



SINERGIAS ENTRE AS INSTABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS E A PRODUÇÃO DE LAVOURAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO CEARENSE

SYNERGIES BETWEEN RAINFALL INSTABILITY AND PRODUCTION OF RAINFED CROPS IN THE SEMIARID CEARENSE

SINERGIAS ENTRE INSTABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS Y LA PRODUCCIÓN DE HERRAMIENTAS DE MAQUINARIA EN LA CEARENSE SEMIÁRIDA

Jamile Ingrid de Almeida Salviano  

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: <ljamileingrid@gmail.com>.

Antônia Luana Fernandes Praxedes  

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: <luana.praxedes.eng@gmail.com>.

José de Jesus Sousa Lemos  

Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: <lemos@ufc.br>.

RESUMO

Feijão, mandioca e milho são lavouras de sequeiro cultivadas no semiárido em todos os 184 municípios do Ceará. Pentecoste e Sobral são municípios cearenses situados nas áreas semiáridas susceptíveis à desertificação, sendo a instabilidade temporal e espacial das chuvas uma característica do semiárido. A pesquisa compara as precipitações de chuvas no Ceará e nesses municípios entre os anos de 1974 e 2018. Avalia se as pluviometrias do estado e dos municípios podem ser classificadas em padrão definido na pesquisa. Elaboram-se testes estatísticos para avaliar se as pluviometrias interagem com as produtividades e valor da produção por hectare das lavouras no período estudado no Ceará, em Pentecoste e Sobral. As produtividades e valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho são agregadas usando método de análise fatorial. Os dados são da FUNCEME e IBGE. Os resultados mostram que as pluviometrias do estado e dos municípios podem ser classificadas de acordo com o padrão testado. Observa-se também que em Pentecoste e Sobral houve maior incidência de anos com estiagem do que no Ceará. A conclusão geral da pesquisa é que há



sinergias entre as instabilidades das pluviometrias com as produtividades das lavouras de sequeiro no Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018.

Palavras-chave: Desertificação. Secas. Produção de alimentos. Agricultura familiar. Vulnerabilidades na agricultura familiar.

ABSTRACT

Beans, cassava and corn are rainfed crops grown in the semiarid of the 184 Ceará State municipalities. Pentecoste and Sobral are municipalities located in the semi-arid areas susceptible to desertification in Ceará. Temporal and spatial instability of rainfall is characteristic of the semiarid. The research compares rainfall in Ceará and these municipalities between the years 1974 and 2018. It makes tests in order to observe whether the State and municipal rainfall can be classified in a pattern defined in the survey. Statistical tests are also developed to assess whether rainfalls interact with yields and production value per hectare of crops in the period studied in Ceará, Pentecoste and Sobral. Productivities and production values per hectare of beans, cassava and corn are aggregated using the factor analysis method. The data are from FUNCEME and IBGE. The results show that the state and municipal rainfall can be classified according to the tested standard. It is also observed that in Pentecoste and Sobral there was a higher incidence of years with drought than in Ceará. The general conclusion of the research is that there are synergies between the instabilities of rainfall and the productivity of rainfed crops in Ceará, Pentecoste and Sobral between 1974 and 2018.

Keywords: Desertification. Drought. Production of food. Family farming. Vulnerabilities in family farming.

RESUMEN

Los frijoles, la yuca y el maíz son cultivos de secano cultivados en semiáridos en los 184 municipios de Ceará. Pentecoste y Sobral son municipios ubicados en las zonas semiáridas susceptibles de desertificación. La inestabilidad temporal y espacial de la lluvia es característica de los semiáridos. La investigación compara las precipitaciones en Ceará y estos municipios entre los años 1974 y 2018. Evalúa si las precipitaciones estatales y municipales se pueden clasificar en un patrón definido en la encuesta. Las pruebas estadísticas se desarrollan para evaluar si las precipitaciones interactúan con los rendimientos y el valor de producción por hectárea de cultivos en el período estudiado en Ceará, Pentecoste y Sobral. Las productividades y los valores de producción por hectárea de frijoles, yuca y maíz se agregan utilizando el método de análisis factorial. Los datos son de FUNCEME e IBGE. Los resultados muestran que las precipitaciones estatales y municipales se pueden clasificar de acuerdo con el estándar probado. También se observa que en Pentecoste y Sobral hubo una mayor incidencia de años con sequía que en Ceará. La conclusión general de la investigación es que existen sinergias entre las inestabilidades de la lluvia y la productividad de los cultivos de secano en Ceará, Pentecoste y Sobral entre 1974 y 2018.

Palabras-clave: Desertificación. Secado. Producción y alimentación. Agricultura familiar. Vulnerabilidades en la agricultura familiar.

INTRODUÇÃO

O Ceará é o Estado brasileiro que detém a maior área relativa inserida no Semiárido. Nesse Estado constatam-se dificuldades do exercício de atividades agrícolas tanto na produção vegetal como animal, que são impostas pela irregularidade pluviométrica e pelas elevadas taxas de evapotranspiração do semiárido, que prevalece em praticamente todo o seu território (FERREIRA, 2015; IPECE, 2018).

No semiárido brasileiro de um modo geral, e no Ceará, especificamente, prevalecem atividades agrícolas que dependem exclusivamente das precipitações de chuvas. São as lavouras de sequeiro que têm bastante relevância para a agricultura local, tanto na formação da renda das famílias rurais como na geração de segurança alimentar, sobretudo nas unidades agrícolas familiares (UAF). Nesse Estado, não é comum o uso de tecnologias que fomentam maiores produtividades como irrigação, mecanização, 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 (FISCHER et al, 2002; ROSENZWEIG et al, 2005; THORNTON et al, 2008; PEREIRA, 2018; COSTA FILHO, 2019).

Em razão desse quadro, imaginou-se avaliar como se comportam as variáveis definidoras da produção de feijão, mandioca e milho 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.

A suposição norteadora do trabalho é que deve haver interações entre as instabilidades pluviométricas e as produções de lavouras de sequeiro no semiárido. Por essas razões, este trabalho objetiva avaliar como a instabilidade pluviométrica interage com produção de lavouras alimentares de sequeiro nos municípios cearenses de Sobral e Pentecoste, comparativamente ao que aconteceu no Estado do Ceará entre 1974 e 2018.

Como objetivos específicos a pesquisa buscou: a) aferir, comparativamente as médias das precipitações de chuvas nos municípios de Pentecoste, Sobral em relação ao que aconteceu no Ceará no período entre 1974 e 2018; b) avaliar se as precipitações observadas no

Ceará, Pentecoste e Sobral, no período de 1974 e 2018, mantêm o padrão de distribuição estimado para o Ceará entre os anos de 1947 e 2017, que classificou os períodos de chuvas do estado em: estiagem, chuvoso e de normalidade; c) aferir as instabilidades pluviométricas, das produtividades e dos valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho no Ceará, em Pentecoste e Sobral ; d) avaliar a sinergia entre a pluviometria e as produtividades da terra e dos valores da produção de feijão, mandioca e milho entre 1974 e 2018.

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

Semiárido Brasileiro

O Semiárido brasileiro reúne como características principais, dentre outras: temperaturas elevadas e precipitação pluviométrica média anual predominantemente inferior a 800 milímetros com regime irregular de chuvas tanto no tempo como no espaço. Abrange áreas que incorporam dois biomas: a Caatinga e o Cerrado. Ambos caracterizados como florestas tropicais secas (ANDRADE et al, 2020). Trata-se de uma região marcada por grandes carências de recursos hídricos, o que compromete seriamente a condição de vida da população, que possui baixo desenvolvimento socioeconômico. Há a predominância de solos inviáveis ou que têm dificuldades de serem adaptados às atividades agrícolas (BRASIL, 2007).

Em 2005, o Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (CONDEL/SUDENE) reconheceu 1.133 municípios incluídos no semiárido. Em 2017, o mapa foi revisado e passou a contar com 1.262 municípios oficialmente reconhecidos e, portanto, em condições de terem acesso aos recursos do Fundo Constitucional de Desenvolvimento do Nordeste (FNDE). Com esse novo reconhecimento, o semiárido brasileiro passou a incorporar todos os estados do Nordeste brasileiro, o que não acontecia até a penúltima revisão. O Estado do Ceará que possuía 150 municípios reconhecidos oficialmente como incluídos no semiárido brasileiro no ano de 2005, em 2017, passou a ter

175 (95%) dos seus 184 municípios reconhecidos oficialmente como inseridos nesse regime climático (BRASIL,2017).

Dentre os municípios cearenses reconhecidos oficialmente como incluídos no semiárido, estão Pentecoste e Sobral, que também estão inseridos nas áreas do entorno do Núcleo I (Irauçuba/Centro Norte) de Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD), com níveis de ocorrência muito grave/grave de desertificação.

Para Mirzabaev (2019), a combinação de pressões advindas da variabilidade e mudanças climáticas e da desertificação contribui para a queda de renda, elevação da pobreza, insegurança alimentar e aumento de doenças, bem como, potencialmente, contribui para a ocorrência de conflitos. Esse autor ressalta que a desertificação incentiva à migração e que as mulheres são mais impactadas que os homens pela degradação ambiental, particularmente nas áreas com maior dependência dos meios de subsistência agrícolas. A história do semiárido brasileiro está intimamente relacionada com as secas, cujos efeitos se apresentam nas mais variadas formas, seja pelo aumento do desemprego rural, fome, pobreza, ou seja, pela consequente migração das áreas afetadas (MARENGO, 2011).

Instabilidade Pluviométrica e Produção de Sequeiro no Semiárido

O Nordeste brasileiro, por encontrar-se em grande parte inserido nos climas semiárido e subúmido seco, apresenta elevadas temperaturas, um baixo índice pluviométrico, além de precipitações irregulares concentradas no início do ano e altas taxas de evapotranspiração. Essa interação de eventos cria óbices para o desenvolvimento de práticas agrícolas (ANGELOTTI et al, 2009). A combinação das alterações do clima pode levar a crises com potenciais catastróficos, sendo os mais vulneráveis os agricultores familiares que cultivam lavouras de sequeiro. Assim, a ocorrência de seca no período chuvoso (fevereiro a maio) ou a ocorrência de chuvas intensas sempre têm impactos na produção da lavoura de sequeiro (MARENGO, 2011).

O regime de sequeiro é um sistema de plantio que consiste em cultivar lavouras que dependem da precipitação de chuvas. Quando a pluviosidade é insuficiente para o desenvolvimento de culturas, transmite instabilidade para a produção dessas lavouras. A ocorrência de um elevado número de dias com alto déficit hídrico (relação entre a evaporação e a pluviometria) na quadra chuvosa, que ocorre em geral de fevereiro a maio, é caracterizado

como “veranico” ou “seca verde” e pode ter impacto devastador na produção das lavouras alimentares cultivadas em regime de sequeiro.

Para Costa Filho (2019), essas lavouras são cultivadas para gerar segurança alimentar e renda para as famílias em praticamente todos os municípios cearenses. Em geral não utilizam tecnologias modernas, como sementes melhoradas e de agroquímicos em geral. Por essa sinergia de eventos apresentam baixa produtividade.

Nesse grupo estão as lavouras de feijão, mandioca e milho, que são majoritariamente cultivadas no semiárido, em geral, e no Ceará em particular. Essas culturas, assim como todas as cultivadas em regime de sequeiro, são dependentes das oscilações e do volume de chuvas. Portanto, a instabilidade pluviométrica, temporal e espacial, que tão bem caracteriza o semiárido nordestino, é uma variável que está diretamente relacionada com as dificuldades dos cultivos das lavouras de sequeiro (COSTA FILHO, 2019).

METODOLOGIA

A pesquisa utiliza dados secundários que constam de informações de precipitações pluviométricas divulgadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2020), além de observações do banco de dados do IBGE/SIDRA, cujas variáveis agrícolas são levantadas junto a Pesquisa Agrícola Municipal, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). As variáveis utilizadas na pesquisa estão mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas na pesquisa

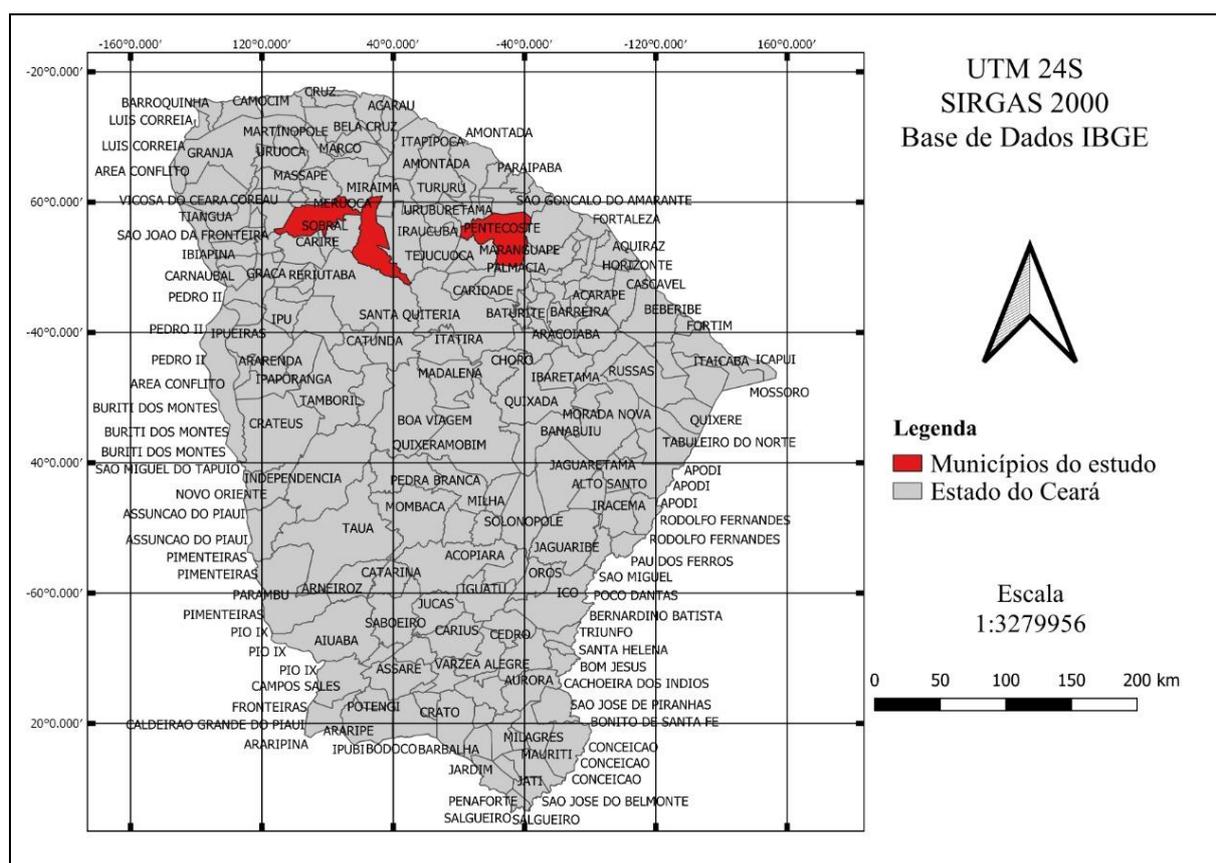
Variável		Descrição
Exógena	C_{jt}	Precipitação média anual de chuvas (mm) no Ceará, Pentecoste e Sobral, no período de 1974 a 2018
Endógenas	A_{it}	Área colhida (ha) da i-esima cultura ($i = 1, 2, 3$) no município j ($j = 1, 2$) e no Estado no ano t ($t = 1974, \dots, 2018$)
	R_{ijt}	Produtividade da terra (kg/ha) da cultura i, no município j, e no Ceará no ano t
	P_{ijt}	Preço médio (R\$) da cultura i, no município j, no Ceará no ano t, corrigido pelo IGP-DI para valores de 2018
Construídas	Q_{ijt}	Produção anual (ton) da cultura i, no município j, e no Ceará no ano t.
	V_{ijt}	Valor anual da produção da cultura i, no município j, no Ceará no ano t, corrigido pelo IGP-DI para valores de 2018

Fonte: Definições feitas pelos Autores da pesquisa, 2020.

Caracterização da área de estudo

O presente estudo se desenvolve no estado do Ceará e nos municípios de Pentecoste e Sobral (Figura 1), localizados no semiárido cearense e classificados como pertencentes às ASD, estando inseridas nas áreas do entorno do Núcleo I - Irauçuba/Centro Norte (IPECE, 2018). As informações dos municípios serão confrontadas com as do Ceará, para efeito de comparação.

Figura 1 - Municípios de Sobral e Pentecoste



Fonte: Autores, 2020.

Características do município de Pentecoste

De acordo com o IPECE (2017), Pentecoste é um município localizado ao Norte do Estado do Ceará, faz limite ao Norte com os municípios de São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu e Umirim. Ao Sul as fronteiras são com Apuiarés, Paramoti, Caridade e Maranguape. Ao Leste com São Gonçalo do Amarante, Caucaia e Maranguape.

fronteiras com Umirim, Itapajé, Tejuçuoca e Apuiarés. Ocupa uma área relativa de 0,93% da área total do estado e fica distante 88 km da capital Fortaleza.

O município possui clima Tropical Quente Semiárido, Úmido e Subúmido, com temperaturas médias que variam entre 26° e 28°. A pluviosidade média é de 817,7 mm e o período chuvoso ocorre de janeiro a abril (IPECE, 2017). Segundo o IBGE (2017), a população do município é de 37.077 habitantes. O PIB do município em 2017 foi de R\$ 404.996.631, com PIB *per capita* de R\$ 10.923,12, que equivalia a 97% do salário mínimo anualizado de 2017 (IBGE, 2017). As principais atividades agrícolas desenvolvidas em Pentecoste são culturas alimentares de feijão, mandioca, milho, e, de forma secundária, monoculturas de banana e coco (IPECE, 2017).

Características do município de Sobral

Sobral está localizado no Noroeste do Ceará, faz limite ao Norte com os municípios de Miraíma, Santana do Acaraú, Massapé, Meruoca e Alcântaras. Ao Sul com Cariré, Groaíras Forquilha e Santa Quitéria. Ao Leste os limites são com Irauçuba e Miraíma. Ao Oeste com Coreaú e Mucambo. Ocupa uma área relativa de 1,43% da área total do Estado do Ceará e fica distante 206 km de Fortaleza (IPECE, 2017).

O município apresenta clima Tropical Quente Semiárido, com temperaturas médias que variam entre 26° e 28°. A pluviosidade média é de 821,6 mm e o período chuvoso ocorre de janeiro a maio (IPECE, 2017). Quanto aos aspectos demográficos e econômicos, segundo o IBGE (2017), possui uma população de 205.529 e PIB de R\$ 4.455.730.998 com PIB *per capita* de R\$ 21.679,33, que equivalia a 1,93 salários mínimos em 2017. As principais atividades agrícolas são culturas de subsistência de feijão, mandioca e milho, e monoculturas de algodão, cana-de-açúcar e frutas diversas.

Metodologia para alcançar o primeiro objetivo específico

Para avaliar se há diferença entre as pluviometrias do Ceará, Pentecoste e Sobral utilizam-se testes de contraste de média. No estado e nos municípios haverá uma série de pares (X_1, Y_1) ; (X_2, Y_2) e (Y_1, Y_2) , em que os X_i , Y_i representam, respectivamente emparelhados, as pluviometrias anuais do Ceará, Pentecoste e Sobral entre os anos de 1974 e

2018. Para definir o número de contrastes a serem testados, utiliza-se métodos de análise combinatória. O total de contrastes serão tantos quantos sejam as combinações do número de variáveis, duas a duas. Escreve-se: C_N^k . Neste caso, $N = 3$ (Ceará, Pentecoste e Sobral) e $k = 2$ (os pares que definem os contrastes). Então, são obtidas três (3) combinações de contrastes: Ceará e Pentecoste; Ceará e Sobral; Pentecoste e Sobral.

O objetivo desse teste é descobrir se há diferenças significativas entre as médias de cada dois grupos a serem testados. Na definição dos contrastes, o primeiro termo da diferença está associado à variável que tem maior média. Assim, define-se μ_x a variável de maior média, e μ_y é definida como a que tem a menor média e estabelece-se a hipótese nula a seguir:

$$H_0: \mu_x - \mu_y = \theta \quad (1)$$

Caso se suponha que $\theta = 0$, estará sendo testada a igualdade entre as duas médias, como mostrado na equação (1). Dessa forma, se for rejeitada a hipótese nula, implicará que há diferenças significativas entre as médias das variáveis X e Y e, neste caso, escreve-se a hipótese alternativa H_1 que estabelece:

$$H_1: \mu_x \neq \mu_y \quad (2)$$

Em relação à utilização do teste de comparação de médias na presente pesquisa, não é possível conhecer os verdadeiros desvios padrões de X e Y, mas é possível estimá-los. Define-se a variável “ \bar{D} ” como a diferença média estimada de acordo com o contraste indicado na equação (3). Obtém-se as estimativas σ_x e σ_y para os desvios padrões das duas variáveis. Estima-se o desvio padrão para a diferença entre as médias do contraste “ S_d ” e, com o valor de n (número de anos observados, que vem a ser o número de pares do contraste), se define a equação (3) que testa se há diferenças significativas entre as médias:

$$t_c = (\bar{D} - \theta) / S_d (\sqrt{n})^{-1} \quad (3)$$

Na equação (3), o quociente definido por t_c tem distribuição “t” de *Student*. As regras de decisão estão apresentadas a seguir. Sendo t_c valor calculado na pesquisa; t_t o valor tabelado da estatística de “*Student*” para um determinado número de graus de liberdade e nível de significância estatística:

Se $t_c < t_t$: Aceita-se a hipótese nula (H_0);

Se $t_c > t_t$: Rejeita-se a hipótese nula (H_0).

Maiores detalhes sobre os testes de contrastes de médias podem ser encontrados em Bisquerra et al (2004) e Fávero et al (2009).

Metodologia para alcançar o segundo objetivo específico

Lemos e Bezerra (2019) estimaram categorias de pluviometria para o Estado do Ceará, enquadrando-os em períodos de estiagem, normalidade e chuvoso, a partir de uma série que se estende de 1947 a 2017. Os autores calcularam a média da precipitação de chuvas naquele período. Estimaram também o desvio padrão e estabeleceram os critérios de definição dos períodos. O enquadramento das pluviometrias é feito segundo o que está mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação da pluviometria no semiárido cearense considerando a média e o desvio padrão (DP) da distribuição de chuvas observada entre 1947 e 2017

Período	Intervalo de Variação	Amplitudes de Variação
Estiagem	Pluviometria < (Média - ½ DP)	Menor do que 656,1 mm
Normalidade	Pluviometria = (Média ± ½ DP)	656,1 mm a 927,7 mm
Chuvoso	Pluviometria > (Média + ½ DP)	Acima de 927,7 mm

Fonte: Lemos e Bezerra, 2019.

Verifica-se se esses períodos de estiagem, chuvoso e de normalidade pluviométrica podem ser replicados para Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018. O teste utilizado para alcançar esse objetivo faz uso de variáveis binárias (D_1 e D_2) e busca estimar se há diferenças estatisticamente significantes para os regimes pluviométricos (C_{it}) do Ceará, Pentecoste e Sobral através da equação (4):

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \eta_t \quad (4)$$

Sendo: $D_1 = 1$ no período de estiagem; $D_1 = 0$ nos demais períodos; $D_2 = 1$ no período chuvoso; e $D_2 = 0$ nos demais períodos.

Caso o coeficiente linear β_0 seja estatisticamente diferente de zero e $D_1 = D_2 = 0$, a sua magnitude será a pluviometria média do período de normalidade. Caso o coeficiente angular β_1 seja estatisticamente diferente de zero, significa que a média da pluviometria ocorrida no período de estiagem é diferente das médias dos demais períodos. Como se espera que essa média seja a menor dos três períodos, então esse coeficiente deve ter sinal negativo.

Por outro lado, se o coeficiente angular β_2 for estatisticamente diferente de zero, significa que a pluviometria no período chuvoso é diferente daquela dos demais períodos. Espera-se que tenha sinal positivo e que seja maior do que β_0 .

O termo η_t é o ruído aleatório, que se supõe ser “branco”. Isso implica que deve ter média zero, variância constante e não ser autorregressivo. Caso seja possível se assimilar essas suposições, os parâmetros da equação podem ser estimados utilizando a técnica dos mínimos quadrados ordinários (WOOLDRIDGE, 2011).

De forma a analisar o comportamento das distribuições de chuvas no Ceará, em Pentecoste e Sobral durante o período investigado, tenta-se enquadrar os regimes de chuvas dos municípios e do estado em períodos de estiagem, chuvoso e normalidade pluviométrica, tendo como referência o que aconteceu no Ceará entre os anos de 1947 e 2017 (Quadro 2).

Metodologia para alcançar o terceiro objetivo específico

Para aferir instabilidades nas variáveis associadas à produção de feijão, mandioca e milho nos municípios e no estado, em cada um dos períodos de chuva, a pesquisa utiliza o Coeficiente de Variação (CV). Por definição o CV mede a relação percentual entre o desvio padrão e a média aritmética de uma variável aleatória. Segundo Gomes (1985), pode-se escalonar os CV associados a uma variável aleatória de acordo com as amplitudes apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação do CV de acordo com sua amplitude

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

Fonte: GOMES, 1985.

Para avaliar as instabilidades associadas às produtividades e aos valores da produção por hectare, optou-se pela agregação dessas variáveis no Estado e nos municípios estudados. A agregação se fez usando a média ponderada das variáveis para o Estado e para o

Sinergias entre as instabilidades pluviométricas e a produção de lavouras de sequeiro no semiárido cearense município. Para estimar os pesos utilizados na ponderação, utiliza-se método de análise fatorial com a técnica de decomposição em componentes principais.

Metodologia para alcançar o quarto objetivo específico

Para se avaliar a sinergia entre as produtividades e valores da produção por hectare de feijão mandioca e milho no Ceará, Pentecoste e Sobral, agregaram-se essas variáveis da forma que foi discutida na seção anterior. Afere-se a sinergia entre essas variáveis também se utilizando análise fatorial, através do procedimento de decomposição em componentes principais. Este procedimento possibilita a geração de escores que, multiplicados pelas variáveis observadas devidamente padronizadas, as transformam em variáveis ou fatores. Assim, desenha-se um Índice de Sinergia (INSI) que é composto por três indicadores: precipitação anual, produtividade agregada e valor da produção agregada por hectare de feijão, mandioca e milho no Ceará, Pentecoste e Sobral. Desse modo, define-se a equação do INSI da seguinte forma:

$$\text{INSI} = (F_t - F_{mn}) / (F_{mx} - F_{mn}) \quad (5)$$

Na equação (5), F_t é a variável gerada através dos escores fatoriais no ano t ; F_{mn} é o valor mínimo gerado por esse procedimento; F_{mx} é o valor máximo, também gerado por este procedimento. Definida dessa forma, o INSI afere a interação entre produtividade agregada, valor da produção agregada e precipitação de chuvas. Desse modo, o INSI pode ser definido como um indicador de resultados técnicos e econômicos associados às produções das lavouras de sequeiro analisadas. A sua variação fica entre zero (0) e um (1). Quanto mais próximo de zero, menores serão as precipitações de chuvas e, portanto, menores serão os resultados técnicos e econômicos das lavouras no estado ou nos municípios. Quanto mais próximo de um (1), melhores são os níveis de precipitação de chuvas e, por consequência, melhores são os resultados técnicos e econômicos.

Breve resumo do procedimento de análise fatorial que se aplica ao 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; LIRA et al, 2016).

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; 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; 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 aplicar a metodologia 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, Pentecoste e Sobral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compararam-se as estatísticas descritivas das localidades selecionadas com o Estado do Ceará, de forma a verificar o comportamento das pluviometrias nestes dois municípios que apresentam sinais de desertificação. Estes procedimentos atendem ao primeiro objetivo específico da pesquisa.

A Tabela 1 mostra que a média de pluviometria para o Ceará entre 1974 e 2018 foi de 790,6 mm, com CV de 37,2%. Comparando esse resultado para o mesmo período,

observa-se que a precipitação média de chuvas em Pentecoste foi de 727,5 mm, com CV de 44,9%. Em Sobral, a precipitação média de chuvas foi de 702,9 mm, com um CV de 45,4%. Como os coeficientes de variação dos dois municípios, assim como o do Estado, são considerados muito altos de acordo com a classificação de Gomes (1985), então confirma-se a elevada instabilidade na distribuição das chuvas ao longo dos anos estudados tanto no Ceará como em Pentecoste e Sobral. Como o CV do Ceará apresentou menor magnitude, depreende-se que as instabilidades pluviométricas de Pentecoste e Sobral superaram a observada no estado entre 1974 e 2018.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das precipitações pluviométricas dos municípios de Pentecoste e Sobral no período de 1974 a 2018

Estado/Municípios	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
Ceará	45	360,3	1773,4	790,6	316,5	37,2
Pentecoste	45	203,6	1721,4	727,5	326,6	44,9
Sobral	45	156,3	1590,9	702,9	318,9	45,4

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da Funceme, 2020.

Os resultados encontrados para os testes de contrastes de médias estão mostrados na Tabela 2. Observa-se que a diferença média das pluviometrias entre Ceará e Pentecoste foi de 165,4 mm, e a diferença entre as pluviometrias anuais do Ceará e Sobral foi de 190,0 mm, ambas estatisticamente diferentes de zero, como se depreende pelos resultados mostrado na Tabela 2. Contudo, Pentecoste e Sobral não tiveram pluviometrias diferentes de um ponto de vista estatístico entre os anos de 1974 e 2018, embora a diferença média entre os dois municípios tenha sido de 24,7 mm, em benefício de Pentecoste, no período investigado.

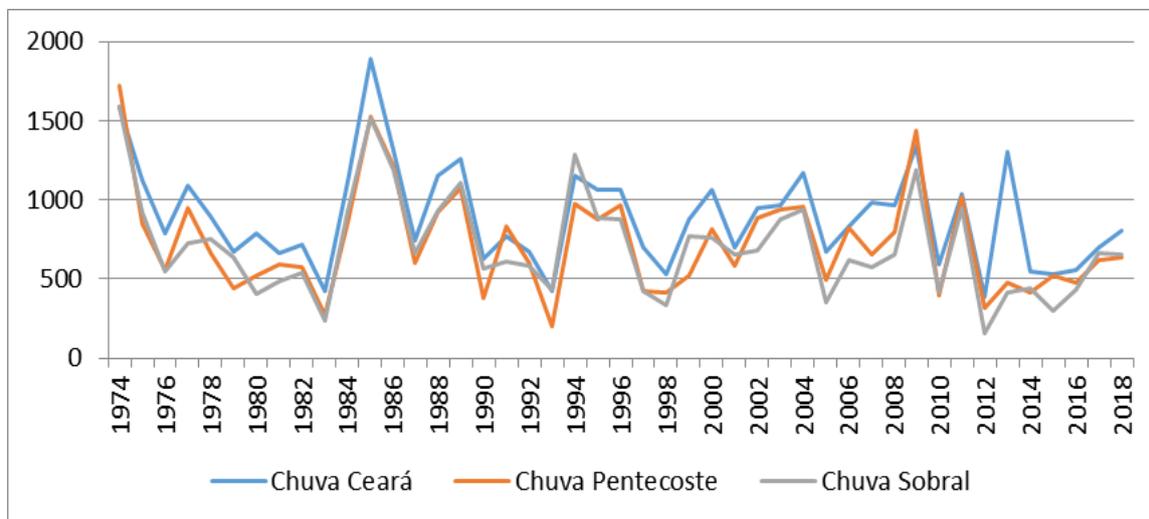
Tabela 2 - Resultados dos contrastes das diferenças entre as médias das pluviometrias do Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018

Contraste	Diferença média	Desvio padrão da diferença	Estatística t	GL	Sig.
Ceará – Pentecoste	165,43	149,08	7,44	44	0,000
Ceará – Sobral	190,02	153,67	8,30	44	0,000
Pentecoste – Sobral	24,60	128,75	1,28	44	0,207

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME, 2020.

No Gráfico 1 ilustram-se as trajetórias das pluviometrias observadas no Ceará, Pentecoste e em Sobral entre os anos de 1974 e 2018.

Gráfico 1 - Trajetórias das pluviometrias observadas no Ceará, Pentecoste e Sobral entre os anos de 1974 e 2018



Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME, 2020.

Resultados obtidos para o segundo objetivo específico

Para avaliar se os valores estimados para definir períodos de estiagem, chuvoso e normalidade, estimados para o Ceará por Lemos e Bezerra (2019) entre os anos de 1947 e 2017, se aplicam ao Ceará, Pentecoste e Sobral entre os anos de 1974 e 2018, usa-se variáveis binárias tal como definidas na Equação (4) apresentada na Seção de Metodologia desta pesquisa. Os resultados encontrados estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados das análises de regressão para testar diferenças de períodos pluviométricos no Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018

Estado/Município	Coeficientes estimados e significância estatística entre parênteses			
	R ²	Constante	D1	D2
Ceará	0,731	748,806 (0,000)	-236,417 (0,001)	430,559 (0,000)
Pentecoste	0,672	860,908(0,000)	-390,964(0,000)	199,123(0,014)
Sobral	0,761	780,255(0,000)	-304,036(0,000)	381,405(0,000)

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME, 2020.

As evidências apresentadas na Tabela 3 confirmam que as pluviometrias observadas para o Ceará, Pentecoste e Sobral, entre os anos de 1974 e 2018, podem ser enquadradas nos períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso, conforme havia sido proposto na pesquisa de Lemos e Bezerra (2019). Fazendo-se os cálculos das ocorrências desses períodos, observa-se que entre 1974 e 2018 aconteceram no Ceará dezesseis (16) anos (35,6%) com chuvas caracterizadas como estiagem; quinze (15) anos (33,3%) caracterizados como anos de normalidade pluviométrica; e quatorze (14) anos (31,1%) que podem ser qualificados como anos de períodos chuvosos (Tabela 4).

Tabela 4 - Anos de ocorrência, médias e coeficientes de variação (CV) das pluviometrias no Ceará, Pentecoste e Sobral de acordo com os períodos em que foram classificados na pesquisa

Estado/ Município	Estiagem			Normalidade			Chuvoso		
	Anos	Média (mm)	CV (%)	Anos	Média (mm)	CV (%)	Anos	Média (mm)	CV (%)
Ceará	16	518,05	17,27	15	746,74	11,38	14	1132,76	21,91
Pentecoste	24	485,99	24,33	10	830,54	8,51	11	1160,58	23,71
Sobral	24	476,22	29,15	11	792,68	12,84	10	1187,47	20,50

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME, 2020.

Entre 1974 e 2018 o município de Pentecoste teve vinte e quatro (24) anos (53,3%) de períodos de estiagem; dez (10) anos (22,2%) de normalidade pluviométrica; e onze (11) anos (24,5%) tendo pluviometria considerada como período chuvoso, de acordo com a classificação adotada neste estudo (Tabela 4).

O município de Sobral, por sua vez, teve vinte e quatro (24) anos (53,3%) com pluviometria classificada como estiagem; onze (11) anos (24,5%) considerados como de normalidade; e dez (10) anos (22,2%) com de período chuvoso. Portanto, as pluviometrias de Pentecoste e Sobral foram bastante parecidas como já se demonstrou no teste de contrastes de médias (Tabela 4).

Observa-se que apenas no Ceará a instabilidade pluviométrica do período de estiagem, avaliada pelos respectivos CV, não foram as maiores. No Estado o CV estimado para o período de estiagem foi de 17,27%, enquanto no período chuvoso o CV foi de 21,91%. Verifica-se ainda que tanto no Ceará como em Pentecoste e Sobral as instabilidades, aferidas pelos CV, são menores no período de normalidade (Tabela 4).

Resultados obtidos para o terceiro objetivo específico da pesquisa

Para atingir esse objetivo, primeiro agregaram-se as produtividades e os valores da produção por hectare de feijão, mandioca e milho. Para fazer essa agregação optou-se por empregar a média ponderada. Em vez de tomar pesos arbitrariamente iguais a 1/3 para cada indicador, optou-se por estimá-los através da sua interação. Por essa razão, utiliza-se análise fatorial mediante técnica de decomposição em componentes principais. Os resultados que levaram à estimação dos pesos estão mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Produtividade e valor da produção por hectare (VBP/ha) agregados de feijão, mandioca e milho no Ceará, Pentecoste e Sobral no período de 1974 a 2018

Variáveis	Produtividades Ceará (Kg/ha)		Produtividades Pentecoste (Kg/ha)		Produtividades Sobral (Kg/ha)	
	Escores	Pesos	Escores	Pesos	Escores	Pesos
Prod. Feijão	0,394	0,35	0,393	0,32	0,498	0,40
Prod. Mandioca	0,333	0,30	0,379	0,30	0,279	0,22
Prod. Milho	0,397	0,35	0,478	0,38	0,480	0,38
KMO	0,658		0,522		0,540	
Graus de Liberdade (GL)	GL= 3		GL= 3		GL= 3	
Qui-Quadrado (QQ)	QQ = 80,142		QQ = 32,279;		QQ = 28,282;	
	Sig = 0,000		Sig. = 0,000		Sig. = 0,000	
Variância explicada (%)	78,638		63,327		59,938	
Variáveis	VBP/ha Ceará (R\$/ha)		VBP/ha Pentecoste (R\$/ha)		VBP/ha Sobral (R\$/ha)	
	Escores	Pesos	Escores	Pesos	Escores	Pesos
VBP/ha de feijão	0,416	0,36	0,433	0,35	0,507	0,38
VBP/ha de mandioca	0,386	0,33	0,357	0,29	0,299	0,23
VBP/ha de milho	0,365	0,31	0,447	0,36	0,515	0,39
KMO	0,655		0,627		0,550	
Graus de Liberdade (GL)	GL= 3		GL= 3		GL= 3	
Qui-Quadrado (QQ)	QQ = 49,485;		QQ = 30,230		QQ = 15,706;	
	Sig = 0,000		Sig. = 0,000		Sig. = 0,001	
Variância explicada (%)	73,276		64,802		54,510	

Fonte: Resultados encontrados a partir dos dados do IBGE, vários anos.

Das evidências mostradas na Tabela 5, depreende-se que todos os ajustamentos foram satisfatórios de um ponto de vista estatístico. As estatísticas de KMO de qui-quadrado e as variâncias explicadas apresentaram valores que permitem utilizar os pesos gerados com base nessas âncoras, e que estão mostrados nesta tabela. Com base nesses pesos estimaram-se as produtividades e valores da produção agregados (de forma ponderada). Estimaram-se as

médias e os CV para o Ceará e municípios de Pentecoste e Sobral, conforme está demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação (CV) das produtividades e valores da produção agregadas de feijão, mandioca e milho no Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018

Produtividade agregada de feijão, mandioca e milho						
	Estiagem		Normalidade		Chuvoso	
Estado/ Município	Média (Kg/ha)	CV (%)	Média (Kg/ha)	CV (%)	Média (Kg/ha)	CV (%)
Ceará	1985,81	23,95	2752,40	13,77	2891,79	16,31
Pentecoste	2064,37	48,58	3320,08	30,41	3071,55	39,93
Sobral	1462,65	39,16	1514,08	47,17	1951,66	27,68
Valor da produção agregada de feijão, mandioca e milho						
	Estiagem		Normalidade		Chuvoso	
Estado/ Município	Média (R\$/ha)	CV (%)	Média (R\$/ha)	CV (%)	Média (R\$/ha)	CV (%)
Ceará	1232,20	24,26	1894,15	47,09	1854,66	42,54
Pentecoste	1676,86	67,19	2049,11	76,95	2513,96	86,48
Sobral	1054,02	34,97	1305,17	45,58	1574,71	39,73

Fonte: Resultados encontrados a partir dos dados do IBGE, vários anos.

Constata-se que as médias das produtividades agregadas, bem como dos valores agregados da produção por hectare de feijão, mandioca e milho são todos inferiores nos períodos de estiagem no Ceará, Pentecoste e Sobral entre 1974 e 2018. Na classificação de Gomes (1985) os CV são majoritariamente altos, ou muito altos, nas produtividades e nos valores da produção por hectare. Apenas as produtividades do Ceará nos períodos de normalidade e chuvoso apresentaram CV classificados como médios (Tabela 6). Resultados que corroboram com as suposições feitas na construção desta pesquisa, de que a instabilidade pluviométrica se irradia para as instabilidades da produção das lavouras de sequeiro tanto no Ceará como em Pentecoste e Sobral.

Resultados obtidos para o quarto objetivo específico da pesquisa

Para alcançar o quarto objetivo foi criado no estudo o Índice de Sinergia (INSI), que relaciona as pluviometrias com as produtividades agregadas e valores agregados da produção por hectare no Ceará e nos municípios. Os resultados obtidos na estimação dos componentes e dos escores fatoriais utilizados para gerar a variável utilizada na construção do índice estão mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Estatísticas obtidas pela decomposição em componentes principais para gerar os pesos que captam as sinergias entre as pluviometrias, as produtividades agregadas e os valores agregados da produção de feijão, mandioca e milho no Ceará, Pentecoste e Sobral

Variáveis	Ceará		Pentecoste		Sobral	
	Escores	Comp.	Escores	Comp.	Escores	Comp.
Chuvas	0,459	0,805	0,416	0,658	0,465	0,724
Produtividade agregada	0,456	0,800	0,512	0,810	0,440	0,686
VBP/Ha	0,389	0,682	0,444	0,702	0,482	0,750
KMO	0,628		0,577		0,615	
Graus de Liberdade (GL)	GL = 3		GL = 3		GL = 3	
Qui-Quadrado (QQ)	QQ = 17,424 Sig = 0,001		QQ = 10,964 Sig. 0,012		QQ = 7,519 Sig. 0,057	
Variância Explicada (%)	58,457		52,753		51,911	

Fontes: FUNCEME, 2020 e IBGE, vários anos.

As evidências apresentadas na Tabela 7 sugerem que os ajustamentos estatísticos utilizados sinalizam para o bom ajustamento, de um ponto de vista estatístico, do modelo de decomposição em componentes principais utilizado no estudo. Mais do que isso, confirmam que há sinergia entre os indicadores utilizados na composição do INSI. Isso é capitado pelos escores fatoriais (0,465; 0,440; e 0,482) e pelos componentes principais cujos valores foram: 0,724; 0,686; 0,750. O fato de todos os componentes e escores terem sinais positivos significa que as pluviometrias, as produtividades e os valores agregados da produção por hectare de feijão, mandioca e milho oscilam na mesma direção e sentido.

Os valores médios para os INSI do Ceará, Pentecoste e Sobral, bem como para os períodos de estiagem, normalidade e chuvoso estão mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Índices de Sinergia (INSI) estimados para o Ceará, Pentecoste e Sobral de forma integral e nos períodos de estiagem, normalidade e chuvoso entre 1974 e 2018

Estado/ Municípios	Geral		Estiagem		Normalidade		Chuvoso	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)
Ceará	0,53	45,00	0,30	57,79	0,56	22,28	0,74	22,68
Pentecoste	0,42	57,26	0,27	61,55	0,54	37,77	0,65	28,92
Sobral	0,44	50,45	0,29	52,32	0,45	31,44	0,70	23,61

Fontes: Funceme, 2020 e IBGE, vários anos.

Na Tabela 8 fica evidente que, em termos médios, as pluviometrias anuais observadas no Ceará, bem como as produtividades e valores agregados da produção de feijão,

mandioca e milho são, em média, maiores do que os observados em Pentecoste e em Sobral. Isto se reflete no maior INSI médio de 0,53. Além de maior, o INSI é mais estável no Ceará, como se lê no CV = 45% no Estado, do que nos municípios: CV = 57,26% em Pentecoste e CV = 50,45% em Sobral. Evidencia-se também que nos períodos de estiagem o índice de sinergia apresenta menores valores, captando as menores precipitações pluviométricas, produtividades agregadas e valores da produção agregados por hectare. Também no período de estiagem a instabilidade do INSI, medida pelo CV, é maior do que nos demais períodos, corroborando com as expectativas que nortearam a confecção deste trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou captar a forma como as precipitações de chuvas interagem nas produções das lavouras de feijão, mandioca e milho no Ceará e nos municípios de Pentecoste e Sobral, situados no entorno das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) no Estado.

A proposta do estudo foi alcançada, visto que os resultados confirmaram a hipótese inicial de que é possível transferir para o período de 1974 a 2018 a classificação das chuvas em períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso. Confirma-se também que a instabilidade pluviométrica que se observou nos municípios estudados e no Estado, entre os anos de 1974 e 2018, é maior nos anos que apresentaram níveis de pluviometria caracterizados como anos de estiagem. Esses períodos foram observados em 24 dos 45 anos estudados, tanto em Pentecoste quanto em Sobral. No Ceará, aconteceram períodos de estiagem em dezesseis (16) anos entre 1974 e 2018.

O trabalho conclui que as produções dessas lavouras de sequeiro no Estado do Ceará, em Pentecoste e em Sobral 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 das lavouras de sequeiro. Conclui-se também, tal como eram as expectativas, que as pluviometrias e as variáveis que definem aspectos técnicos (produtividade) e aspectos econômicos (valor da produção por hectare) de feijão, mandioca e milho apresentam movimentação conjunta na mesma direção (sinais iguais) e sentidos. Nos períodos de menores pluviometrias as variáveis associadas à produção apresentam menores valores, nos anos de melhores pluviometrias acontece o contrário. Observou-se que essa

sinergia não fica restrita apenas às produções, mas às suas instabilidades. As instabilidades pluviométricas se irradiam para as associadas às produções de feijão, mandioca e milho.

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

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Os autores também agradecem as valiosas sugestões dos pareceristas anônimos desta Revista.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lara Almeida; DANTAS, Marcelino Soyinks. Áreas protegidas e sociobiodiversidade no Semiárido brasileiro. **Anuário Antropológico**, [S./l], n. I, p. 69-96, 2020.

ANGELOTTI, Francislene; SÁ, Iêdo Bezerra; MELO, Roseli Freire. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro. **Embrapa Semiárido**; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. Cap. 3, p.41-49.

BISQUERRA, Rafael; SARRIERA, Jorge; MATÍNEZ, Francesc. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto Alegre. Bookman Editora, 2009.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil**. Brasília, 2007.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br>>. Acesso em: 18/02/2020.

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. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017delimitacaodosemiario-DOU.pdf>>. Acesso em: 18/02/2020.

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.

COSTA FILHO, João. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em ASD no semiárido do estado do Ceará**: casos de Irauçuba e Tauá. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Economia Rural), MAER/Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2019.

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.

FERREIRA, Mirele Paula da Silva. **Alterações de atributos de solos submetidos ao pousio em núcleo de desertificação**. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2015.

FISCHER, Gunther; SHAH, Mahendra; VAN VELTHUIZEN, Harrij. **Climate change and agricultural vulnerability**. Johannesburg: International Institute for Applied Systems Analysis to World Summit on Sustainable Development, Special Report, 2002.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Portal Hidrológico do Ceará**. 2020. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/hidro-ce-zend/app/pagina/show/186>>. Acesso em: 20/04/2020.

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

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, Rudger. The ethical rationale of business for the poor: integrating the concepts bottom of the pyramid, sustainable development and corporate citizenship. **Journal of Business Ethics**, [S.l.], v. 84, n. 3, p. 313-324, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2017. Disponível em: <<https://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01/03/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/PA/A/Q>>. Acesso em: 01/02/2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Municípios Suscetíveis à Desertificação no Estado do Ceará**. 2018. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Municipios_Desertificacao.pdf>. Acesso em: 03/02/2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Municipal**. 2017. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>>. Acesso em 03/02/2020.

LEMOS, José de Jesus Sousa; BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues. Instabilidade pluviométrica e expectativas na produção de grãos no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019.

LIRA, Jaqueline Saraiva; LEMOS, José de Jesus Sousa; LIMA, Patrícia. Capacidade de recuperação da agricultura familiar do Nordeste Brasileiro: uma análise para o período de 1990-2012. **Revista Econômica do Nordeste**, [S.l.], v. 47, n. 4, p. 107-121, 2016.

MARENCO, José Antônio et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. v. 1. Campina Grande: IJUSA, 2011. Cap. 13. p. 383-422.

MIRZABAEV, Alisher et al. Desertification. In: INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change and Land**. [S. l.: s. n.], 2019. cap. 3, p. 249-306.

PEREIRA, Guilherme Reis. **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_SA_2_3_ID185_19112018114546.pdf>. Acesso em: 17/01/2020.

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

THORNTON, Philip et al. 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.

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

Autores

Jamile Ingrid de Almeida Salviano – É Graduada em Economia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Atualmente é Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Antônia Luana Fernandes Praxedes – É Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE, Quixadá). Atualmente é Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

José de Jesus Sousa Lemos – É Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA); Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Doutor em Economia Rural pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Pós-Doutor em Economia dos Recursos Naturais, pela Universidade da Califórnia (EUA). Atualmente é Professor Titular do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (DEA/UFC).

Artigo recebido em: 08 de maio de 2020.

Artigo aceito em: 29 de outubro de 2020.

Artigo publicado em: 13 de novembro de 2020.