



Sinergias entre instabilidade pluviométrica e a produção de lavouras alimentares de sequeiro no semiárido do estado do Ceará - Brasil

Synergies between rainfall instability and the production of rainfed food crops in the semi-arid region of Ceará state - Brazil

DOI: 10.55905/revconv.16n.7-027

Recebimento dos originais: 05/06/2023

Aceitação para publicação: 05/07/2023

Jamile Ingrid de Almeida Salviano

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER - UFC)

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Fortaleza - CE, Brasil

E-mail: jamileingrid@gmail.com

José de Jesus Sousa Lemos

Doutor em Economia Rural pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Fortaleza – CE, Brasil

E-mail: lemos@ufc.br

Espedito Cezário Martins

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Caprinos e Ovinos

Endereço: Sobral - CE

E-mail: espedito.martins@embrapa.br

RESUMO

A pesquisa tenta responder ao seguinte questionamento: como interagem as pluviometrias e as instabilidades pluviométricas com as variáveis definidoras da produção das lavouras alimentares de sequeiro estudadas nas oito (8) regiões climáticas classificadas pela FUNCEME para o estado do Ceará? Para responder a esta questão utilizaram-se série de pluviometria anual cobrindo o período de 1974 a 2019, e séries de produtividades de valores da produção de lavouras alimentares de sequeiro: feijão, mandioca e milho para o mesmo período. Para buscar a interação entre as pluviometrias e as suas instabilidades foi criado o índice de sinergia (SIN), que agrega as variáveis utilizando o método de análise fatorial com a técnica de decomposição em componentes principais. O SIN conseguiu capturar as diferenças entre as oito regiões cearenses e, a partir dele, foi possível fazer a hierarquia dessas regiões em ordem decrescente. Portanto, a pesquisa, além de responder à questão que a motivou, mostrou como se comportaram as variáveis utilizadas para definir as produções das lavouras nas regiões climáticas, além de capturar-lhes as instabilidades.

Palavras-chave: semiárido cearense, instabilidade pluvial, instabilidade das lavouras de sequeiro, produção agrícola, agricultura de sequeiro.



ABSTRACT

The research tries to answer the following question: how do rainfall and rainfall instabilities interact with the defining variables of the production of rainfed food crops studied in the eight (8) climatic regions classified by FUNCEME for the state of Ceará? To answer this question we used series of annual rainfall covering the period 1974 to 2019, and series of productivity values of the production of rainfed food crops: beans, cassava and corn for the same period. To seek the interaction between the rainfall and their instabilities the synergy index (SIN) was created that aggregates the variables using the factor analysis method with the principal component decomposition technique. The SIN was able to capture the differences between the eight regions of Ceará and, from it was possible to make the hierarchy of these regions in descending order. Therefore, the research, besides answering the question that motivated it, showed how the variables used to define the crop yields in the climatic regions behaved, besides capturing the instabilities.

Keywords: Ceará semi-arid, pluvial instability, instability of dryland crops, agricultural production, dryland agriculture.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido do Brasil alcança todos os nove (9) estados do Nordeste e parte do estado de Minas Gerais e Espírito Santo. De acordo com a última classificação do semiárido brasileiro feita pelo conselho deliberativo da Sudene (SUDENE, 2017), o Ceará tem 171 dos seus 184 municípios reconhecidos como fazendo parte do semiárido brasileiro.

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

A instabilidade pluvial se constitui em importante definidor da produção agrícola do estado do Ceará, afetando sobretudo as culturas praticadas pelos agricultores familiares. Assim, são dependentes das oscilações e do volume de chuvas. Portanto, a instabilidade pluviométrica, que se constitui uma regra no semiárido nordestino, é um fenômeno que está diretamente relacionado às instabilidades relacionadas com a produção das lavouras de sequeiro, como as de



feijão, mandioca e milho, culturas alimentares praticadas, majoritariamente, por agricultores familiares e que representam as principais atividades na produção agrícola regional (LEMOS *et al* 2020).

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

As condições agressivas do clima semiárido, caracterizado por apresentar chuvas concentradas, no geral, nos primeiros três a quatro meses do ano e, com um consequente longo período em estiagem, com umidade relativa do ar sempre baixa, dificultam as práticas agrícolas, sobretudo quando exercidas sem o uso de tecnologias adequadas. Além disso, o estado do Ceará não é homogêneo de um ponto de vista de revestimento florístico, relevo, condições de solo e de clima. Há diferenças, sobretudo, nas precipitações pluviométricas nas diferentes partes do estado, tanto que a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) promoveu uma regionalização do estado classificando-o em oito (8) regiões climáticas.

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

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



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

De maneira específica o estudo busca: a) adaptar ao período de 1974 a 2019 a classificação de chuvas definida por Lemos e Bezerra (2019) e conferir os anos de ocorrência de períodos de estiagem, normalidade e chuvoso; b) aferir as instabilidades pluviométricas e das variáveis que definem as produções de feijão, mandioca e milho no Ceará; c) aferir as interações existentes entre as instabilidades de chuvas e a produção de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses e nas oito (8) regiões climáticas definidas pela FUNCEME para o Ceará no período de 1974 a 2019; e d) hierarquizar as oito (8) regiões climáticas do Ceará em relação às interações entre as instabilidades pluviométricas e a produção de feijão, mandioca e milho entre 1974 e 2019.

Este trabalho está escalonado em quatro seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção situa-se a metodologia, bem como as fontes dos dados que foram utilizados para a sua concretização. Na terceira seção mostram-se e se discutem os resultados para, finalmente, na quarta seção serem apresentadas as conclusões da pesquisa.

2 METODOLOGIA

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

Informa-se que foi preciso retirar quarenta e cinco (45) municípios cearenses da amostra, pois estes foram emancipados entre as décadas de 1980 e 1990, não tendo, portanto, as séries das informações completas. As variáveis utilizadas na pesquisa são: CH_{it} = precipitação anual de chuvas em milímetros no i -ésimo ($i = 1, 2, 3, \dots$) município do Ceará entre os anos de 1974 e



2019; PR_{ijt} = produtividade observada da cultura j , no município i no período de 1974 a 2019;
 VP_{ijt} = valor da produção da cultura j , no município i entre os anos de 1974 e 2019.

2.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

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

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

No que tange a Divisão Político-Administrativa, o Ceará é composto por cento e oitenta e quatro (184) municípios. A regionalização atual dos municípios adotada pela Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG) é composta por quatorze (14) Regiões de Planejamento, assim definidas: Cariri, Centro Sul, Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão dos Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe. O estado também possui duas (2) Regiões Metropolitanas (Fortaleza e Cariri) e dezoito (18) microrregiões administrativas (IPECE, 2021).

A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020) também fez uma regionalização dos municípios cearenses observando os critérios pluviométricos. Por esses fundamentos, a Funceme subdividiu o estado do Ceará em oito (8) regiões, mostradas no Quadro 1 e na Figura 1. Essas são as regiões estudadas nesta pesquisa.



Quadro 1 - Regiões Climáticas do Ceará de acordo com a FUNCEME com os totais de municípios e as quantidades estudadas nesta pesquisa

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

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

Figura 1 - Regiões climáticas do Ceará



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

2.2 MÉTODO DE ANÁLISE

2.2.1 Metodologia utilizada para alcançar o primeiro objetivo específico

O trabalho realizado por Lemos e Bezerra (2019) classificou as chuvas do Ceará em três períodos: escassez, normalidade e chuvoso. Para fazer essa classificação, os autores utilizaram as pluviometrias observadas entre 1947 e 2019, calcularam a pluviometria média para o período e o desvio padrão, e classificaram os períodos da quadra chuvosa no Ceará. Os valores utilizados para fazerem as definições dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso para o estado estão mostrados no Quadro 2. Aplicam-se esses limites para cada um dos municípios estudados no



período em análise.

Quadro 2 - Definições dos períodos com respectivas amplitudes para o estado do Ceará entre 1947 e 2019

Períodos	Amplitude de variação	Limites observados para o Ceará entre 1974 e 2019
Estiagem	Pluviometria < (Média - ½ Desv. Padrão	Pluviometria < 656,10 mm
Normal	Pluviometria = (Média ± ½ Desv. Padrão	656,10 ≤ Pluviometria ≤ 927,70
Chuvoso	Pluviometria > (Média + ½ Desv. Padrão	Pluviometria > 927,70

Fonte: Lemos; Bezerra, 2019.

2.2.2 Metodologia utilizada para alcançar o segundo objetivo específico

Para avaliar a estabilidade/instabilidade associada à precipitação, foi utilizado o coeficiente de variação (CV). Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio padrão e a média de uma variável aleatória. O Coeficiente de (CV) é amplamente utilizado como medida de variação pelos investigadores nas disciplinas aplicadas como finanças, engenharia, climatologia e variabilidade em experiências agrícolas. Uma vantagem associada ao CV é o fato de permitir a comparação entre variáveis de natureza e medida diferentes (GOMES, 1985; GARCIA, 1989; HAMER et al., 1995; NAIRY E RAO, 2003; SANTOS E DIAS, 2021).

Quanto menor for o CV, mais homogênea, ou mais estável, será a distribuição das observações da variável em torno da sua média (Nairy e Rao, 2003). Para utilizar o CV como medida do grau de estabilidade/instabilidade de uma distribuição é necessário algum conhecimento sobre a definição dos seus valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu limites para a classificação dos CVs na experimentação agrícola. Estas são as referências utilizadas neste estudo (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação do CV de acordo com sua amplitude

Classificação do CV	Amplitude do CV
Baixo	CV < 10%
Médio	10% ≤ CV < 20%
Alto	20% ≤ CV < 30%
Muito Alto	CV ≥ 30%

Fonte: Gomes (1985).

2.2.3 Metodologia utilizada para alcançar o terceiro objetivo específico

De forma a aferir a sinergia entre as precipitações de chuvas dos municípios com as produtividades e com os preços de feijão, mandioca e milho o estudo desenvolve o Índice de sinergia (SIN). Para construir o SIN a pesquisa faz uso do método de Análise Fatorial (AF) via



procedimento de Decomposição em Componentes Principais (DCP). Em seguida, está apresentada uma síntese dessa metodologia que se aplica a este estudo.

2.2.3.1 Breve resumo do procedimento de análise fatorial no que se aplica a este estudo

Os fundamentos técnicos da análise fatorial estão na correlação entre as variáveis que são utilizadas. Para que a técnica seja viável é necessário que a matriz de correlação entre as variáveis não seja uma identidade (BROOKS, 2003; THORNTON et al, 2008; HAHN, 2009; FÁVERO et al, 2009; GUILLAUMONT; SIMONET, 2011).

Basicamente, a análise fatorial (AF) pode ser desdobrada nas etapas a seguir: a) análise da matriz de correlações e adequações da utilização do método; b) extração dos fatores iniciais e determinação do número de fatores; c) rotação dos fatores, quando são extraídos mais de um fator; e d) interpretação dos fatores que inclui a possibilidade de gerar pesos a partir dos escores fatoriais estimados (FÁVERO et al, 2009).

Para que seja feita a AF da maneira adequada é preciso efetuar os seguintes passos: analisar a matriz de correlações, confirmando que não se trata de matriz identidade; verificar a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO); realizar o teste de esfericidade de Bartlett; e avaliar o percentual de explicação da variação acumulada dos componentes estimados. As variáveis são transformadas na normal padronizada, que tem média zero e variância unitária. Com esse procedimento, são neutralizadas as diferenças de unidades de medidas em que as variáveis originais estão aferidas.

O método utilizado para extração dos fatores foi a decomposição em componentes principais, que tem como característica a busca por uma combinação linear das variáveis observadas, de forma a maximizar a variância total explicada (FÁVERO et al, 2009).

Da exposição da metodologia depreende-se que apenas será possível aplicá-la se as variáveis envolvidas interagirem ou apresentarem sinergias. Assim, caso as estimativas das estatísticas envolvidas assegurem que a AF pode ser processada, já é a garantia da utilidade do método para esse tipo de estudo. Portanto, ele se adequa para avaliar a sinergia que se busca entre a pluviometria, as produtividades e os valores da produção por hectare das lavouras de sequeiro no Ceará.



2.2.3.2 Procedimentos metodológicos para consolidar as estimativas do Índice de sinergia (SIN)

A elaboração de um indicador sintético, como o proposto neste trabalho, envolve a necessidade de se trabalhar com várias unidades de medida, o que ocasiona um problema no momento da consolidação das informações. Portanto, colocá-los em uma mesma escala é parte importante no processo de construção de um índice. Nessa perspectiva, a técnica que será utilizada é a Max-Min ou transformação 0-1 para padronizar os índices estimados.

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

$$SIN = (X - X_{MÍN}) / (X_{MÁX} - X_{MÍN}) \quad (1)$$

Na Equação (1) o índice de sinergia (SIN) terá variação entre zero (0) e um (1). Quando mais próximo de um (1) maior a sinergia entre a pluviometria e as variáveis que definem as produções das lavouras estudadas: produtividades e valores da produção de feijão, mandioca e milho. Espera-se que maiores valores do SIN estejam associados aos períodos de normalidade pluviométrica e chuvoso, e os menores valores estejam associados aos períodos de estiagem.

2.2.4 Metodologia utilizada para alcançar o quarto objetivo específico

Tendo sido estimado o Índice de sinergia (SIN) para o estado do Ceará, se agregam os seus valores para as oito (8) regiões climáticas estabelecidas pela FUNCEME. Testa-se a hipótese de que os SIN são estatisticamente iguais, contra a hipótese alternativa de que são diferentes nas oito regiões cearenses. Para realizar esse teste, utilizam-se de variáveis dummies tal como demonstrado na Equação (2):

$$Y_r = \beta_0 + \beta_1 D1 + \beta_2 D2 + \beta_3 D3 + \beta_4 D4 + \beta_5 D5 + \beta_6 D6 + \beta_7 D7 + \xi_{ir} \quad (2)$$

A variável Y_k se refere ao SIN associado à r -ésima região ($r = 1, 2, \dots, 8$) em que está dividido o Ceará. As variáveis binárias D_r ($r = 1, 2, \dots, 7$) são definidas da seguinte forma: $D1 = 1 =$ região do Cariri; $D1 = 0$ nas demais regiões; $D2 = 1 =$ região de Ibiapaba; $D2 = 0$ nas demais



regiões; $D3 = 1$ = região de Jaguaribana; $D3 = 0$ nas demais regiões; $D4 = 1$ = região Litoral de Fortaleza; $D4 = 0$ = nas demais regiões; $D5 = 1$ = região Litoral de Pecém; $D5 = 0$ nas demais regiões; $D6 = 1$ = região Litoral Norte; $D6 = 0$ nas demais regiões; $D7 = 1$ = região Maciço de Baturité; $D7 = 0$ nas demais regiões; $D1 = D2 = D3 = D4 = D5 = D6 = D7 = 0$ = região do Sertão Central e Inhamuns.

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

O coeficiente linear β_0 afere o SIN médio da região do Sertão Central e Inhamuns. Sendo estatisticamente diferente de zero, implica que o índice médio dessa região é diferente do índice das demais regiões. Caso se aceite a hipótese de que os coeficientes angulares sejam diferentes de zero, implicará que os índices, conforme seja a variável do lado esquerdo da Equação (2), são estatisticamente diferentes.

Usando-se essas informações, é possível fazer a hierarquia, em ordem crescente ou decrescente, das regiões climáticas do Ceará em relação ao índice de sinergia (SIN).

Vale ressaltar que da forma em que é estimado nesta pesquisa, o SIN se aplica apenas aos 139 municípios estudados e agrupados nas oito regiões climáticas. Avalia de forma comparativa a forma como as variáveis interagem na sua construção, e tem a utilidade de se construir ranking dos municípios estudados ou das regiões climáticas, como é o caso desta pesquisa (BRIGUGLIO, 2003; SALVIANO et al, 2020; SOUSA et al, 2022).

3 RESULTADOS

3.1 RESULTADOS OBTIDOS PARA O PRIMEIRO E SEGUNDO OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entre 1974 e 2019 a pluviometria média dos 184 municípios do Ceará foi de 788,27 mm com um coeficiente de variação de 35,40%, portanto, muito alto, segundo a classificação de Gomes (1985). Os limites criados no trabalho de Lemos e Bezerra (2019) para as definições dos períodos de pluviometria mostraram que aconteceram 14 períodos de estiagem, 16 de normalidade e 13 que foram classificados como chuvosos. A pluviometria média estimada para o período de estiagem foi de 525,58 mm com CV de 17,41%, para o período de normalidade foi



de 759,71 mm com CV de 10,96%. Por outro lado, a precipitação média de chuvas estimada para o período chuvoso foi de 1132,76 mm, com um CV considerado alto, na classificação de Gomes (1985), da ordem de 21,91%. Os CV estimados para os períodos de estiagem e normalidade são classificados como médios, também na classificação de Gomes (1985).

Estimaram-se as médias e os coeficientes de variação (CV) para as pluviometrias, produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses estudados e nos períodos climáticos. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados que mostram as médias e os coeficientes de variação das pluviometrias observadas nos municípios estudados das oito regiões climáticas do Ceará entre 1974 e 2019.

Tabela 1 - Estimativas das médias e coeficientes de variação (CV) dos anos de ocorrências dos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso nas Regiões e no Estado do Ceará no período de 1974 a 2019

Regiões	Estiagem			Normal			Chuvoso		
	Media (mm)	CV (%)	Anos	Media (mm)	CV (%)	Anos	Media (mm)	CV (%)	Anos
Cariri	548,4	14,3	11	797,1	9,7	18	1161,7	18,4	17
Ibiapaba	510,7	20,1	12	783,4	10,0	20	1264,8	23,8	14
Jaguaribana	479,3	24,4	21	788,9	9,8	13	1187,7	20,7	12
Litoral de Fortaleza	545,4	12,1	7	792,3	9,4	28	1395,1	25,5	11
Litoral do Pecém	499,3	24,9	16	787,1	10,7	18	1255,9	21,6	12
Litoral Norte	496,0	26,3	11	786,5	10,1	22	1335,6	26,5	13
Maciço do Baturité	404,5	23,1	7	810,6	9,3	28	1339,6	23,1	11
Sertão Central e Inhamuns	476,7	24,6	26	767,6	9,5	13	1156,3	18,2	7

Fontes: FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

Das evidências mostradas na Tabela 1 depreende que, no geral, prevaleceram em maior quantidade, os anos com normalidade pluviométrica. As exceções ficaram para os municípios da região do Sertão Central e Inhamuns, que tiveram 26 dos 46 anos de observações com períodos de estiagem e Jaguaribana que experimentou 21 anos de estiagem no período observado (Tabela 1).

Observa-se também, como era esperado, que os anos chuvosos aconteceram em menor quantidade em todas as regiões. Além disso, os anos chuvosos e de estiagem apresentaram as maiores instabilidades, aferidas pelo coeficiente de variação. Com efeito, foi na região Litoral Norte que se observou a maior instabilidade pluviométrica nos anos chuvosos (CV de 26,5%) e nos anos de estiagem (CV de 26,3%).



A Tabela 2 mostra os resultados referentes aos valores médios e coeficientes de variação (CV) das pluviometrias, das produtividades e dos valores da produção de feijão, mandioca e milho em todos os municípios estudados entre os anos de 1974 e 2019.

Tabela 2 - Médias e coeficientes de variação (CV) estimados para as pluviometrias, produtividades e preços de feijão, mandioca e milho nos municípios cearenses estudados entre 1974 e 2019

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

Fontes: FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

Constata-se pelas evidências mostradas na Tabela 2, que as médias das chuvas das produtividades e dos valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho são inferiores no período de estiagem no Ceará entre 1974 e 2019, como foi a suposição desta pesquisa, e são sempre maiores nos anos chuvosos. Observa-se também que todos os resultados obtidos de CV, exceto para o valor da produção por hectare de mandioca (com uma diferença de apenas 0,5% do período normal), foram maiores no período de estiagem, sinalizando assim que, além das pluviometrias apresentarem as menores médias, também apresentam, no geral, as maiores instabilidades nas variáveis estudadas para a definição das lavouras de sequeiro,

Os CV associados às variáveis que definem as produções das lavouras são, majoritariamente, considerados muito altos, dado que, em grande parte, apresentaram valores acima de 30%. Resultados que corroboram com as suposições feitas na construção desta pesquisa, de que existe uma sinergia entre as instabilidades pluviométricas e aquelas observadas nas variáveis definidoras da produção das lavouras de sequeiro no semiárido do Ceará (Tabela 2).

3.2 RESULTADOS OBTIDOS PARA O TERCEIRO E QUARTO OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para aferir as interações existentes entre as instabilidades climáticas e as variáveis que definem as produções de feijão, mandioca e milho nos períodos definidos nesta pesquisa bem como nas regiões climáticas criadas pela FUNCEME, utilizou-se a Análise Fatorial (AF) com a



técnica de Decomposição em Componentes Principais (DCP) para construir o Índice de sinergia (SIN). Os resultados que levaram a estimação dos escores fatoriais para a construção do índice estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados encontrados para a busca das interações existentes entre as variáveis que compõem o índice de sinergia (SIN)

Variáveis	Componentes	Coefficientes dos Escores Fatoriais
Pluviometria	0,862	0,150
Produtividade do feijão	0,962	0,168
Produtividade da mandioca	0,942	0,164
Produtividade do milho	0,916	0,160
Valor da produção/ha feijão	0,911	0,159
Valor da produção/ha mandioca	0,786	0,137
Valor da produção/ha milho	0,945	0,165
KMO		0,826
Teste de Bartlet (qui-quadrado)		4688,474
Significância		0,000
Variância Explicada		81,948

Fontes: FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

Como se depreende das evidências mostradas na Tabela 3, as sete (7) variáveis utilizadas no estudo foram reunidas em um único fator. Os ajustamentos alcançados se mostraram robustos, de um ponto de vista estatístico. Essas informações podem ser confirmadas, tendo em vista que o teste de qui-quadrado de Bartlett sugere que é rejeitada a hipótese da matriz de correlação entre as variáveis estudadas ser uma identidade. A estatística estimada para o KMO, de 0,826, bem como a variância explicada de 81,948% complementam o bom nível de ajustamento encontrado nessa fase da pesquisa.

Mostram-se também na Tabela 3 as magnitudes de saturação de cada variável com o fator isolado na pesquisa, assim como os coeficientes gerados por regressão para a construção dos escores fatoriais de onde se gerou o índice de sinergia (SIN). O SIN é construído dessa forma para todos os municípios e varia entre zero (0) e um (1). Com base nos indicadores agregados para as regiões, o SIN é estimado para cada região e a sua interpretação é equivalente à feita para os municípios.

Na Tabela 4 se mostram os resultados dos ajustamentos utilizados para testar se os índices de sinergia estimados eram numérica e estatisticamente diferentes entre as oito regiões climáticas criadas pela Funceme para o Ceará, no período estudado. As evidências mostradas nessa tabela permitem hierarquizar, de forma decrescente (ou crescente) as regiões climáticas em que a



Funceme dividiu o Ceará. Vale lembrar que a leitura e a interpretação do SIN se dá apenas de forma ordinal.

Tabela 4 - Resultados encontrados para os ajustamentos definidos na equação 2

Variáveis	Coef.	Sign.	SIN
Constante	0,563	0,000*	0,463 ^F
D1	0,112	0,000*	0,575 ^A
D2	0,025	0,040**	0,488 ^E
D3	0,078	0,015**	0,541 ^C
D4	0,049	0,0247**	0,512 ^D
D5	0,001	0,985 ^{NS}	0,464 ^F
D6	0,001	0,991 ^{NS}	0,464 ^F
D7	0,106	0,008*	0,569 ^B

*significativamente diferente de zero a menos de 1% de erro; **significativamente diferente de zero a no máximo 4% de erro; NS não significativamente diferente de zero a pelo menos 98,5% de erro.

Nota: Os superíndices indicam a hierarquia (ordem decrescente) das médias dos SIN observados nas regiões cearenses entre 1974 e 2019, em que numérica e estatisticamente estão hierarquizados: A > B > C > D > E > F.

Fontes: FUNCEME (vários anos) e IBGE (vários anos).

Observa-se na Tabela 4 que a região climática do Cariri apresentou a maior média para o SIN (0,575). Cariri foi uma das regiões que tiveram menor quantidade de anos de estiagem (11 anos) e que apresentou a maior média pluviométrica para esse período (548,4 mm). Essa região também apresentou o maior número de anos do período chuvoso (17 anos). Também no Cariri se observaram as menores instabilidades pluviométricas medidas pelo CV nos períodos de estiagem e chuvoso. Também nessa região observou-se a maior média pluviométrica entre 1974 e 2019: 872,4mm.

Por outro lado, no outro extremo, a região Sertão Central e Inhamuns, que apresentou a menor magnitude do SIN (0,463), teve a maior quantidade de anos com períodos de estiagem (26 anos). Foi nessa região que se observou a menor média em todo o período analisado (662,3 mm)

A Tabela 4 mostra ainda que as regiões climáticas do Litoral do Pecém, Litoral Norte, Sertão Central e Inhamuns apresentaram as menores médias do SIN, dentre todas as regiões estudadas. Desta forma, alcançou-se a seguinte hierarquia para as oito regiões climáticas cearenses de acordo com as magnitudes e diferenças estatísticas do SIN: Cariri > Maciço de Baturité > Jaguaribana > Ibiapaba > Litoral de Fortaleza > Litoral do Pecém = Litoral Norte = Sertão Central e Inhamuns.

4 CONCLUSÕES

A pesquisa buscou captar a forma como as precipitações de chuvas e, em decorrência a



instabilidade dessas precipitações, interagiram com as produções das lavouras de feijão, mandioca e milho nos municípios do estado do Ceará, com desdobramentos para as oito regiões climáticas criadas para o estado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). A pesquisa cobriu os anos de 1974 a 2019. O estudo classificou as pluviometrias dos municípios e das regiões em três períodos: estiagem, normalidade e chuvoso, com base em pesquisa anterior realizada em 2019 para o estado do Ceará.

Para capturar a interação entre as variáveis utilizadas para definir as produções das lavouras de sequeiro feijão, mandioca e milho, majoritariamente cultivada pelos agricultores cearenses, com as pluviometrias observadas para os municípios e, de forma agregada, para as regiões climáticas, o estudo criou o índice de sinergia (SIN). Para tanto utilizou o método de análise fatorial com decomposição em componentes principais. Esse índice, que é utilizado para ordenar as regiões climáticas, varia entre zero e um. Na medida em que se aproxima de um, melhores são os resultados agregados das pluviometrias com as variáveis estudadas.

Com o SIN foi possível hierarquizar as oito regiões em ordem decrescente. Observa-se que a região do Cariri, que apresentou a maior pluviometria média no período estudado, a menor instabilidade pluviométrica e a menor quantidade de anos em que ocorreram chuvas no período de estiagem, foi a que se posicionou na parte superior do ranking elaborado a partir do SIN. Por outro lado, a região Sertão Central e Inhamuns apresentou a menor média pluviométrica no período estudado e a maior incidência de anos em que as pluviometrias foram classificadas no período de estiagem, ficou na última posição do ranking.

Confirmando a suposição básica que norteou a elaboração da pesquisa, todas as variáveis utilizadas para definir as produções de feijão, mandioca e milho apresentaram os menores valores nos períodos de estiagem. Observou-se também que foram nesses períodos que aconteceram alguns dos maiores níveis de instabilidades (aferidas pelos respectivos coeficientes de variação) das variáveis estudadas.

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

A conclusão geral da pesquisa é que há sinergias entre as pluviometrias, as produtividades e os valores da produção por hectare das lavouras de sequeiro no Ceará. Conclui-se também, tal como eram as expectativas, que as pluviometrias e as variáveis que definem aspectos técnicos



(produtividade) e aspectos econômicos (valor da produção por hectare) de feijão, mandioca e milho apresentam movimentação conjunta na mesma direção e sentidos. Nos períodos de menores pluviometrias as variáveis associadas à produção apresentam menores valores, nos anos de melhores pluviometrias acontece o contrário. Observou-se que essa sinergia não fica restrita apenas às produções, mas as suas instabilidades. Desse modo, as instabilidades pluviométricas se irradiam para as variáveis associadas às produções de feijão, mandioca e milho.

Acredita-se que os resultados do estudo podem sinalizar para os agricultores cearenses acerca dos riscos que assumem ao cultivarem essas lavouras de sequeiro. Riscos que não são novidades para eles, pois as tecnologias utilizadas na produção dessas lavouras que ocupam praticamente todos os agricultores familiares cearenses são bastante carentes, e os agricultores têm dificuldades em acessar recursos para incrementar a sua produção.

Acredita-se que as evidências encontradas na pesquisa podem ser úteis para ajudar o Governo do estado do Ceará e as Prefeituras Municipais no sentido de buscarem alternativas de cultivares mais produtivos dessas lavouras (haja vista que não se trata de os agricultores as abandonarem) e o provimento de assistência técnica, extensão, fomento rural e acesso a programas de crédito rural assistidos como o PRONAF. Essas medidas podem ajudar os agricultores a incrementarem as suas já elevadas capacidades adaptativas às dificuldades que se lhes apresentam no cultivo das lavouras de sequeiro no Ceará.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Integração Regional. **Delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília. 2005. Disponível em: <http://www.asabrazil.org.br/UserFiles/File/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf>. Acesso em 16/08/2020.

_____. 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: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 22/10/2020.

BRIGUGLIO, L. **The vulnerability index and small island development states: a review of conceptual and methodological issues**. Msida, Malta. 2003. Disponível em: http://www.um.edu.mt/__data/assets/pdf_file/0019/44137/vulnerability_paper_sep03.pdf.

BROOKS, Nick. **Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Working Paper**. Tyndall centre for Climate Change Research. 2003. Disponível em: <www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/working_papers.shtml>. Acesso em: 23/03/2020.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia; SILVA, Fabiana Lopes; CHAN, Betty Lilian. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2009, p. 641.

FUNCEME. Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos. **Calendários das chuvas no estado do Ceará**. Vários anos. Disponível em: <funceme.br/app-calendario/anual/municipios/media>. Acesso em: 18/09/2020.

_____. Fundação Cearense de Metodologia e Recursos Hídricos. **Produtos e Serviços**. 2020. Disponível em: <<http://www.FUNCEME.br/>>. Acesso em: 10/11/2020.

Garcia, C.H. (1989). **Tables for classifying the coefficient of variation**. Piracicaba: IPEF, (Circular técnica, 171).

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

GUILLAUMONT, Patrick; SIMONET, Catherine. To What Extent are African Countries Vulnerable to Climate Change? Lessons from a New Indicator of Physical Vulnerability to Climate Change. **FERDI Working Paper**, n.08, 2011.

HAHN, Ruder. The ethical rational of business for the poor: integrating the concepts bottom of the pyramid, sustainable development and corporate citizenship. **Journal of Business Ethics**, v. 84, n. 3, p. 313-324, 2009.

HAMER, A.J. ET AL; (1995). A new method of comparative bone strength measurement,



Journal of Medical Engineering & Technology, 19:1, 1-5, doi:10.3109/03091909509030263.

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

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

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Banco SIDRA. Rio de Janeiro. Vários anos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/PA/A/Q>>. Acesso em: 01/08/2020.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Regional**. 2021. Disponível em: <<http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-regional.xhtml>>. Acesso em 25/04/2021.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Municípios Suscetíveis à Desertificação no Estado do Ceará**. Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Municipios_Desertificacao.pdf>. Acesso 21/09/2020.

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

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

NAIRY, K. SUBRAHMANYA; RAO, K. ARUNA (2003). **Tests of Coefficients of Variation of Normal Population, Communications in Statistics - Simulation and Computation**, 32:3, 641-661, DOI: 10.1081/SAC-120017854

PEREIRA, G. R. **Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordestino**. 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conadis/trabalhos/TRABALHO_EV116_MD1_SA23_ID185_19112018114546.pdf>. Acesso em 05/09/2020.

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

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, v. 18, n. 02, p. 371-394, 13 nov. 2020.



SANTOS, C., DIAS, C. **Note on the coeficiente of variation properties** (2021). Brazilian Electronic Journal of Mathematics, v.2 - n.4, jul/dez, 2021. ISSN: 2675-13. Available in: <https://seer.ufu.br/index.php/BEJOM/article/view/58062/31341>.

SOUSA, E.C.; CAMPOS, K.C. LEMOS, J.J.S. LESSA, L.C.R. **instabilidade pluviométrica na produção agrícola de sequeiro no estado do Piauí**. Revista de Economia e Agronegócio – REA, v. 20, n. 2, 2022.

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

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