressão de séries temporais, confirmando a premissa de que o comportamento futuro concordará com o passado (SOUZA *et al.*, 2007). Uma série de dados é tida como estacionária quando as observações não apresentam tendência e são estáveis no decorrer do tempo (STOCK; WATSON, 2004). A condição de estacionariedade pode ser verificada a partir de análise gráfica, que não é suficiente para atestar a não estacionariedade, e do teste de raiz unitária.

3.3.5.1.1 O teste de raiz unitária

O teste estatístico que verificará a ocorrência de estacionariedade das séries temporais utilizado nesta pesquisa será o teste de Dickey e Fuller Aumentado (ADF), que consiste em uma versão mais extensa do teste de Dickey-Fuller (DF). Esta parte do pressuposto de que o processo gerador dos dados é autorregressivo de ordem um, AR (1), do modo como é expresso na Equação 18:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (18)$$

em que,

Y_t é o valor da série no tempo t ;

Y_{t-1} é o valor da série no tempo $t - 1$;

ρ é um parâmetro;

ε_t é o ruído branco (erro aleatório), independente e com média zero e variância constante.

O principal objetivo consiste em testar a hipótese nula de que $\rho = 1$. Esta verificação poderia ser feita estimando $\hat{\rho}$ por meio da regressão de Y_t em função de Y_{t-1} , via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com posterior aplicação do teste t de Student. Contudo, se a hipótese nula for verdadeira, a distribuição de $\hat{\rho}$ possui viés negativo e não é uma t de Student (DICKEY; FULLER, 1979).

Os softwares estatísticos promovem a realização do teste para série em primeira diferença, considerando $\delta = \rho - 1$. Portanto, o teste busca verificar se $\delta = 0$, que equivale a $\rho = 1$, conforme demonstrado na Equação 19:

$$\begin{aligned}
 Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + \varepsilon_t \\
 \Delta Y_t &= (\rho - 1)Y_{t-1} + \varepsilon_t \\
 \Delta Y_t &= \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \\
 \Delta Y_t &= \alpha + \beta t + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

Caso a hipótese nula não seja rejeitada, a série possui raiz unitária e é não estacionária, sendo necessário o uso de procedimentos matemáticos capazes de estabilizar a média e a variância dos dados (BARBOSA *et al.*, 2015). Contudo, a representação do processo estocástico como um AR (1) pode não ser adequada em algumas séries temporais, haja vista que os resíduos do teste DF podem apresentar autocorrelação. Assim, é indicado o uso do teste de Dickey e Fuller Aumentado (ADF), caracterizado por incorporar outras defasagens no modelo de DF (DICKEY; FULLER, 1981), do modo como é demonstrado na Equação 20:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t
 \tag{20}$$

em que,

Y é a variável aleatória observada em série temporal;

α é a constante;

t é a tendência;

Δ é o operador de diferenças.

Após a confirmação da estacionariedade, pode haver a definição de três modelos ARIMA: modelo autorregressivo; modelo médias móveis; modelo autorregressivo e médias móveis, conhecido como modelo misto.

3.3.5.1.2 Modelos de séries temporais autorregressivos (AR)

Os modelos tidos como autorregressivos foram desenvolvidos a partir da premissa de que a observação atual da série Y_t pode ser explicada por p observações anteriores ($Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, \dots, Y_{t-p}$), em que p é o determinante da distância entre as observações passadas e a previsão da próxima observação.

A estrutura da série autorregressiva geral é demonstrada a partir da seguinte expressão:

$$Y_t = \gamma_0 - \gamma_1 Y_{t-1} - \gamma_2 Y_{t-2} - \dots - \gamma_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (21)$$

Em que γ_i é o parâmetro da estrutura, com $i = 1, 2, 3, \dots, p$; ε_t é o termo aleatório que, por hipótese, é ruído branco.

A estimação dos parâmetros é realizada por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), e os testes de adequação são realizados para verificar se a função de autocorrelação dos resíduos é ruído branco (distribuição normal, média zero e variância constante).

3.3.5.1.3 Modelos de séries temporais médias móveis (MA)

Os modelos de séries temporais de médias móveis são formados a partir da combinação linear do ruído branco ε_t , ocorrido no período atual e nos períodos anteriores. Estruturalmente, o modelo MA de ordem q é dado por:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (22)$$

em que θ_i é o parâmetro que descreve a relação do Y_t com os valores ε_{t-i} para $i = 1, 2, \dots, q$.

3.3.5.1.4 Modelos de séries temporais autorregressivo e médias móveis (ARMA)

Os modelos autorregressivos e médias móveis, também conhecidos como modelos mistos ou simplesmente ARMA, são uma combinação da questão básica do modelo autorregressivo, em que analisa como o passado influencia o presente, com a do modelo médias móveis, que modela o presente a partir dos erros passados de predição. Matematicamente, o modelo pode ser expresso consoante com o exposto na Equação 23:

$$Y_t = \gamma_0 + \gamma_1 Y_{t-1} - \gamma_2 Y_{t-2} - \dots - \gamma_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (23)$$

3.3.5.1.5 Modelos de séries temporais autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA)

Quando as análises estatísticas detectam que a série temporal não é estacionária, faz-se necessário transformá-la. O procedimento de transformação mais comum consiste em tomar uma ou mais diferenças da série original para que a série se converta em estacionária (MORETIN; TOLOI, 1987). Desse modo, as d diferenças necessárias até que a série se converta em estacionária são intituladas como ordem de integração (BOX; JENKINS, 1976).

Portanto, com a inclusão da chamada ordem de integração, têm-se os modelos ARIMA (p, d, q), assim como expresso na Equação 24:

$$w_t = \gamma_1 w_{t-1} + \dots + \gamma_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (24)$$

em que,

$$w_t = \Delta^d Y_t$$

Portanto, este estudo realizará os testes dos modelos, buscando avaliar os melhores ajustamentos. Tais testes avaliarão se a função de autocorrelação está associada aos resíduos “ruídos brancos”, de modo que haja ausência de qualquer autocorrelação entre os resíduos, além de estabelecer a variância condicional constante (COCHRANE, 1997; PAIVA, 2018).

A constatação se os resíduos gerados são ou não do tipo ruído branco se dará por via da análise gráfica se a distribuição dos resíduos ocorre de modo errático. Já o teste de verificação será feito com uso do método de Qui-Quadrado de Box-Pierce modificado por Ljung e Box, em que a estatística não deve ser, significativamente, diferente de zero em níveis elevados de probabilidade de erro acima de 30% (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998; PAIVA, 2018).

Além dos parâmetros supracitados, infere-se que o ajustamento do modelo será tão melhor quanto menor for o número de regressores utilizados. São avaliados o coeficiente de

determinação (R^2), que avalia a percentagem de variação da variável analisada, a qual está sendo explicada pelo modelo construído; o coeficiente de correlação de Pearson, responsável por checar a relação de proximidade entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo; a percentagem do erro absoluto médio (MAPE), que deve retornar valores baixos; e o critério de formação Bayesiano (BIC), que penaliza a inserção dos parâmetros adicionais com maior precisão (BOX; JENKINS, 1976; WOOLDRIDGE, 2015).

3.3.6 Metodologia aplicada para atingir o objetivo “g”

O sétimo objetivo da pesquisa aferiu se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis. A averiguação da sustentabilidade dessas produtividades ao longo dos anos será feita por meio

da aplicação de regressão simples em relação ao tempo, utilizando o método de Mínimo Quadrados Ordinários (MQO), para obter a Taxa Geométrica de Crescimento (TGC) instantânea da produtividade agregada e da renda agregada por hectare.

3.3.6.1 Taxa geométrica de crescimento (TGC)

A constatação se a produtividade e a renda bruta por hectare das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho é sustentável a longo dos anos pode ser aferida via Taxa Geométrica de Crescimento (TGC). Segundo Gujarati e Porter (2011), dada uma variável aleatória Y_t observada em uma série anual contínua e constante, é definida a equação log-linear expressa na Equação 25:

$$\log(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon_t \quad (25)$$

em que,

Y_t é a variável para a qual se estimará a TGC que, neste estudo, consiste na média aritmética para o caso da renda e média ponderada para a produtividade, construídas no objetivo “d”;

β_0 é o coeficiente log-linear;

β_1 , que a derivada do $\log(Y_t)$ em relação ao tempo (T), caso seja, estatisticamente, diferente de zero e multiplicado por 100, consistirá na TGC instantânea, aferindo a taxa média de variação anual da renda e da produtividade média das lavouras de sequeiro analisadas neste estudo;

T (T= 1,2, 3, ..., n) é o tempo, medido em anos;

ε_t consiste no termo aleatório que, por hipótese tem distribuição normal, média zero e desvio padrão 1, é não autorregressivo e tem variância constante.

Caso as pressuposições sejam atendidas, β_0 e β_1 podem ser estimados via método de Mínimo Quadrados Ordinários (WOOLDRIDGE, 2015).

Caso a série analisada apresente elevada variabilidade ao longo dos anos, depreende-se que a divisão em períodos mais homogêneos com o uso de variáveis *dummy* pode ser mais rigorosa quanto ao resultado real da Taxa Geométrica de Crescimento anual. Este método é mostrado na expressão a seguir:

$$\begin{aligned}
 Y &= \beta_0 \times T^{\beta_1} \\
 \beta_1 &= T(\alpha_0 + \sum \alpha_i D_i) \\
 Y_t &= \beta_0 \times e^{T(\alpha_0 + \sum \alpha_i D_i)} \\
 \log(Y_t) &= \log(\beta_0) + T(\alpha_0 + \sum \alpha_i D_i) \\
 \log(Y_t) &= \log(\beta_0) + T\alpha_0 + \sum \alpha_i D_i T
 \end{aligned} \tag{26}$$

em que,

α_0 consiste na taxa geométrica de crescimento considerando o período T;

α_i é a taxa geométrica de crescimento considerando as variáveis *dummy* definidas;

D_i consiste nas variáveis *dummy* a serem definidas.

Desse modo, cada período apresentará uma TGC própria, que poderá ser positiva ou negativa. O somatório das taxas geométricas de crescimento de cada período consistirá na TGC para toda a série analisada. Valores da taxa geométrica de crescimento, estatisticamente, diferentes de zero e positivos implicam que as produtividades e as rendas crescem, anualmente, àquela taxa e é sustentável ao longo dos anos. Valores, estatisticamente, diferente de zero e negativos indicam que as produtividades e as rendas decrescem, anualmente, àquela taxa e não é sustentável ao longo dos anos. Valores de TGC, estatisticamente, iguais a zero (não significantes) implicam produtividade e renda estáveis ao longo do período analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção é dedicada à apresentação dos resultados encontrados para cada objetivo traçado no início desta pesquisa. Discorre-se seguindo a ordem dos objetivos propostos.

4.1 Resultados encontrados para o objetivo “a”

Este estudo dispõe de 120 anos (1901 a 2020) de observações de chuva que apresentam média de 892,0 mm anuais (Tabela 2). Os períodos considerados seco, normal e chuvoso foram definidos após a análise da flutuação de meio desvio padrão em torno da média pluviométrica observada no período, e os resultados são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 – Estatísticas descritivas (média e coeficiente de variação – CV) associados aos períodos em que foram classificadas as pluviometrias anuais de chuvas na Paraíba entre os anos de 1901 a 2020

Período	Intervalo de variação (mm)	Nº de anos	Média	CV (%)
Total	-	120	892,0	26,0
Seco	Chuva < 776,0	40	669,5	13,9
Normal	776,0 > Chuva < 1008,0	49	881,6	7,8
Chuvoso	Chuva > 1008,0	31	1195,6	15,2

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

O período definido como “seco” é aquele que apresenta volume de chuva menor que 776,0 mm. Observou-se que em 40 dos 120 anos estudados, há volume de chuva médio de 669,5 mm e coeficiente de variação classificado como médio (13,9%). O período “chuvoso” é aquele que apresenta os anos com volume de chuva maior que 1008,0 mm, englobando 31 anos, com média de chuva anual de 1195,6 mm e CV caracterizado como médio (15,2%). Já o período definido como “normal” concentra-se entre os dois primeiros, integrado por 49 anos, média de chuvas anual de 881,6 mm, com baixa variação em torno do volume médio, dado o coeficiente de variação de 7,8% (Tabela 2).

A Tabela 3 dedica-se a apresentar os resultados obtidos na comparação dos períodos de chuva definidos na etapa anterior, a partir da regressão simples com auxílio de variáveis dummy. Portanto, observa-se que todos os períodos são, estatisticamente, diferentes a pelo

menos 1% de significância, além de exibir R^2 ajustado elevado (0,752), indicando boa adequação do modelo utilizado.

Tabela 3 – Resultado da comparação para a definição dos períodos em que foram caracterizadas as pluviometrias anuais observadas no estado da Paraíba entre 1901 e 2020

Variável	Coefficientes	Estatística T	sign.	R^2 ajustado
Constante	669,5	36,649	0,000	
D1	212,1	8,615	0,000	0,752
D2	526,1	19,028	0,000	

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

A partir dos coeficientes gerados na Tabela 3, define-se a equação a seguir:

$$Chuva = 669,5 + 212,1D_1 + 526,1D_2 \quad (27)$$

Isto posto, quando os valores das variáveis *dummies* $D_1 = D_2 = 0$, tem-se a média de chuva do período seco (669,5 mm); quando $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$, tem-se a média de chuvas o período normal (881,6 mm), e quando $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$, tem-se a média pluviométrica do período chuvoso (1195,6 mm). Dessa forma, confirma-se a hipótese de que se pode hierarquizar a pluviometria no estado da Paraíba entre 1901 a 2020 da seguinte forma:

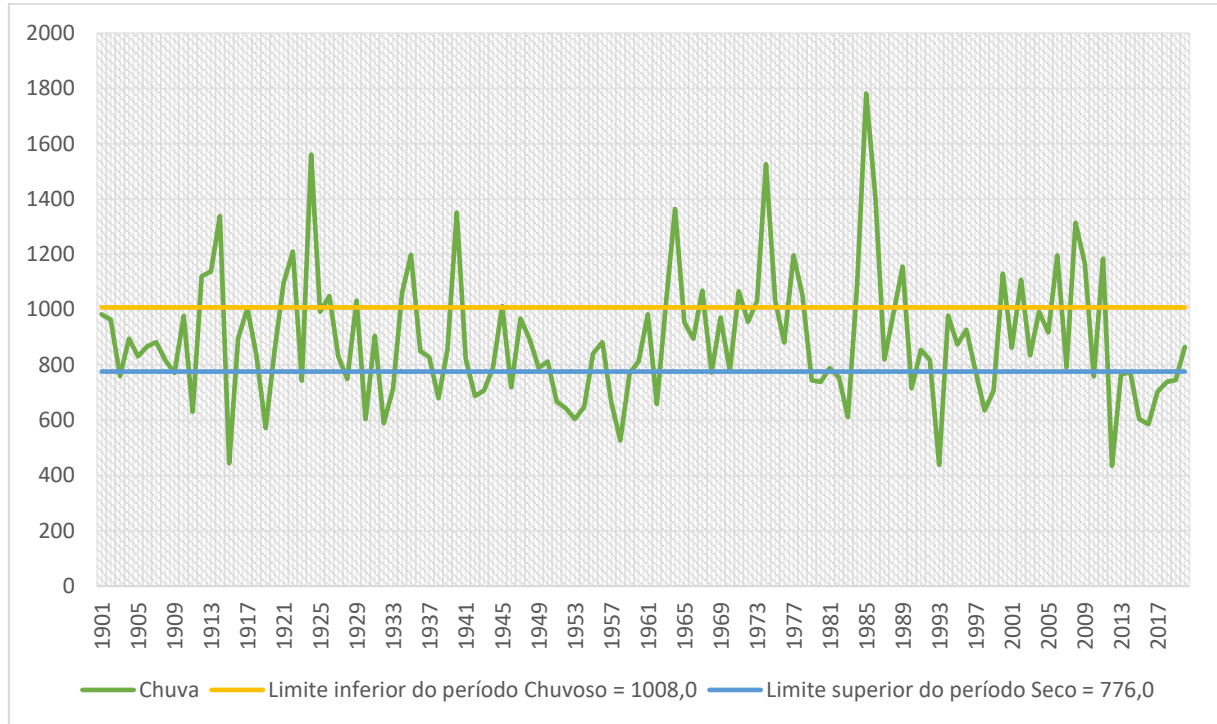
PERIODO CHUVOSO > PERIODO NORMAL > PERIODO SECO

O Gráfico 1 mostra a trajetória da pluviometria na Paraíba durante os anos estudados. Percebe-se que a chuva não apresenta comportamento homogêneo e definido ao longo dos anos, ocorrendo várias alternâncias entre anos chuvosos e anos secos. De certo modo, sabe-se que a Paraíba é um dos estados que apresentam maior variação espaço-temporal das chuvas no âmbito da região Nordeste, haja vista que suas microrregiões possuem características pluviométricas bastante peculiares. A região Litoral possui chuva que varia entre 1.200 mm e 1.600 mm, enquanto a região Cariri/Curimataú apresenta chuva de 300 a 500 mm (FRANCISCO *et al.*, 2015).

Essa alta variabilidade é capaz de afetar direta e indiretamente as atividades que são dependentes deste fenômeno natural para pleno desenvolvimento. Tal afirmação é confirmada por Barbosa *et al.* (2016) ao argumentar que eventos de precipitações extremas são capazes de

causar impactos nas atividades agrícolas, reveses ambientais nas áreas urbanas e, consequentemente, na saúde da população.

Gráfico 1 – Trajetória da pluviometria no Estado da Paraíba entre 1945 e 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.2 Resultados encontrados para o objetivo “b”

Buscando atender o segundo objetivo proposto, construiu-se o Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS), com auxílio do método de análise fatorial. O índice IRLS agrega, de forma ponderada, as variáveis selecionadas para este estudo, que foram estruturadas em quatro fatores estimados.

A Tabela 4 reúne os resultados dos testes de adequabilidade do modelo de AF às variáveis selecionadas e a percentagem da variância acumulada pelos quatro fatores estimados. A estatística Qui-quadrado obtida via teste de Bartlett revela que a matriz de correlação entre as variáveis não é do tipo identidade, permitindo a continuidade da análise. A adequabilidade dos procedimentos utilizados é confirmada com o resultado do teste KMO (0,724) e o modelo então apresenta 84,6% de variância acumulada.

Tabela 4 – Resultados encontrados com a análise fatorial (AF) para a estimação do IRLS na produção de lavouras de sequeiro na Paraíba entre os anos de 1945 a 2020

	Resultados
Teste de Bartlett	
Qui – quadrado aproximado	834,599
Graus de liberdade	66
Significância	0,000
Teste KMO	
	0,724
Variância acumulada (%)	
	84,6

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

A Tabela 5 sugere que as 12 variáveis analisadas se organizam em 4 fatores ortogonais, e são apresentados os valores das respectivas comunalidades para cada variável. A comunalidade captura o percentual da variação de determinada variável que é explicada pelo agrupamento de fatores e é calculada a partir do somatório das cargas fatoriais ao quadrado, que devem ser maiores ou iguais a 0,5. Variáveis que possuem valores abaixo do limite especificado são passíveis de serem removidas da análise. Neste estudo, todas as variáveis apresentaram comunalidades acima do valor mínimo.

As cargas fatoriais são úteis para a interpretação dos fatores gerados e variam entre -1 e 1. Em tese, o valor mínimo considerado para as cargas fatoriais é de 0,30. Contudo, somente os valores acima de 0,50 são significativos. Nesse caso, todas as cargas fatoriais apresentaram valores acima do valor mínimo para serem consideradas significativas (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultados encontrados na estimação dos componentes em que foram reduzidas as variáveis originais com as respectivas comunalidades e cargas fatoriais

Variáveis	Comunalidade	Cargas fatoriais			
		F1	F2	F3	F4
Área colhida – ARROZ	0,735	0,388	0,481	0,541	-0,245
Produtividade– ARROZ	0,945	0,047	0,146	0,045	0,959
Preço - ARROZ	0,867	0,901	0,078	0,184	-0,126
Área colhida– FEIJÃO	0,934	0,107	-0,230	0,927	0,106
Produtividade– FEIJÃO	0,878	-0,130	0,905	-0,050	0,198
Preço- FEIJÃO	0,874	0,804	-0,397	0,262	0,020
Área colhida -MANDIOCA	0,812	0,644	0,264	0,571	-0,036
Produtividade– MANDIOCA	0,644	0,119	0,782	-0,086	-0,108
Preço- MANDIOCA	0,665	0,585	-0,446	0,246	0,252
Área colhida-MILHO	0,978	0,278	0,027	0,948	0,032
Produtividade– MILHO	0,903	-0,199	0,901	0,126	0,187
Preço - MILHO	0,913	0,947	-0,019	0,084	0,094

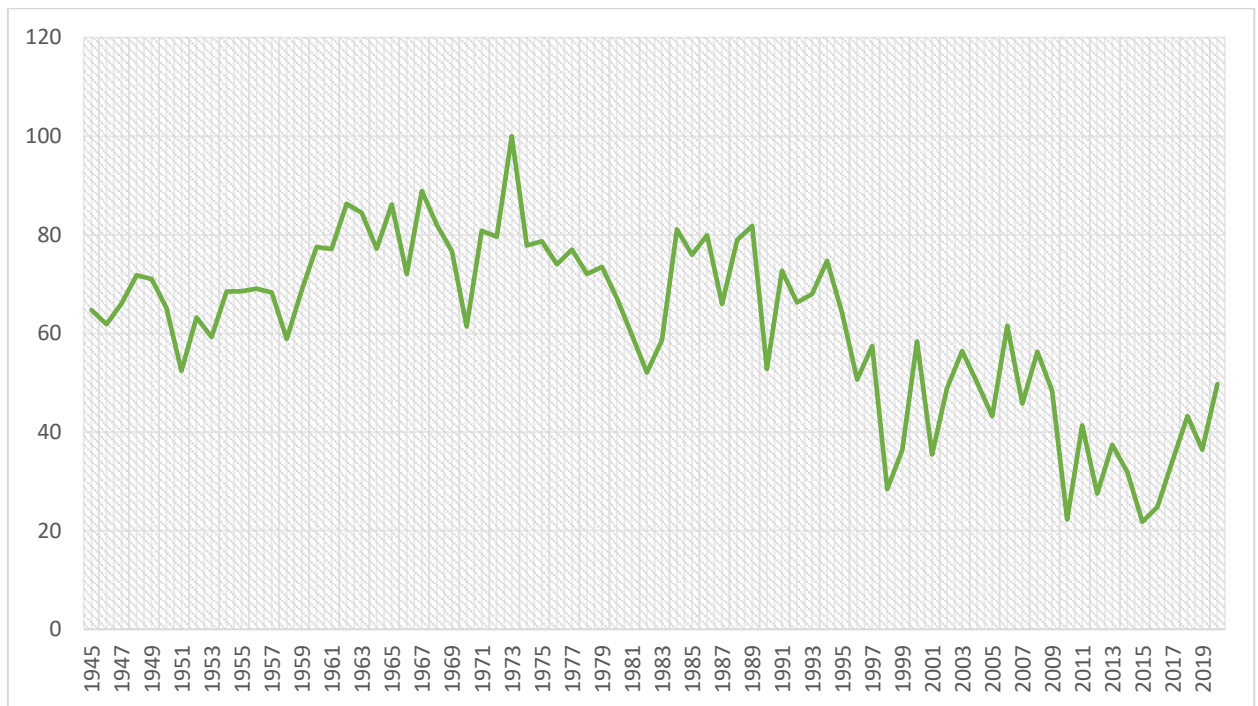
Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

Ainda com fundamento nos resultados mostrados na Tabela 5, observa-se que o fator F₁ é formado pelas variáveis referentes ao preço das quatro culturas estudadas e pela área

colhida de mandioca. O fator F_2 reúne os valores de produtividade das lavouras de feijão, mandioca e milho. O fator F_3 agrega as áreas colhidas de arroz, feijão e milho. No fim, o fator F_4 é composto apenas pela produtividade do arroz. O índice IRLS foi obtido a partir destas cargas fatoriais trazidas para o primeiro quadrante do plano cartesiano.

Em suma, o índice IRLS construído para cada ano em análise está disposto em base 100, de forma que o maior índice apresenta valor 100 e os demais são, proporcionalmente, ajustados a este valor. No Gráfico 2, é possível observar a oscilação do índice ao longo dos anos, e que este apresentou uma queda considerável a partir de 1997.

Gráfico 2 – Trajetória do Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro para a Paraíba entre 1945 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.3 Resultados encontrados para o objetivo “c”

Este objetivo buscou avaliar a existência de resiliência nas lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho a partir da análise de causa-efeito entre a chuva e o índice IRLS criado no objetivo anterior. Para tanto, determinaram-se as médias nos períodos definidos como seco e não seco, sendo este último resultado da soma entre os anos considerados normais e chuvosos.

Dessa forma, a Tabela 6 apresenta as médias obtidas nesses períodos e a diferenças entre eles. Observa-se que, dos 12 períodos definidos, apenas em 2 destes a média do período não seco foi menor que a do período seco.

Tabela 6 – Diferença das médias do IRLS entre os períodos não secos e secos ocorridos na Paraíba entre 1945 a 2020

Períodos		Diferença
Não seco	Seco	
64,71	61,90	2,81
68,54	60,85	7,69
68,82	65,34	3,48
77,36	86,32	-8,97
81,75	81,98	-0,23
77,81	70,34	7,46
59,72	55,35	4,37
77,28	52,80	24,48
69,52	68,01	1,51
61,76	32,40	29,36
50,45	22,30	28,15
41,38	32,16	9,22
49,75	-	-

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

Ao realizar o teste T de Student para amostras emparelhadas, verifica-se que a média geral do período não seco é de, aproximadamente, 66,6, ao passo que a média geral do período seco é próxima de 57,5 e a diferença entre os dois períodos é de 9,1. O teste ainda revela que existe diferença estatística a pelo menos 5% de significância, rejeitando-se a hipótese nula de igualdade entre as médias dos períodos. Portanto, a média geral do índice IRLS no período não seco é, estatisticamente, maior que a média observada no período seco (Tabela 7). De fato, os indicadores referentes a produção agrícola no geral tendem a ser mais modestos nos anos com chuvas discretas.

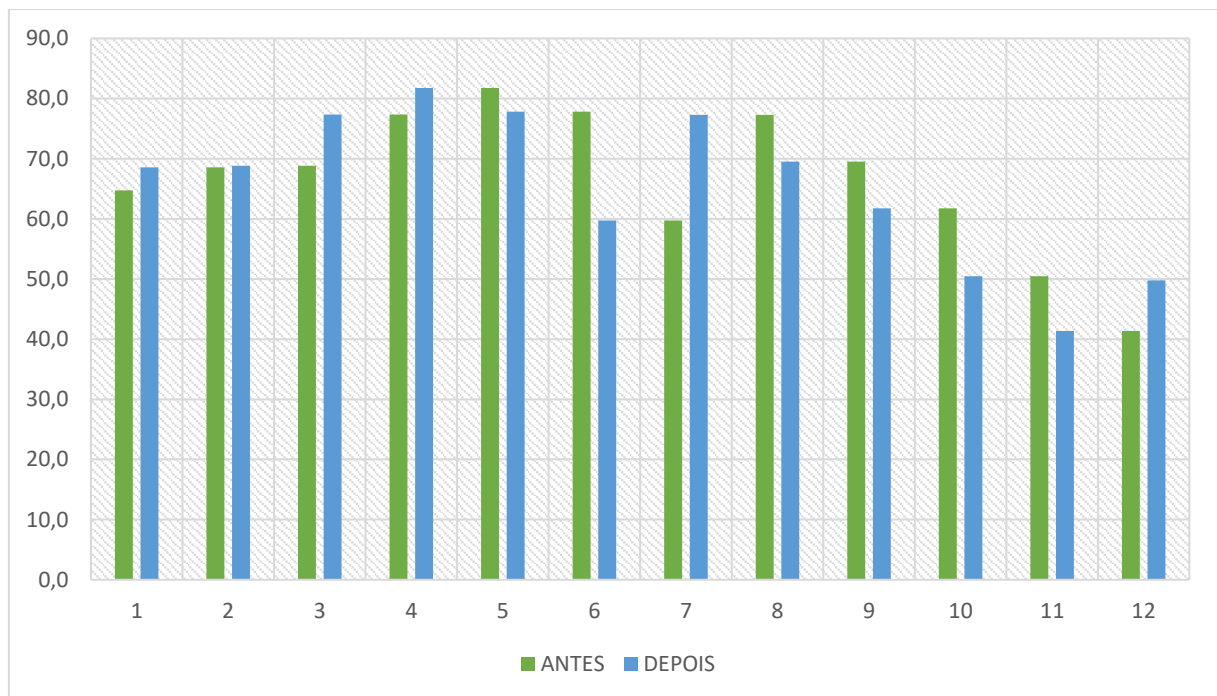
Tabela 7 – Teste T de amostras emparelhadas entre os períodos “não seco” e “seco” na Paraíba entre 1945 a 2020

Teste de amostras emparelhadas					
Pares	Média	Diferença	Estatística T	df	Sign. (2 extremidades)
Não seco	66,5917	9,11250	2,635	11	0,023
Seco	57,4792				

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

A partir dos resultados obtidos para os períodos de seca e não seca, são calculadas as médias para os períodos definidos como antes e depois da ocorrência de anos com secas. O Gráfico 3 mostra a flutuação da média dos índices IRLS nesses períodos.

Gráfico 3 – Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro antes e depois da ocorrência de secas na Paraíba entre 1945 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A Tabela 8 reúne o resultado do teste T de Student para amostras emparelhadas nos períodos de antes e depois da ocorrência de anos de seca. Assim sendo, constata-se que a média geral dos períodos definidos como “antes” foi próxima de 66,6, enquanto a média geral dos períodos determinados como “depois” foi de 65,3 e a diferença entre os dois foi de 1,2. O teste

aceita a hipótese nula de igualdade entre os períodos de antes e depois das secas, ao retornar resultados não significativos a pelo menos 10% de significância.

Tabela 8 – Teste T de amostras emparelhadas entre os períodos “antes” e “depois” da ocorrência de secas na Paraíba entre 1945 a 2020

Teste de amostras emparelhadas					
Pares	Média	Diferença	Estatística T	df	Sign. (2 extremidades)
Antes	66,5917				
Depois	65,3450	1,24667	0,424	11	0,680

Fonte: Resultados da pesquisa (2022).

Portanto, confirma-se a hipótese da existência de resiliência nos cultivos de arroz, feijão, mandioca e milho, o que explica, em parte, a continuidade desse tipo de atividade entre os agricultores paraibanos com elevado risco associado, apesar de ser realizada em uma região com grande instabilidade pluviométrica e por vezes considerada hostil à prática agrícola. Resultados parecidos foram encontrados por PRAXEDES (2021), na avaliação da capacidade de resiliência das variáveis associadas à produção de feijão, mandioca e milho, frente as variações pluviométricas ocorridas na Região do Sertão Central e Inhamuns no estado do Ceará. A interação entre as variáveis selecionadas foi captada a partir da construção do Índice de Sinergia (INS), para determinadas regiões do Ceará.

4.4 Resultados encontrados para os objetivos “d” e “e”

A produtividade agregada foi definida a partir da média ponderada da produtividade das lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho, e seus respectivos pesos, obtidos a partir dos escores fatoriais da análise fatorial, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Escores fatoriais e pesos estimados que foram usados na definição da produtividade agregada por meio de média ponderada

(continua)		
Produtividades (Kg/ha)	Escores de componente	Pesos
Arroz	0,144	0,118
Feijão	0,381	0,313

Tabela 9 – Escores fatoriais e pesos estimados que foram usados na definição da produtividade agregada por meio de média ponderada

(conclusão)		
Produtividades (Kg/ha)	Escores de componente	Pesos
Mandioca	0,306	0,252
Milho	0,385	0,316
Soma	1,217	1,00

Fonte: resultados da pesquisa (2022).

A renda agregada por hectare foi obtida a partir da soma linear dos valores de produção por hectare de cada lavoura estudada, que funcionam como um *proxy* para a renda. Isto posto, são obtidas as trajetórias da produtividade e rendas agregadas na produção de arroz, feijão, mandioca e milho entre 1945 a 2020 e a síntese dos modelos ARIMA mais adequados são mostrados na Tabela 10. Os testes de raiz unitária mostram que os melhores modelos ajustados ocorreram a partir de modelos lineares nas suas formas originais. A estacionariedade da produtividade e renda agregadas por hectare ocorreu na primeira diferença (Tabela 10).

Tabela 10 – Modelos ajustados às previsões da produtividade e renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020

Modelos estimados	Produtividade agregada (kg/ha)	Renda agregada (R\$ 2020/ha)
Modelo (p, d, q)	1, 1, 1	0, 1, 1
Constante	0,000	0,000
AR (1)	0,314**	0,000
Diferenciação	1	1
MA (1)	0,840**	0,641**
R^2	0,404	0,394
Ljung Box	12,177 ^{NS}	19,687 ^{NS}
BIC	11,678	16,623
MAPE	9,165	21,531
R Pearson	0,930*	0,872*

Fonte: resultados da pesquisa (2022).

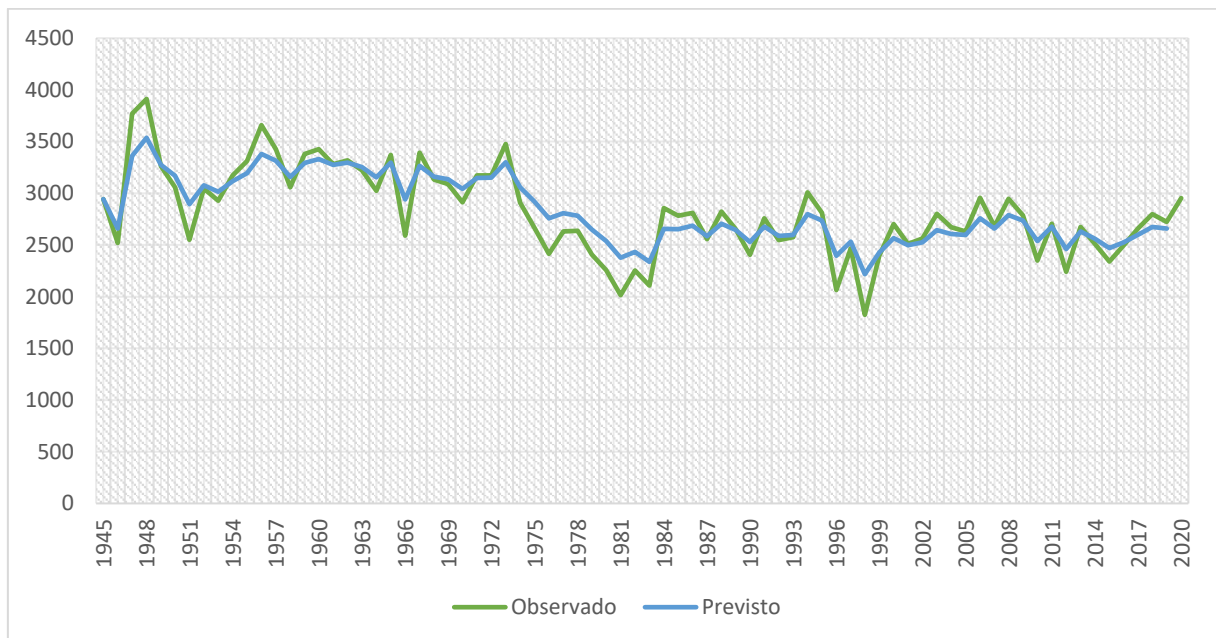
* Significante a 1,0%; ** Significante a 5,0%; NS = Não significante até 10,0%

A Tabela 10 também é munida das estatísticas que garantem que os estimadores encontrados são robustos em relação aos testes realizados para a definição da adequabilidade

dos modelos. Desse modo, os resultados obtidos mostram que os ajustamentos efetuados para a previsão da produtividade e renda agregadas por hectare resultam ruídos brancos, ancorados na estatística Ljung Box, que retornou resultados não significantes a pelo menos 10% de significância. Ademais, o coeficiente de correlação de Pearson, capaz de aferir a relação de proximidade entre os valores observados e valores previstos, apontou valor 0,930 para a produtividade agregada e 0,872 para a renda agregada por hectare.

Para a previsão da produtividade agregada, o modelo que exibiu o melhor ajustamento consiste no ARIMA (1, 1, 1) não logaritmizado e sem constante, autorregressivo e média móvel de primeira ordem, sendo preciso uma diferença para transformar a série em estacionária (Tabela 10). Já no que diz respeito à execução da previsão da renda agregada por hectare, o melhor ajustamento encontrado foi o ARIMA (0, 1, 1) não logaritmizado e sem constante, não autorregressivo, média móvel de primeira ordem e com uma diferenciação para deixar a série no âmbito da estacionariedade (Tabela 10). Dessa forma, os comportamentos dos valores reais, bem como dos valores previstos da produtividade e renda agregada por hectare para o período estudado (1945 a 2020) podem ser visualizados nos Gráficos 4 e 5:

Gráfico 4 – Valores previstos para a produtividade agregada das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020



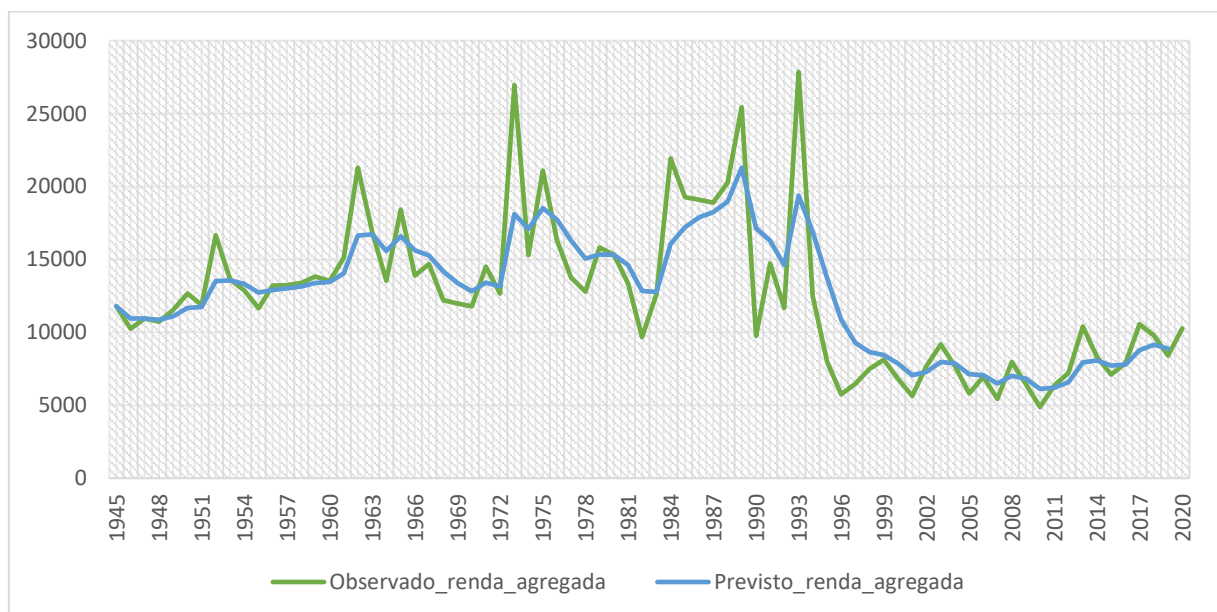
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se que a produtividade agregada das lavouras possui um comportamento homogêneo, mas com alguns anos com picos de produtividade, e outros com reduções

consideráveis. Tal fato deve-se, entre outros fatores, devido à variação da pluviometria média no estado ao longo dos anos. O maior pico de produtividade é observado em 1948, em que se produziu, em média, 3.911,7 kg/ha de arroz, feijão, mandioca e milho. Nesse ano, choveu 894,9 mm, volume enquadrado no período de normalidade pluviométrica. O fato da não ocorrência de escassez de água, tampouco de excesso, foi favorável ao pleno desenvolvimento das quatro lavouras estudadas, haja vista o fato de a parte comercializável da mandioca ser a raiz, que não tolera solos muito encharcados (Gráfico 4).

O menor pico de produtividade ocorreu em 1998, em que foi alcançado 1.823,9 kg/ha. A chuva anual daquele ano foi de 635,0 mm, enquadrada no período seco. Nesse sentido, pode ter sido um dos ou o principal motivo da queda do rendimento produtivo, haja vista que o ano, imediatamente anterior (1997), e imediatamente posterior (1999), apresentaram volumes pluviométricos mais elevados (781,7 e 706,0, respectivamente), e, conseqüentemente, produtividades maiores (Gráfico 4).

Gráfico 5 – Valores previstos para a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

De acordo com a trajetória observada no Gráfico 5, a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro aqui estudadas possui elevada variabilidade ao longo dos anos, o que faz com que os agricultores convivam com a incerteza de seus ganhos futuros. A maior renda obtida ocorreu em 1993, em que foram levantados R\$ 27.863,89, conjuntamente, pelas quatro lavouras por hectare. Curiosamente, tal ano apresentou uma das menores chuvas observadas

em toda a série de 120 anos analisados, com apenas 493,19 mm. Analisa-se que o valor foi elevado, principalmente, pela lavoura de mandioca, que apresentou bons resultados de produção e valorização no preço, alcançando R\$ 1,83 por cada kg vendido. Isso se deve ao fato de a mandioca apresentar maior tolerância à seca e ao estresse hídrico, quando comparada com as demais culturas.

O ano de 2010 possuiu a menor renda agregada por hectare da série analisada, de forma que apenas R\$ 4.886,35 foram levantados conjuntamente pelas quatro lavouras em cada hectare colhido. A chuva desse ano foi enquadrada no período seco, tendo chovido 758,48 mm (Gráfico 5).

4.5 Resultados encontrados para o objetivo “F”

Infere-se que a chuva causa interferências nos resultados das variáveis pertinentes as produções agrícolas, como a produtividade e a renda obtida pelos agricultores. Portanto, este objetivo da pesquisa propôs a criação de diferentes cenários de previsão da produtividade e renda agregada por hectare para a década de 2021 a 2030.

Por ser um fenômeno natural imprevisível e fora do controle dos agricultores, considera-se a chuva como uma variável exógena, de modo que a sua interferência está inserida no termo de erro do modelo de previsão. Tal inserção ocorre a partir de regressão simples, em que a variável dependente do modelo é o termo de erro e a variável independente é a chuva. Esses resultados são apresentados na Tabela 11:

Tabela 11 - Resultados encontrados na aferição da relação entre os resíduos dos modelos ajustados para previsão das produtividades e da renda por hectare e as chuvas anuais observadas entre 1945 a 2020 na Paraíba

Variáveis (resíduos)		Beta	Estatística T	Sign.	R ² ajust.
Produtividade agregada (kg/ha)	Constante	-192,806	-2,668	0,009**	0,067
	Chuva	0,198	2,524	0,014**	
Renda agregada (R\$ 2020/ha)	Constante	27,620	0,024	0,981 ^{NS}	-0,013
	Chuva	-0,083	-0,068	0,946 ^{NS}	

Fonte: resultados da pesquisa (2022).

** Significante a pelo menos 5,0%; NS = Não significante a pelo menos 10%.

Constata-se que as pluviometrias causam interferência nos termos de erro do modelo de previsão da produtividade agregada das lavouras de sequeiro, que afetam as flutuações dos valores previstos em torno dos valores observados da série estudada. Todos os

coeficientes de regressão estimados para medir o impacto das chuvas sobre os resíduos da produtividade agregada foram, estatisticamente, diferentes de zero a pelo menos 5% de significância.

Esses resultados corroboram com aquilo que foi encontrado por LEMOS *et al.* (2022), em que as chuvas anuais ocorridas no estado do Ceará, que possui chuvas próximas da realidade encontrada na Paraíba, causaram interferências nos modelos de previsão das variáveis associadas às produções de arroz, feijão, mandioca e milho entre 1945 a 2020.

Entretanto, fica evidente que as chuvas anuais não causam interferência nos termos de erro do modelo de previsão da renda agregada por hectare no estado da Paraíba, haja vista que os coeficientes de regressão estimados para medir tais efeitos das chuvas sobre os resíduos da referida variável não foram significantes em até 10% de significância. Portanto, não é possível estimar os modelos de previsão da renda agregada por hectare para a década de 2021 – 2030, levando em consideração os períodos pluviométricos, previamente, estabelecidos no objetivo “a”.

No presente estudo, o valor da produção das lavouras por hectare, construído a partir do produto do preço de venda de cada cultura com as suas respectivas produtividades, funciona como um *proxy* da renda. Como já constatado, o volume de chuva ocorrido em determinado ano é capaz de afetar a produtividade das lavouras de sequeiro.

Em anos de seca, as lavouras tendem a apresentar menores produtividades e consequentemente, o menor volume de produção dessas lavouras implicam em elevação dos preços de venda, haja vista a menor oferta dessas culturas no mercado. Em contraponto, em anos com chuvas mais abundantes, as lavouras apresentam melhoras em seus potenciais produtivos e os agricultores conseguem obter maiores volumes de produção. Como os cultivos são sazonais, todos os agricultores colhem o fruto de seu trabalho no mesmo período, acarretando redução dos preços de venda dos produtos. De certo modo, essa relação inversa entre preço e produção, provavelmente, contribui para a diminuição dos efeitos da chuva na renda dos agricultores.

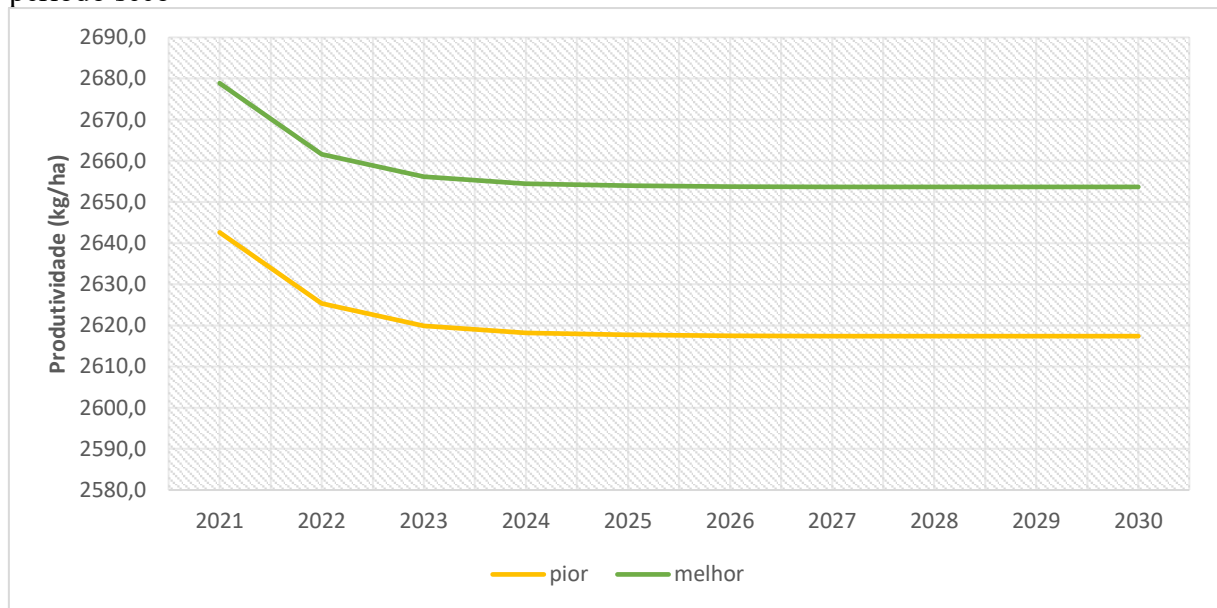
Portanto, são gerados modelos de previsão apenas para a produtividade agregada. O modelo de Box e Jenkins adotado se apropria dos valores mais recentes para projetar os resultados futuros. Dado que os últimos três anos da série evidenciaram bons volumes de chuva e possuíram resultados satisfatórios, a previsão realizada dessa forma não refletiria àquilo que provavelmente ocorrerá quando na ocorrência de cenários de menor chuva.

Foram criados seis cenários de previsão da produtividade agregada para a década de 2021 a 2030, considerando os dez piores e melhores volumes de chuva de cada período, e

tais volumes foram inseridos nos termos de erro por intermédio da equação gerada na regressão simples. Os novos termos de erro diferem para cada ano previsto. Portanto, obtém-se a média aritmética desses termos, em cada cenário simulado.

Os termos de erro médios obtidos para cada cenário são acrescidos aos valores previstos pelo modelo Box e Jenkins adotado para a década de 2021 a 2030 e os respectivos resultados para a produtividade agregada são mostrados nos Gráficos 6, 7 e 8:

Gráfico 6 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período seco



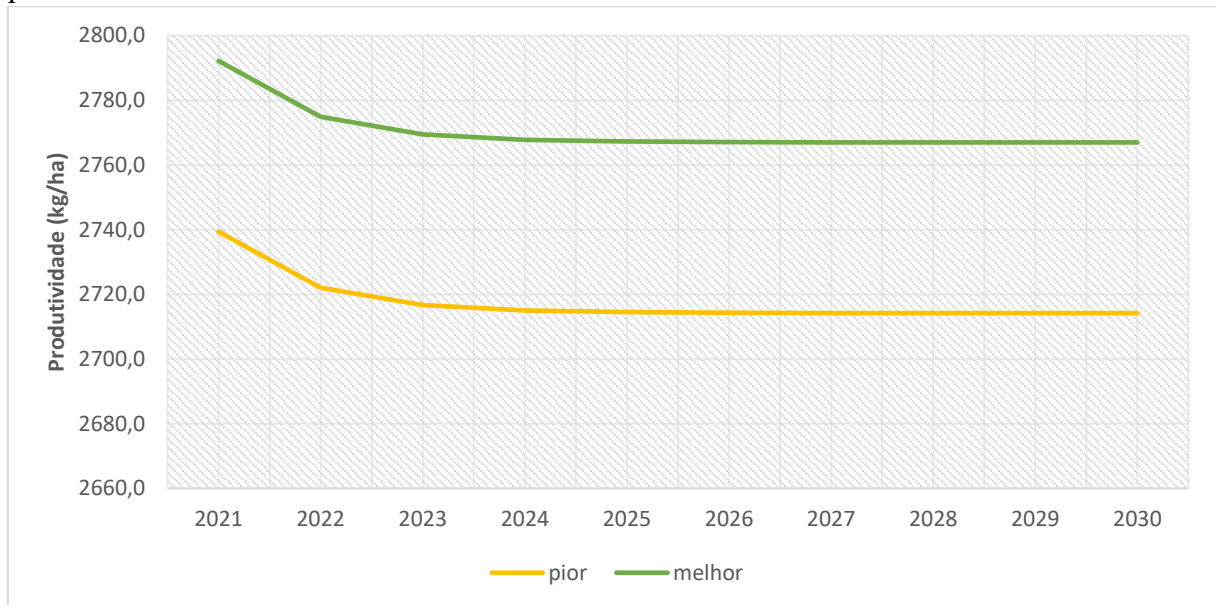
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Gráfico 7 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período normal



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Gráfico 8 – Projeções da produtividade agregada frente aos piores e melhores cenários no período chuvoso



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os gráficos detectam que os melhores resultados para a produtividade agregada são obtidos no período chuvoso, enquanto os piores resultados são vistos no período seco. Em média, os valores previstos para a produtividade agregada no período chuvoso são 4% maiores que os valores previstos para o período seco. No geral, os valores previstos dessa variável analisada serão maiores naqueles cenários com as melhores pluviometrias inferindo-se, portanto, o impacto positivo da chuva nessa variável pertinente a produção agrícola de sequeiro. Tais resultados concordam com ROSSATO *et al.* (2017), que ponderam a baixa disponibilidade de água no solo como o principal fator limitante para a obtenção de elevadas produtividades agrícolas ao longo dos anos no semiárido do Brasil.

4.6 Resultados encontrados para o objetivo “g”

Ao se avaliar as variáveis de produtividade e renda agregada por hectare, verifica-se que a grande variabilidade dos valores observados ao longo dos anos permite que a série analisada seja dividida em três períodos distintos: 1945 a 1963; 1964 a 1989 e 1990 a 2020. Portanto, o procedimento de regressão para obtenção das respectivas taxas geométricas de crescimento é realizado considerando duas variáveis *dummies*. $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$ consiste no período de 1945 a 1963; $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$ é o período de 1964 a 1989 e $D_1 = D_2 = 0$ se refere aos de 1990 a 202. Primeiro serão mostrados os resultados para a produtividade agregada, seguido dos resultados obtidos para a renda agregada por hectare.

4.6.1 Taxa geométrica de crescimento da produtividade agregada

A Tabela 12 exibe o resultado do cálculo da taxa geométrica de crescimento ao se considerar os três períodos previamente definidos:

Tabela 12 – Resultados encontrados para a estimação da TGC na produtividade agregada entre 1945 a 2020

Variáveis	Beta	Estatística T	Significância
Constante	8,042	179,143	0,000*
T	-0,003	-3,637	0,001*
D ₁ T	0,007	1,717	0,090*
D ₂ T	-0,001	-1,289	0,202 ^{NS}

Fonte: resultados da pesquisa (2022)

* Significante a pelo menos 10,0%.

Conforme mostrado na Tabela 12, a constante, o período T e o período entre 1945 a 1963 foram, estatisticamente, diferentes de zero até 10% de significância, ao passo que o período entre 1964 a 1989 não foi, estatisticamente, diferente de zero, por não apresentar significância a pelo menos 10% de significância. A equação da taxa geométrica de crescimento da produtividade agregada entre 1945 a 2020 é definida da maneira a seguir:

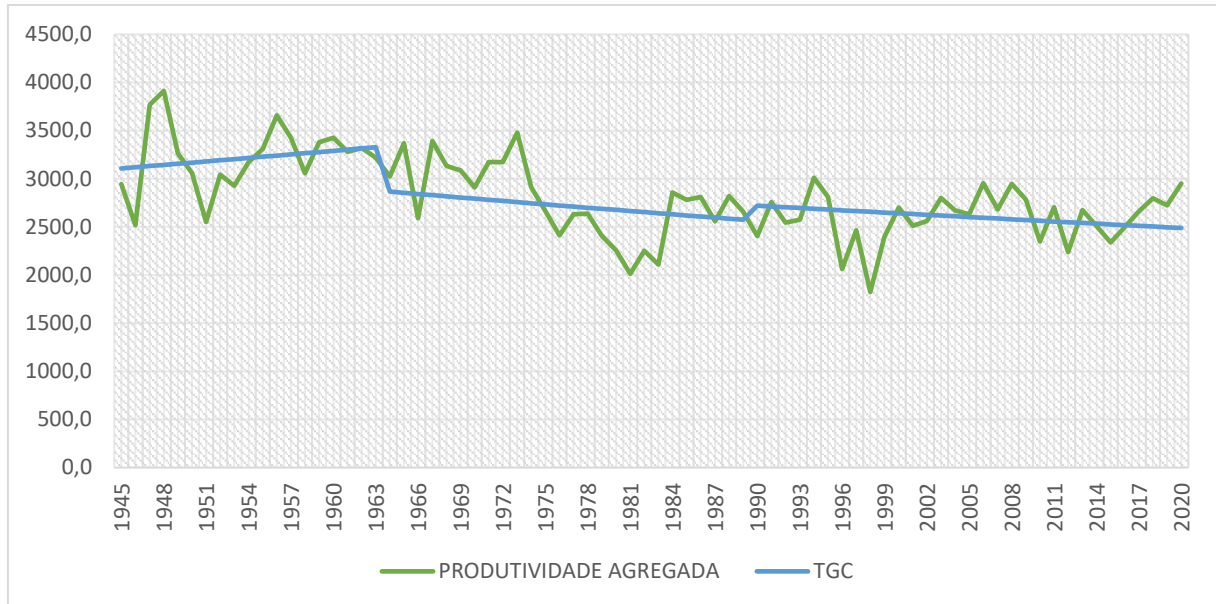
$$\ln(Y_t) = 8,042 - 0,003T + 0,007D_1T \quad (28)$$

Entre 1945 a 1963, a produtividade agregada cresceu a uma taxa de 0,7% ao ano e entre 1990 e 2020, decresceu a taxa de 0,3% ao ano. Essas são as TCG de curto prazo. Em longo prazo, a produtividade agregada das quatro lavouras aqui estudadas cresceu à taxa de 0,4% ao ano, sendo sustentável ao longo dos anos.

O Gráfico 9 ilustra o comportamento da produtividade agregada no período analisado, bem como as trajetórias das TGC estimadas para os períodos definidos na pesquisa. É possível perceber que o primeiro período definido apresenta inclinação ascendente, apesar de possuir alguns anos com oscilações consideráveis e é nele que se encontra o maior pico de produtividade, em 1948. O recorte entre 1964 a 1989 é considerado estável, pois a sequência de anos com resultados mais elevados (1965 a 1974) é anulado pela sequência de anos com produtividades menores (1975 a 1984). No período de 1990 a 2020, observa-se um comportamento, praticamente, linear da trajetória da produtividade agregada das culturas

estudadas, apresentando um leve declínio ao longo dos anos, justificando o decréscimo de 0,3% anuais no período.

Gráfico 9 - Taxa geométrica de crescimento para a produtividade agregada das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.6.2 Taxa geométrica de crescimento da renda agregada por hectare

A Tabela 13 possui o resultado do cálculo da taxa geométrica de crescimento ao se considerar os três períodos, anteriormente, definidos:

Tabela 13 – Resultados encontrados para estimar a TGC para a renda agregada por hectare entre 1945 a 2020

Variáveis	Beta	Estatística T	Significância
Constante	9,302	95,291	0,000*
T	-0,005	-2,747	0,008*
D ₁ T	0,027	3,099	0,003*
D ₂ T	0,016	7,384	0,000*

Fonte: resultados da pesquisa (2022)

* Significante a pelo menos 1,0%.

Conforme as evidências na Tabela 13, a constante do modelo e todos os períodos definidos foram, estatisticamente, diferentes, de zero ao nível de até 1% de significância. Com

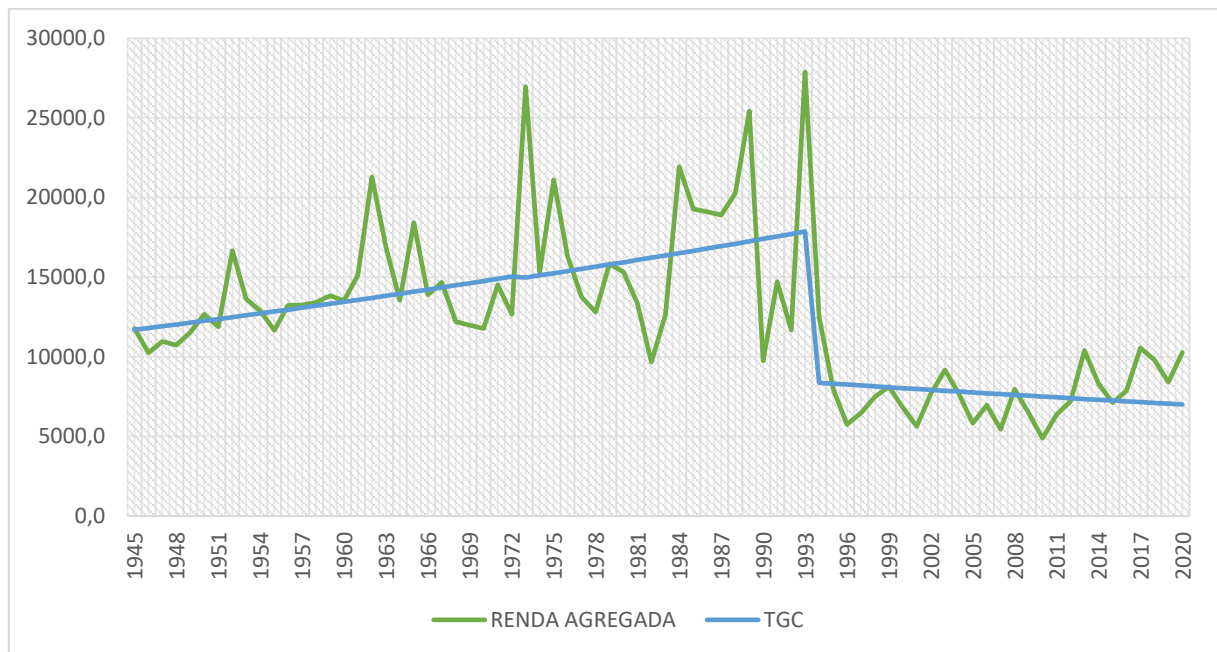
isso, define-se a equação da taxa geométrica de crescimento da renda agregada por hectare entre 1945 a 2020:

$$\ln(Y_t) = 9,302 - 0,005T + 0,027D_1T + 0,016D_2T \quad (29)$$

Dessa forma, a renda agregada por hectare cresceu à taxa de 2,7% ao ano entre 1945 a 1963, e 1,6% ao ano entre 1964 a 1989. Já no período de 1990 a 2020, a renda agregada por hectare sofreu decréscimo de 0,5% anuais. Estas são as TCG em curto prazo. Em longo prazo, a renda agregada por hectare das quatro lavouras cresceu à taxa de 3,8% ao ano, sendo sustentável ao longo dos anos.

O comportamento da renda agregada por hectare está ilustrado Gráfico 10. Verifica-se uma grande inclinação positiva nos anos de 1945 a 1993, sendo este último com a maior renda obtida pelos agricultores. No ano seguinte, os agricultores sofreram uma drástica queda em seus rendimentos, dando início ao período com seguidos anos de decréscimos, apesar de também apresentar alguns anos com elevações de rendimentos (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Taxa geométrica de crescimento para a renda agregada por hectare das lavouras de sequeiro da Paraíba entre 1945 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O aumento na renda bruta dos agricultores, principalmente nos anos de 1945 a 1993, que culmina em TGC em longo prazo de 3,8% ao ano, pode ser explicado devido ao grande aumento nas áreas colhidas das lavouras estudadas, principalmente das áreas de feijão e milho,

além do aumento expressivo da produção de mandioca. Esse fato deu-se por meio do aumento da exploração de novas áreas produtivas, que possuíram singelo aumento da produtividade ao longo dos anos (TGC de 0,4% ao ano).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito ao enquadramento das chuvas anuais de 1901 a 2020 em três períodos previamente definidos, exercício proposto no primeiro objetivo específico. O estudo foi capaz de distinguir 40 anos pertinentes ao período de seca, 49 anos com chuvas normais e 31 anos chuvosos. Destaca-se que o estado da Paraíba possuiu alta instabilidade pluviométrica no decorrer dos 120 anos analisados, mas essa variabilidade sofre redução quando analisada dentro de cada período, sendo o período normal, mais homogêneo.

Quanto ao segundo objetivo específico, buscou-se desenhar um instrumento que fosse capaz de aferir de forma ponderada e compactada a sinergia existente entre as variáveis definidoras das produções de arroz, feijão, mandioca e milho no estado em análise. Entre 1945 a 2020, pondera-se a capacidade explicativa das variáveis utilizadas na construção do Índice de Resiliência das Lavouras de Sequeiro (IRLS), de um ponto de vista estatístico, haja vista os resultados satisfatórios encontrados pela modelagem estatística utilizada, em que os fatores gerados foram capazes de explicar mais de 80% da variação acumulada.

O terceiro objetivo da pesquisa consistiu em avaliar a existência de resiliência às instabilidades climáticas por parte dessas lavouras de sequeiro praticadas na Paraíba, naqueles anos em que a chuva se apresentou pelo menos normal, sendo precedida de anos de seca, os quais causaram estresses na produção das lavouras estudadas captadas pelo IRLS. Constatou-se que não houve diferença estatística entre os períodos, imediatamente, anteriores e posteriores à ocorrência de anos com estresses hídricos causados pela seca. Portanto, tais períodos (antes e depois das secas) mostraram possuir volume de produções agrícolas iguais ou muito próximos. No mesmo sentido, houve diferenças estatísticas entre a média do IRLS nos períodos de “não seca” e “seca”, sendo este último com valores médios menores, devido às perdas de produções agrícolas causadas pela falta de chuvas.

O quarto, quinto e sexto objetivos da pesquisa, dedicados à avaliação dos efeitos das chuvas na previsão da produtividade agregada e renda agregada por hectare dessas lavouras, constataram a interferência dos regimes pluviométricos anuais na produtividade dos agricultores, de modo que os anos com seca evidenciaram ser causadores de impactos negativos no IRLS, que se eleva caso as chuvas sejam pelo menos normais. Avalia-se, assim, que as chuvas não são capazes de causar interferência direta nos resíduos estimados para o modelo destinado a fazer a previsão da renda bruta por hectare dos agricultores. Isso, provavelmente, pode ter acontecido em decorrência dos fatos de que, em períodos de boas pluviometrias, a

produção se eleva e os preços recebidos pelos agricultores tendem a cair. Em períodos de seca, gera-se escassez da produção agrícola, e os preços tendem a se elevar.

No sétimo e último objetivo, que aferiu se as trajetórias das produtividades e das rendas agregadas por hectare associadas às produções dessas lavouras são sustentáveis, evidenciou-se que tanto as produtividades agregadas, quanto as rendas agregadas por hectare mostraram-se sustentáveis ao longo do período analisado, embora no decorrer da trajetória dos 76 anos analisados houvesse períodos em que isso não aconteceu.

As evidências da pesquisa demonstraram que os agricultores conseguiram desenvolver capacidades de adaptação às intempéries climáticas ocorridas na Paraíba, no período investigado. Essa informação pode ser utilizada para explicar a persistência da prática de produção agrícola em um ambiente repleto de riscos e incertezas. Tal feito ocorre, na maioria das vezes, sem o auxílio de políticas públicas ou de assistência técnica especializada.

Infere-se que as condições produtivas e, conseqüentemente, a qualidade de vida das famílias que possuem a atividade agrícola como fonte de sobrevivência na Paraíba, poderiam ser menos instáveis se tivessem acesso a uma maior inserção em políticas para mitigação dos efeitos das secas. Para isso acontecer, os agricultores poderiam se apropriar de conhecimentos de pesquisas já gerados, que mostram a utilização de cultivares dessas lavouras que apresentam ciclos mais curtos e estão mais adaptados às instabilidades climáticas. Isso depende de um serviço de assistência técnica, extensão e fomento rural mais adequado, que propicie às famílias o aprimoramento das suas já demonstradas capacidades de adaptação, ou de resiliência, às ocorrências de seca, conforme assinalado nesta pesquisa.

Os agricultores poderiam ter acesso às políticas de seguro rural que minimizam as perdas materiais decorrentes da ocorrência de secas. Esse seguro rural poderia vir atrelado aos financiamentos via PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) nas Unidades Agrícolas Familiares. O acesso ao PRONAF teria que ser assistido, não apenas pelo agente financiador, que no Nordeste é principalmente o Banco do Nordeste, mas também pelos serviços de Assistência Técnica, Extensão Rural e Fomento rural providos pelo governo do estado. O Programa de Extensão Rural deveria conceber, entre outras ações, a divulgação de práticas de armazenamento seguro de sementes, de tal forma que possam esperar eventuais períodos mais longos de deficiências hídricas. Como exemplo, têm-se as políticas de armazenamento de águas, como as cisternas de placas e a construção de reservatórios comunitários de águas com o espelho d'água protegido de perdas por evaporações. Isso pode ser feito cultivando espécies vigorosas, como bambu, no entorno desses reservatórios.

Os resultados obtidos confirmam as hipóteses motivadoras da presente pesquisa. A agricultura das lavouras alimentares cultivadas em regime de sequeiro no estado da Paraíba é auto resiliente e apresenta sustentabilidade na produtividade da terra e na renda nos últimos 76 anos de observações das suas produções.

REFERÊNCIAS

- Asociación Argentina de Cultivadores de Arroz (ACPA). **El arroz: origen**. 2014. Disponível em: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/elarroz.swf>. Acesso em 04 jun. 2022.
- Agência executiva de gestão das águas do estado da paraíba (AESA). **Boletim climático**. 2020. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2020/12/Boletim_Clim%C3%A1tico_Outubro_2020.pdf. Acesso em: 02 jul. 2022.
- ALPINO, T. A.; SENA, A. R. M.; FREITAS, C. M. Desastres relacionados à seca e saúde coletiva: uma revisão da literatura científica. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 809-820, 2016.
- ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. **Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste**. Fortaleza: Informe rural ETENE. Banco do Nordeste, 2012.
- ARAÚJO, J. A. A. **Barragens no nordeste do Brasil: experiência do DNOCS em barragens na região semi-árida**. Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras contra as Secas, 1982.
- AQUINO, J. R.; NASCIMENTO, C. A. A grande seca e as fontes de ocupação e renda das famílias rurais no Nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 51, n. 2, p. 81-97, 2020.
- ARAÚJO, J. R. E. S. *et al.* Agricultura de sequeiro e variabilidade produtiva de uma cultura de subsistência em Gado Bravo, semiárido da Paraíba. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 2905–2918, 2021. DOI: 10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1862. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1862. Acesso em: 3 jun. 2022.
- ARAUJO FILHO, J. A.; DE CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1997. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/514827>. Acesso em: 3 jun. 2022.
- ARGUISSAIN, G. Ecofisiología del cultivo de arroz. *In*: A BENAVIDES, R (ed.). **El arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos**. Entre Ríos: Universidad Nacional del Litoral, 2006. p. 75-94.
- ARUNANONDCHAI, P; FEI, C; A MCCARL, B. Adaptation in Agriculture. *In*: RAO, S; SHANKER, A. K; SHANKER, C. **Climate resilient agriculture: strategies and perspectives**. Rijeka: Intech Open, 2017. p. 1-13. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/6171>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura e sustentabilidade: contexto, desafios e cenários. **Ciência & Ambiente**. São Paulo, v. 1, n. 294, p. 15-30, abr. 2004.
- BARBOSA, E. C. *et al.* Metodologia Box & Jenkins para previsão de temperatura média mensal da cidade de Bauru (SP). **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 104-117, 2015.

BARBOSA, V. V. *et al.* Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco–Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 353-367, 2016.

BATISTA, M. C. *et al.* Influence of rainfall variability on bean production (*Phaseolus vulgaris* L.) in a municipality of Brazilian semiarid. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 001–007, 2018. DOI: 10.24221/jeap.3.1.2018.1590.001-007. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1590>. Acesso em: 18 jun. 2022.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976. Edição revisada.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRASIL. 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, 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-DOU.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2022.

BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca (PAN-Brasil)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 5, n. 5, 2011. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/629>. Acesso em: 14 maio 2022.

BRIGUGLIO, L.; GALEA, W. Updating and augmenting the economic vulnerability index. **Islands and Small States Institute of the University of Malta**, [S. l.], v. 4, n. 1. p. 1-15, 2003.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. **Revue Franco-Brésilienne de Géographie**, [S. l.], n. 19, 2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/8633#quotation>. Acesso em: 15 maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.8633>.

BURITI, C.O; AGUIAR, J. O. Secas, migrações e representações do semiárido na literatura regional: por uma história ambiental dos sertões do nordeste brasileiro. **Revista Textos & Debates**, [S. l.], vol. 1, n. 15, p. 7-31, 2008.

BURNASH, R. J. C; FERRAL, R. L. Generalized hydrologic modeling, key to drought analysis. *In*: SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN HYDROLOGY, 1, 1972, Fort Collins, Colorado. **Anais ... Fort Collins, Colorado**, 1972. 503 p.

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, [S. l.], n. 16, 2009. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/120>. Acesso em: 9 jun. 2022.

CARNEIRO, W. M. A. **Análise setorial – feijão: produção e mercados**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2010.

COCHRANE, J. H. **Time series for macroeconomic and finances**. Chicago: Graduate School of Business. University of Chicago, 1997. Disponível em: <http://www.bseu.by/russian/faculty5/stat/docs/4/Cochran,TimeSeries.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2022.

COÊLHO, J. D. **Produção de grãos: feijão, milho e soja**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n. 51, nov. 2018. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3585904/graos_33-2018.pdf/ed76744b-3ae6-ef50-43f2-f4e72c457f10. Acesso em: 10 jun. 2022.

CONDEL/SUDENE. **Resolução Condel/Sudene N° 150, de 13 de dezembro de 2021**. 246. ed. Brasília, 30 dez. 2021. Seção 1, p. 52. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623>. Acesso em: 04 jun. 2022.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá**. 100f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2019.

CRUZ, J. C. *et al.* **Coleção 500 perguntas, 500 respostas sobre milho**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

CUNHA, T. J. F, *et al.* Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 50-87.

DEBANGSHI, U. Climate resilient agriculture an approach to reduce the ill-effect of climate change. **International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Topics**, [s. l.], v. 2, n. 7, p. 309-315, 2021. Disponível em: <https://journals.resaim.com/ijramt/article/view/1132>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DEVENDRA, C. Rainfed agriculture: its importance and potential in global food security. **Utar Agriculture Science Journal**, [s. l.], v. 2, n. 2. April 2016. Disponível em: http://eprints.utar.edu.my/2005/1/Rainfed_agriculture__its_importance_and_potential_in_global_food_security.pdf. Acesso em: 10 maio 2022

DICKEY, D. A; FULLER, W. A. Distributions of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, [s. l.], v. 75, n. 366a, p. 427–431, 1979.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, [s. l.], v. 49, n. 4, p.1057–1072, 1981. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1912517>. Acesso em: 06 jul. 2022.

- DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.
- DZIUBAN, C. D. SHIRKEY, E. S. When is a correlation matrix appropriate for factor analysis? Some decision rules, **Psychological Bulletin**, [s. l.], v. 81, n. 6, p.358-361, 1974.
- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. Salvador: ABC Gráfica, 1973.
- FÁVERO, L. P; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- FERNANDES, D. S. *et al.* **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/663874/1/doc244.pdf>. Acesso em: 29 maio 2022.
- FISCHER, G.; SHAH, M.; VAN VELTHUIZEN, H. **Climate change and agricultural vulnerability**. Johannesburg: International Institute for Applied Systems Analysis to World Summit on Sustainable Development, Special Report, 2002.
- FRANCISCO, P. R. M. Aptidão climática da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], ano 12, n. 19, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v19i0.44991. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13926>. Acesso em: 14 maio 2022.
- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 2010. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. *et al.* Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.
- FREIRE FILHO, F. R. *et al.* **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.
- FROTA, A. B.; PEREIRA, P. R. Caracterização da produção de feijão-caupi na região meio-norte do Brasil. **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 9-25, 2000. Circular técnica n. 28
- GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF. 12p. (Circular técnica, 171). 1989. Disponível em <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/171.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1985.
- GUJARATI, D. N; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh Editora, 2011.

GUTIÉRREZ, A. P. A. *et al.* Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, [s. l.], v. 3, n. 95, p. 95-106, 2014.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman editora, 2009.

HANJRA, M. A.; QURESHI, M. E. Global water crisis and future food security in an era of climate change. **Food policy**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 365-377, 2010.

HERRMANN, M. S.; HUTCHINSON, C. F. The scientific basis: linkings between land degradation, drought, and desertification. *In*: JOHNSON, P. M.; MAYRAND, K.; PAQUIN, M. **Governing global desertification: linking environmental degradation, poverty and participation**. Hampshire: Ashgate Publishing, 2006.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria** [recurso eletrônico] / Rodolfo Hoffmann. 5. ed. Piracicaba: O Autor, 2016. 393 p.: il.

HOLLING, C. S. Engineering resilience versus ecological resilience. **Engineering within ecological constraints**, [s. l.], v. 31, n. 1996, p. 32, 1996.

HUNTER, M. C. *et al.* Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. **Bioscience**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 386-391, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1941/1945**. Rio de Janeiro: IBGE, 1946.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1946**. Rio de Janeiro: IBGE, 1947.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1947**. Rio de Janeiro: IBGE, 1948.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1948**. Rio de Janeiro: IBGE, 1949.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1949**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1950**. Rio de Janeiro: IBGE, 1951.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1951**. Rio de Janeiro: IBGE, 1952.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1952**. Rio de Janeiro: IBGE, 1953.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1953**. Rio de Janeiro: IBGE, 1954.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1954**. Rio de Janeiro: IBGE, 1955.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1955**. Rio de Janeiro: IBGE, 1956.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1956**. Rio de Janeiro: IBGE, 1957.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1957**. Rio de Janeiro: IBGE, 1958.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1958**. Rio de Janeiro: IBGE, 1959.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1959**. Rio de Janeiro: IBGE, 1960.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1960**. Rio de Janeiro: IBGE, 1961.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1961**. Rio de Janeiro: IBGE, 1962.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1962**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1963**. Rio de Janeiro: IBGE, 1964.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1964**. Rio de Janeiro: IBGE, 1965.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1965**. Rio de Janeiro: IBGE, 1966.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1966**. Rio de Janeiro: IBGE, 1967.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1967**. Rio de Janeiro: IBGE, 1968.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1968**. Rio de Janeiro: IBGE, 1969.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1969**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1970**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil de 1973**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 13 maio 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censoagropecuario/censoagrop ecuario-2017>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo demográfico do Brasil de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JORDAN, N. R.; DAVIS, A. S. Middle-way strategies for sustainable intensification of agriculture. *BioScience*, [s. l.], v. 65, n. 5, p. 513-519, 2015.

JULIÃO, C. C.; DE LIMA, J. E. Índice de vulnerabilidade social: uma aplicação de análise fatorial para classificar os municípios pernambucanos. **Planejamento e Políticas Públicas**, [S. l.], n. 54, 2021. DOI: 10.38116/ppp54art01. Disponível em: www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/1005. Acesso em: 13 jun. 2022.

KÖPPEN, W. Das geographische system der klimare. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraeger, 1936.

LEMOS, J. J. S. Efeitos da expansão da soja na resiliência da agricultura familiar no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 26-37, 2015. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1012/954>. Acesso em: 03 jun. 2022.

LEMOS, J. J. S. **Mapa da exclusão social no Brasil: radiografia de um país assimetricamente pobre**. 3. ed. rev. e atual. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2012.

LEMOS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

LEMOS, J. J. S. **Vulnerabilidades induzidas no semiárido**. E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54842>. Acesso em: 04 jun. 2022.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil / Interference of pluviometric instability in the forecast of grain production in the semiárido of Ceará, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 9, p. 15632–15652, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n9-139. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3294>. Acesso em: 19 maio 2022.

LEMOS, J. J. S *et al.* Agricultura familiar no Ceará: evidências a partir do censo agropecuário de 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 51, suplemento especial, p. 93-112, 2020.

LEMOS, J. J. S. *et al.* Rainfed crops forecasting in the semi-arid region under scenarios of rainfall instability in Ceará, Brazil. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, [S. l.], v. 12, p. 43-53, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/68262>. Acesso em: 15 dez. 2022.

LESSA, L. C. R. **Instabilidade pluviométrica versus produção agrícola em áreas sujeitas a desertificação no semiárido cearense: os casos de Arneiroz e Miraíma**. 2019. 49 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LIMA, J. E. **Curso de análise estatística multivariada**. Viçosa: UFV, 2015.

LIRA, L. L. *et al.* **História da Paraíba**. Campina Grande. 1997. Disponível em: https://www.pm.pb.gov.br/arquivos/Historia_da_Paraiba.pdf. Acesso em: 08 jun. 2022.

LOBELL, D. B; SCHLENKER, W; COSTA-ROBERTS, J. Climate trends and global crop production since 1980. **Science**, [s. l.], v. 333, n. 6042, p. 616-620, 2011.

LUCIA PALOMBI; ROSA SESSA (ed.). **Climate-smart agriculture: sourcebook**. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations (Fao), 2013. 557 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf>. Acesso em: 15 maio 2022.

LUEBS, R. E. Water conservation: pacific southeast. *In*: DREGNE H. E; WILLIS, W.O. **Dryland agriculture**. Madison: American Society Agronomy, 1983. p. 125-139.

MAGALHÃES, A. R. *et al.* The effects of climatic variations on agriculture in northeast Brazil. *In*: PARRY M; CARTER T; KONIJN N (ed.) **The impact of climate variations on agriculture: assessments in semiarid regions**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, v. 2, 1988. p. 277– 304.

MAHESWARI, M. *et al.* **Climate resilient crop varieties for sustainable food production under aberrant weather conditions**. 1. ed. Hyderabad: Central Research Institute for Dryland Agriculture, 2015. 56 p. Disponível em: http://www.nicraicar.in/nicrarevised/images/publications/Tbu_Climate%20Resilient%20Crop%20Varieties%20for%20Sustainable.pdf. Acesso em: 14 maio 2022

MAKRIDAKIS, S. *et al.* **Forecasting methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley; Sons, 1998.

MALTCHIK, L. Perturbação hidrológica e zona hiporreica: bases teóricas para estudos nos rios do semi-árido brasileiro. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 11, n. 1, p. 1-13, 1996.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, [s.l.] v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. **Anais da 118 Academia Brasileira de Ciências**. São Paulo. 2017. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/en/publicacao/161696/climatic-characteristics-of-the-2010-2016-drought-in-the-sem>. Acesso em: 11 maio 2022

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *In*: MEDEIROS S. S, GHEYI H. R, GALVÃO C. O, PAZ V. P. S. (Orgs). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.384-422.

MARQUES, F. A. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa Solos, 2014. Folheto (8 p.). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2531016/solos-do-nordeste-ganhamcartilha>. Acesso em: 04 jun. 2022.

MARTINS, E. S. P. R; MAGALHÃES, A. R. A seca de 2012-2015 e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**. Brasília, v. 20, n. 41, p.107-128, jul./dez., 2015.

MARTINS R. V. Educação ambiental no Brasil: por um desenvolvimento sustentável e humano. *In*: TRINDADE, A. A. C.; LEAL, C. B. (Ed.). **Direitos humanos e meio ambiente**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2017. p. 231-252.

MELO, R. F; VOLTOLINI, T. V (ed.). **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília: Embrapa, 2019. 467 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1114220>. Acesso em: 11 maio 2022.

MENDES, B.V. Desertificação do semi-árido. *In*: **Seminário sobre Desertificação no Nordeste**, Recife, 1986. Trabalhos apresentados. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente e Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), 1986. p.111-115.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

MISSIO, F. M.; JACOBI, L. F. Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 111–135, 2007. DOI: 10.5902/2179460X9764. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9764>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, p. 7-18, 2008.

MORENO L. MORCILLO, A. **Comparação de duas médias: teste t de Student**. Campinas, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335988592_Comparacao_de_duas_Medias_Teste_t_de_Student?channel=doi&linkId=5d892805a6fdcc8fd61afd2d&show_Fulltext=true. Acesso em: 03 jul. 2022.

MORETIN, P. A; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual Editora, 1987.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. 6. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, 2014. 557p.

MOURA, M. S. B. *et al.* Clima e água de chuva no semi-árido. *In:* BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59.

NASCIMENTO, E. F. **Agricultura sustentável uma forma de mudar o mundo**. 2022. 96 f. Monografia (Graduação em Ciências biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National centers for environmental information (NCEI, EUA). **Global historical-monthly climatology network (GHCN-M)**. 2022 Disponível em: <https://www.globalclimatemonitor.org/#>. Acesso em 20 abr. 2022.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National centers for environmental information (NCEI, EUA). **State of the climate: global climate report for july 2017**. 2017. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201707>. Acesso em 13 jun. 2022.

NELSON, G. C. *et al.* **Food security, farming, and climate change to 2050: scenarios, results, policy options**. Washington, DC: Int. Food. Policy Res. Inst., 2010.

NYS, E; ENGLE, N. L; MAGALHÃES, A. R. (Orgs.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: CGEE/ Banco Mundial, 2016.

NUNES, J. A.; MEDEIROS, B. M.; BEIRIGO, R. M. Fatores de formação e diversidade de solos no semiárido paraibano. *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1, 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande, 2016, p. 1-7.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* **Culturas anuais**. Rio de Janeiro: e -Tec Brasil, 2016. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/handle/123456789/579>. Acesso em: 29 jul. 2022.

OLIVEIRA NETO, A. A. (org.). **A cultura do arroz**. Brasília, DF: Conab, 2015. 180 p. Disponível em: http://biblioteca.conab.gov.br/phl82/pdf/2015_Cultura_do_arroz.pdf. Acesso em: 04 jun. 2022.

ONÇA, D. S. **Quando o sol brilha, eles fogem para a sombra...: a ideologia do aquecimento global**. Tese (Doutorado). São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2011.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). **Faostat – Statistics Database**. 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC/visualize>. Acesso em 11 jun. 2022.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. (Ed.). **Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116 p. (Sistema de Produção, 6).

PAIVA, E. C. **Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no Semiárido Cearense**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PALLANT, J. F; TENNANT, A. An introduction to the rasch measurement model: an example using the hospital anxiety and depression scale (HADS). **British Journal of Clinical Psychology**, [s.l/], v. 46, n. 1, p. 1-18, 2007.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA). **Plano estadual de recursos hídricos: resumo executivo e atlas**. Brasília, DF, 112p. 2006.

PASQUALI, L. Psicometria. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, [s.l/], v. 43, n. SPE, p. 992-999, 2009.

PENMAN, A. D. M. Shear characteristics of a saturated silt, measured in triaxial compression. **Geotechnique**, [s.l/], v. 3, n. 8, p. 312-328, 1953.

PEREIRA FILHO, I. A. (ed.). **Cultivo do milho**. 9. ed. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeprod+ucaolf6_lgalceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=+column-1&p_r_p_-%20996514994_topicoId=8658&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_p_mode=view. Acesso em: 16 jun. 2022.

PEREIRA, G. R.; SILVA JUNIOR, M. M. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordeste. *In: I CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO (CONADIS)*. 2018, Natal, RN. **Anais [...]**. Campina Grande, 2018. Disponível em:

https://editorarealize.com.br/revistas/conadis/trabalhos/TRABALHO_EV116_MD1_SA23_ID185_19112018114546.pdf. Acesso em: 3 jun. 2022.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

PEREIRA, J. A.; DE MORAIS, O. P; CASTRO, E. da M. Melhoramento genético do arroz de sequeiro no Nordeste do Brasil. *In: QUEIRÓZ, MA; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

PINHEIRO, J. C. D. **A realidade da mandioca no Maranhão**. 2. ed. São Luís: Editora Pascal, 2019.

POMPEU, A. S. Melhoramento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *In: BULISANI, E. A. (Coord.). Feijão: fatores de produção e qualidade*. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 1-28.

- PRAXEDES, A. L. F. **Sinergia e resiliência entre a seca e a produção agrícola de sequeiro no semiárido do Ceará**. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- PRETTY, J; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of botany**, v. 114, n. 8, p. 1571-1596, 2014.
- PRIMI, R. Inteligência: avanços nos modelos teóricos e nos instrumentos de medida. **Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 67-77, 2003.
- PROJETO ÁRIDAS. **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste: GT II - Recursos hídricos: relatório consolidado**. Brasília, DF: SEPLAN, 1994. 177 p.
- RAO, C. S. *et al.* Climate resilient rainfed agriculture. **Indian Farming Agriculture**, Hyderabad, v. 66, n. 2, p. 02 - 06, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304131389_Climate_Resilient_Rainfed_Agriculture_Status_and_Strategies. Acesso em 14 maio 2022.
- RAO, C. S.; GOPINATH, K. A. Resilient rainfed technologies for drought mitigation and sustainable food security. **MAUSAM**, [s. l.], v. 67, n. 1, p. 169–182, 2016. DOI: 10.54302/mausam.v67i1.1174. Disponível em: <http://103.215.208.102/index.php/MAUSAM/article/view/1174>. Acesso em: 19 maio 2022.
- RAO, C. R; SINHARAY, S. **Handbook of statistics 26: Psychometrics**. Amsterdam: Elsevier. 2007.
- ROCHA, S. F; LEMOS, J. J. S; CAMPOS, R. T. Simulações de sustentabilidade na produção de alimentos da agricultura familiar do estado do Maranhão. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí-RS, v. 20, n. 58, p. 1-17, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/67289>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- ROOSEVELT, A. C. *et al.* Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. **Science**, [s.l.], v. 272, n. 5260, p. 373- 384, 1996.
- ROSENZWEIG, C., HILLEL, D. Climate change, agriculture, and sustainability. *In*: LAL, R. N; UPHOFF, B. A; STEWART; D.O. HANSEN (eds.) **Climate change and global food security**, 1. ed. London, UK: CRC Press. 2005. p. 243-268
- ROSSATO, L. *et al.* Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. **Frontiers in Environmental Science**, [s.l.], v. 5, n. 15, p. 1 - 16, 2017.
- SÁ, I. B., FOTIUS, G. A., RICHÉ, G. R. Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico semiárido brasileiro *In*: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza, CE. **Anais ... Brasília**. DF: SEPLAN, 1994
- SAIN, G. *et al.* Costs and benefits of climate-smart agriculture: the case of the dry corridor in Guatemala. **Agricultural System**, [s.l.], v. 151, p. 163–173, 2017. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308521X16301160?token=C487081292FC0BA7B>

D4F2634480DBE1D227AEA24B4F2E18CAF2DA319E5AEF5FD270209A757031A9C221F25D56A1148B6&originRegion=us-east-1&originCreation=20230210234221. Acesso em: 17 jul. 2022.

SALVIANO, J. I. de A. **Relações entre instabilidades das chuvas e indicadores de produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense**, Brasil. 2021. 131 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

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**, Montes Claros/MG, v.18, n. 02, p. 371-394, jul./dez 2020, Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/2333/3343>. Acesso em 10 maio 2022.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 749-775, 2007.

SENA, A. *et al.* Managing the health impacts of drought in Brazil. **International Journal Environ Research and Public Health**, [s.l.], v. 11, n. 10, p. 10737-10751, 2014.

SENA, L. M. M. **Conheça e conserve a Caatinga** – o bioma Caatinga. v.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: 04 jun. 2022.

SIEBERT, H. **Economics of the environment: theory and policy**. Berlin: Springer, 2008.

SILVA, F. S. R. **Estratégias para redução de perda de solo em área experimental no semiárido**. 2019. 43f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7593>. Acesso em: 04 jun. 2022.

SILVA, J. F. B. A. *et al.* Construção de um índice de desenvolvimento sustentável e análise espacial das desigualdades nos municípios cearenses. **Revista de Administração Pública**, [s.l.], v. 52, n. 1, p. 149-168, 2018.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. *In*: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JR., R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000, p.170-213.

SILVA, O. F; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/961699>. Acesso em: 03 jul. 2022.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. *In*: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e**

inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/861906>. Acesso em: 22 maio 2022.

SILVA, S. T. A. **Influência do El Niño: oscilação sul na distribuição espacial e temporal da precipitação no Estado da Paraíba**. 1996. 77f. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia), Curso de Mestrado em Meteorologia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II - Campina Grande – Paraíba – Brasil, 1996.

SILVA, V. M. A. *et al.* O desastre seca no Nordeste brasileiro. **Polêm!ca**, [s.l.] v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013. Disponível em:
<https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6431/4857>. Acesso em: 19 maio 2023.

SOUZA, V. S. *et al.* Utilização da metodologia de Box & Jenkins na previsão do preço futuro pago as exportações paranaenses de madeira serrada. *In: ENCONTRO DE ECONOMIA PARANAENSE*, 5, 2007, Paraná. **Anais [...]**. Paraná: UFPR, 2007. Disponível em:
http://www.ecopar.ufpr.br/artigos/a7_091.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

STANKE, C *et al.* Health effects of drought: a systematic review of the evidence. **PLOS Current Disasters**, [s.l.], v. 1, n.5, 2013.

STOCK, J. H; WATSON, M. W. **Econometria**. São Paulo: Addison Wesley, 2004. 485 p.

SUDENE. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Disponível em:
<http://www.sudene.gov.br/>. Acesso em: 10 maio 2022.

TARGINO, I.; MOREIRA, E. Agricultura familiar na Paraíba: perfil com base no censo agropecuário de 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 51, suplemento especial, p. 133-154, 2020.

TAVARES, V. C.; DE ARRUDA, I. R. P.; DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

TEIXEIRA, C. T. M.; PIRES, M. L. L. S. Análise da relação entre produção agroecológica, resiliência e reprodução social da agricultura familiar no sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 47-64, 2017.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2013: the physical science basis. *In: STOCKER, T. F. et al. (Ed.). Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. *In: P.R. SHUKLA, J et al. (Ed). Climate change 2022: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em:
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, [S. l], v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTON *et al.*, P. Climate change and poverty in Africa: mapping hotspots of vulnerability. **African Journal of Agricultural and Resource Economics**, [S. l], v. 2, n. 1, p. 24-44, 2008.

THOMPSON, B. Exploratory and confirmatory factor analysis: understanding concepts and applications. **Applied Psychological Measurement**. Washington, v. 10694, n. 000, 2004.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). **Aridity definition** (UN documents), New York. 1979. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/unesco/resources/publications/>. Acesso em 04 jun. 2022.

UNITED NATIONS. **United Nations Environment Management Group**. New York. 2011. Disponível em: <https://unemg.org/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

VILLA, M. A. **Vida e morte no sertão: histórias das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX**. São Paulo: Editora Ática, 2001.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. **Water international**, [S. l], v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy. **Weather and climate extremes**, [S. l], v. 3, p. 4-13, 2014.

WOLI, P. *et al.* Agricultural reference index for drought (ARID). **Agronomy Journal**, [S. l], v. 104, n. 2, p. 287-300, 2012.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics: a modern approach**. 6. ed. Boston: Cengage learning, 2015.

World Commission on Environment and Development (WCED). SPECIAL WORKING SESSION. **Our common future**, v. 17, n. 1, p. 1-91, 1987.