

INTERAÇÃO ENTRE AS INSTABILIDADES ESPACIAL E TEMPORAL DA PLUVIOMETRIA NA PRODUÇÃO DE LEITE NO CEARÁ

José de Jesus Sousa Lemos¹

ORCID: [0000-0002-2169-1360](https://orcid.org/0000-0002-2169-1360)

Elizama Cavalcante de Paiva²

ORCID: [0000-0002-5917-8060](https://orcid.org/0000-0002-5917-8060)

João da Costa Filho³

ORCID: [0000-0003-4703-1667](https://orcid.org/0000-0003-4703-1667)

Fabricio José Costa de Holanda⁴

ORCID: [0000-0001-5557-8457](https://orcid.org/0000-0001-5557-8457)

1 Professor Titular e Coordenador do Laboratório do Semiárido da Universidade Federal do Ceará (UFC)

lemos@ufc.br

2 Doutoranda em Economia Rural (UFC)

elizamapaiva@yahoo.com.br

3 Doutorando Em economia Rural (UFC)

joaprainha@hotmail.com

4 Mestre em Economia Rural (UFC)

costfabra@gmail.com

Recebido em: 20/12/2021

Aceito em: 26/09/2022

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo geral avaliar como se deu a sinergia entre a pluviometria anual e as variáveis definidoras na produção dos 20 municípios com maior produção leiteira do Ceará, entre os anos de 1973 e 2020. O estudo usou dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos e das Pesquisas Pecuárias Municipais do IBGE, para o período investigado. As chuvas dos municípios foram organizadas em períodos de seca, de normalidade e chuvoso, observando critérios estatísticos. Foi criado o índice de instabilidade (INST), que buscou captar a sinergia entre as pluviometrias anuais dos municípios, o número de vacas em lactação, a produtividade diária de leite por vaca e o preço médio de leite recebido pelos produtores. Para construir o INST utilizou-se o método de Análise Fatorial. Os resultados confirmaram as elevadas instabilidades temporais e espaciais das pluviometrias dos municípios. Depreende-se também que, em todos os municípios, os INST estimados para os períodos de seca foram inferiores aos observados nos demais períodos, o que confirma a grande importância da pluviometria no sucesso da pecuária no Ceará.

Palavras-chave: Semiárido; Instabilidade Temporal da Pluviometria; Sinergia; Capacidade de adaptação; Análise Fatorial

ABSTRACT

The general objective of this search was to evaluate the synergy between the annual rainfall and the defining variables in milk production in the twenty largest milk producing municipalities in Ceará State, from 1973 to 2020. The research used data from the Ceará State Foundation of Meteorology and Water Resources, as well from Municipality Livestock Research of IBGE in the investigated period. The municipalities' rains were organized in periods of drought, normality, and rainy seasons. The instability index (INST) was created, which sought to capture the synergy between the annual rain fall of the municipalities, the number of lactating cows, the daily milk productivity per cow, and the average milk price received by producers. To build the INST, the research used the Factor Analysis method. The results confirmed the high temporal and spatial instabilities of rainfall in the municipalities. It is also clear from the results that in all municipalities the INST estimated for the drought periods were always lower than those estimated in the other periods, which confirms the great importance of rainfall in the success to produce milk in Ceará State.

Keywords: Semi-arid; Temporal instability of rainfall; Synergy; Adaptability; Factor Analysis

Código JEL: Q1;O18

INTRODUÇÃO

A produção de leite, como qualquer outra atividade agrícola, é influenciada por fenômenos climáticos. Por essa razão, a instabilidade no regime pluviométrico, com escassez cíclica, má distribuição espacial e temporal das chuvas, consolida-se como importante definidor das vulnerabilidades da atividade, caso não haja procedimentos tecnológicos adequados (WILLIAMS *et al.*, 2008).

A instabilidade climática afeta todos os estados do Nordeste, sobretudo as suas áreas semiáridas, e tem impacto significativo sobre a pecuária regional, porque reduz a oferta e a qualidade das pastagens, incrementa ainda mais as incertezas decorrentes da sazonalidade da oferta de leite ao longo dos anos (XIMENES, 2009). Reis Filho e Carvalho (2009) concordam com essa assertiva e acrescentam que são vários os fatores que resultam em baixa produtividade na produção leiteira no Nordeste. São elas: a sazonalidade da oferta de forragem, o baixo nível tecnológico, a necessidade de fortalecer e modernizar o parque industrial. Contudo, a baixa e, principalmente, a irregular pluviosidade sempre foram, e continuarão sendo os grandes embaraços a serem superados.

A criação de bovinos leiteiros desenvolvida no semiárido do Nordeste brasileiro, na sua grande maioria, é constituída por estabelecimentos familiares com baixo nível tecnológico e sazonalidade na produção de leite, em função das quadras chuvosas que acontecem em apenas alguns dos primeiros meses dos anos e desaparece nos demais. Os regimes de criação que predominam na região são os extensivos e o semi-intensivos, nos quais os donos dos rebanhos utilizam a vegetação nativa da caatinga como principais fontes de alimentos dos seus animais (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2015).

A pecuária leiteira no semiárido do estado do Ceará, como acontece genericamente sob esse regime climático, convive com o problema da instabilidade pluviométrica, tanto de um ponto de vista espacial, como temporal. Essa variável climática afeta o rebanho leiteiro bovino, principalmente na produtividade das vacas em lactação (PAIVA *et al.* 2021).

Nessa perspectiva, este estudo propõe-se a responder à seguinte pergunta: As variáveis que definem a produção de leite nos municípios, maiores produtores de leite do Ceará, oscilam em sinergia sincronizada com as pluviometrias desses municípios?

Para responder a esse questionamento o estudo identificou, a partir do Censo Agropecuário de 2017, quais são os 20 municípios maiores produtores de leite no Ceará e teve como objetivo geral avaliar como se deu a sinergia entre a pluviometria anual e as variáveis definidoras na produção de leite, nesses municípios, entre os anos de 1973 e 2020, anos que os dados da produção pecuária municipal estão disponibilizados pelo IBGE.

De forma específica a pesquisa visa: a) aferir as estatísticas descritivas associadas às variáveis definidoras da produção de leite nos 20 municípios maiores produtores entre os anos de 1973 e 2020; b) aferir as instabilidades associadas à precipitação de chuvas e às variáveis que definem a produção de leite nos 20 municípios maiores produtores no Ceará no período investigado; c) e avaliar como interagem as variáveis definidoras da produção de leite nos municípios e as respectivas pluviometrias.

Além dessa seção introdutória, o artigo contém uma seção de referencial teórico em que são discutidos alguns dos conceitos mais relevantes utilizados neste estudo. Na terceira seção apresentam-se as fontes dos dados utilizados, bem como as metodologias utilizadas para fazer o tratamento estatístico dessas informações. Na

quarta seção são apresentados e discutidos os resultados encontrados e, na quinta e última seção, apresentaram-se as considerações finais do estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO, CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A pesquisa trabalha com os conceitos de instabilidade climática, seca e com a caracterização do semiárido brasileiro enfatizando os seus impactos sobre a produção agrícola em geral e a de leite em especial nesse regime climático.

Instabilidade climática no semiárido

A região semiárida do Brasil é marcada por instabilidades pluviométricas, tanto de um ponto de vista espacial como temporal, tendo influência de forma direta na produção agropecuária, como se depreende da passagem a seguir:

O semiárido brasileiro não é homogêneo em paisagem, em disponibilidade de recursos naturais, tão pouco em revestimento florístico. Uma das convergências que existem na imensa área que o compõe é a instabilidade climática que é traduzida na má distribuição de chuvas, tanto de um ponto de vista espacial como temporal (LEMOS; BEZERRA, 2020).

Instabilidades climáticas, sob a forma de, por exemplo, amplitudes térmicas, instabilidade pluviométrica e ocorrências de eventos extremos, como secas, ou excessos de chuvas, influenciam o setor leiteiro, sobretudo nos aspectos relacionados à produção e à produtividade das vacas em lactação, ambos afetando diretamente a saúde do animal e, indiretamente, alterando o ambiente onde ocorre a produção (CURI, 2020).

Desta forma, a produção de leite, como qualquer outra atividade agropecuária no semiárido brasileiro, está sujeita à instabilidade pluviométrica que caracteriza esse regime climático. Instabilidade essa que, por sua vez, interfere na produtividade, contribuindo para um baixo desempenho no setor leiteiro, fazendo com que os produtores de leite situados no semiárido brasileiro apresentem algumas das menores produtividades de leite do Brasil (BRASIL, 2017).

De acordo com a Pesquisa Pecuária Municipal - PPM de 2020, naquele ano a produtividade no Brasil foi de 2,14 litros diários por vaca, enquanto no Ceará, o estado brasileiro que, proporcionalmente tem a maior área inserida no semiárido, foi de apenas 1,37 litros/vaca. Esta diferença pode ser justificada por vários fatores, como raças e genéticas do rebanho leiteiro, instalações, manejo dos animais, sobretudo na ordenha, no controle de doenças, acesso aos medicamentos adequados, infraestrutura, mão de obra, principalmente (THORNTON et al., 2009).

Todavia, todas as atividades utilizadas no manejo do rebanho que afetam a capacidade de produção de leite estão diretamente condicionadas ao contexto pluviométrico. Instabilidades de chuvas, diferenciais de balanço hídrico podem influenciar, e até mesmo comprometer, a produção de leite, por exemplo, na produção da forragem, na incidência de doenças e,

principalmente, na disponibilidade de água na quantidade e nos períodos adequados para os rebanhos (GALVÃO JÚNIOR et al., 2015).

Ximenes (2009) salienta que a baixa oferta e a qualidade da pastagem do Ceará é um dos principais entraves à melhoria dos índices zootécnicos e econômicos, principalmente porque, nessa região, existe a instabilidade pluviométrica, tendo em vistas que há um curto período chuvoso (três a quatro meses) e o longo período seco (8 a 9 meses), causando sazonalidade da oferta de leite durante os anos, o que é característico do ambiente semiárido.

De acordo com Paiva (2018), mesmo com todos os percalços que têm que enfrentar, a pecuária é uma atividade histórica do Ceará e cumpre importante papel no desenvolvimento socioeconômico do estado, gerando ocupação e renda para milhares de cearenses que vivem nas áreas rurais do estado. No último Censo Agropecuário de 2017, o Ceará contava com um total de 394.330 estabelecimentos agropecuários. Desse total, 73 mil, de alguma maneira, se dedicava à produção de leite (IBGE, 2017). Ao comparar o Censo de 2006 ao de 2017, observa-se que apesar do número de estabelecimentos ter diminuído em 12% (passando de 83 mil para 73 mil), houve um aumento em 30% na produção (459.331 mil para 606.764mil). (IBGE, 2006; IBGE, 2017)

No geral, o Ceará detinha aproximadamente 21% de todos os estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca no Nordeste, ficando atrás apenas do estado da Bahia, que concentrou 31%, ou seja, 108 mil estabelecimentos. Quanto à produção, o estado passou a ser o segundo maior produtor, passando de 17% para 19% da produção total de leite da região (IBGE, 2017).

Essas informações reforçam o importante papel da pecuária leiteira para o estado, mesmo com as dificuldades impostas pelas condições de produzir sob o regime climático do semiárido. Também revela que os criadores demonstram uma incrível capacidade de adaptação às adversidades das instabilidades climáticas que os deixam vulneráveis a esse fenômeno natural (BROOKS, 2003).

Segue-se então que a disponibilidade de água se apresenta como um fator decisivo para o sucesso técnico e rentabilidade econômica na atividade produtora de leite, assim como, para garantia da sanidade animal, bem-estar e segurança alimentar. Estima-se que, para cada litro de leite produzido por uma vaca, necessita-se de aproximadamente de três litros de água ao consumo do animal. As vacas podem precisar de até 150 litros de água por dia, reforçando assim que o principal insumo para produzir o leite é a água (FAO, 2018).

No semiárido brasileiro, o déficit hídrico é uma constante, motivado também, além da instabilidade pluviométrica, pela elevada evapotranspiração e pelos recorrentes períodos de seca, o que leva à redução da disponibilidade de água superficial tornando um desafio a atividade pecuária e agrícola para essa região (BURNEY et al., 2014; CUANDRA et al., 2018; NUNES; MEDEIROS, 2020).

Definições de secas.

De acordo com a World Meteorological Organization (2016), seca é um prolongado período em que a precipitação total sobre uma região definida é inferior à média de longo prazo, causando problemas entre a demanda e a oferta de água nessa região. Segundo Mishra e Singh (2010), Marengo *et al.* (2016) e Brito *et al.* (2018), a seca é um fenômeno natural complexo que afeta as atividades agrícolas, os reservatórios de água utilizados para produzir energia elétrica, além de outras necessidades do uso de água.

De acordo com Wilhite e Glantz (1985), existem quatro tipos de secas: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. A seca meteorológica está associada à queda da precipitação de chuvas em decorrência do comportamento do sistema oceânico-atmosférico. Ou, segundo Fernandes *et al.* (2009), a seca meteorológica pode ser definida como a duração de períodos em que a pluviometria ocorre abaixo de uma média histórica. A seca é classificada como agrícola quando a evapotranspiração é maior que o total de água disponível para as lavouras no solo (WOLI *et al.*, 2012). A seca hidrológica, por sua vez, está relacionada ao inadequado fluxo de água das chuvas para os usos já estabelecidos no sistema como, por exemplo, para abastecer as hidrelétricas (MISHRA; SINGH, 2010; DE JESUS *et al.*, 2020). Por fim, a seca socioeconômica afere as consequências da escassez de água para as atividades econômicas, desabastecimento de água para as necessidades humanas, para os animais e tendo impactos ambientais (PEDRO-MONZONÍS *et al.*, 2015).

METODOLOGIA

A pesquisa buscou, junto ao Censo Agropecuário de 2017, a identificação dos 20 municípios com maior produção leiteira de leite no Ceará, daquele que foi o último ano da crise de escassez hídrica do Nordeste, que começou em 2012. Com base nessa identificação, buscaram-se as informações acerca do tamanho do rebanho leiteiro, da produção de leite, e dos preços médios do leite recebidos pelos criadores nesses municípios. As fontes dessas informações foram as Pesquisas Pecuárias Municipais – PPM, cobrindo o mesmo período de 1973 a 2020. Junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), buscaram-se as informações referentes às precipitações anuais observadas nesses municípios no mesmo período. Portanto, a pesquisa cobre 48 anos de observações para cada um dos 20 municípios estudados, além das precipitações observadas no estado no mesmo período.

Classificação dos anos de chuva nos municípios.

Para realizar este estudo, optou-se por criar “períodos de pluviometria” para avaliar a situação de cada um dos municípios analisados. Optou-se pela definição de limites fixados por um critério técnico, que permitisse a comparação das situações dos municípios, de acordo com as respectivas pluviometrias observadas anualmente. E esse critério deveria ser desenhado de tal forma que pudesse ser único para ser usado objetivando

comparar todos os municípios investigados. Assim, seria necessário que houvesse uma definição geral para o estado do Ceará, onde os municípios estão localizados, essa definição poderia servir de base para todos eles, tendo em vistas que as precipitações anuais do Ceará se constituem nas médias observadas anualmente nos seus 184 municípios.

Com base nessas premissas, e como se dispõe de série histórica de precipitação anual do Ceará, entre 1950 e 2020, optou-se em retirar dessa série as bases técnicas que definem os períodos pluviométricos que são criados neste estudo.

Assim, definem-se os seguintes períodos para o estado do Ceará, de acordo com a intensidade pluviométrica anual: anos de escassez de chuvas, chamados no estudo de período de “Seca”; anos de excessos de precipitação de chuvas, chamado de período “Chuvoso”; anos em que os níveis de pluviometria ficam em posição intermediária entre o período de “Seca” e o período “Chuvoso”, chamado de “Normal”. Adotando esse procedimento assumem-se os conceitos de “seca meteorológica”, na medida em que os limites estão baseados nas pluviometrias que ocorreram nos municípios em termos de milímetros anuais. Assume-se também o conceito de “seca agrícola”, na medida em que se avaliam as repercussões das precipitações sobre o desempenho das variáveis definidoras da produção de leite nos municípios principais produtores de leite no Ceará. Embora, explicitamente, não sejam avaliados os impactos socioeconômicos das secas sobre os produtores de leite e sobre a população que demanda leite, o conceito de “seca socioeconômica” fica implícito no trabalho em razão da importância econômica e social da produção de leite para o estado (FERNANDES *et al.*, 2009; WOLI *et al.*, 2012).

Para fazer as definições dos períodos, estimam-se a média e o desvio padrão das pluviometrias anuais, observadas para o Ceará, entre os anos de 1950 e 2020, e constroem-se as amplitudes apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Módulos testados para a Classificação da pluviometria no Ceará entre os anos de 1949 e 2020

Períodos	Intervalo de variação
Seca	Pluviometria < (Média- $\frac{1}{2}$ DP)
Normal	Pluviometria = (Média $\pm\frac{1}{2}$ DP)
Chuvoso	Pluviometria > (Média+ $\frac{1}{2}$ DP)

Fonte: Módulos estimados na pesquisa com base nas informações do DNOCS de 1950 a 1957 e da FUNCEME para o período de 1958 a 2020.

Aferição de estabilidade/ instabilidade nas variáveis.

Para aferir estabilidade/instabilidade das variáveis estudadas, utiliza-se o coeficiente de variação (CV) associado às médias aritméticas de cada uma das variáveis endógenas e exógenas utilizadas para o estudo da produção de leite nos municípios do Ceará no período investigado.

Por definição, o CV afere a relação percentual entre o desvio padrão e a média aritmética de uma variável aleatória. A utilização do CV permite a comparação entre variáveis de naturezas e aferições distintas (GOMES, 1985; GARCIA, 1989).

Quanto menor o CV, mais homogênea, ou mais estável, será a distribuição das observações em torno da média. Para usar o CV como medida de aferição do grau de estabilidade/instabilidade de uma distribuição pode ser útil ter algum conhecimento acerca da definição de seus valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu limites para classificação dos CV em experimentação agrícola. São essas as referências utilizadas neste estudo e que estão mostradas no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação do CV de acordo com a 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).

Aferição da interação entre as variáveis definidoras da produção de leite

Para aferir a interação que se supõe existir entre a pluviometria e as variáveis que definem a produção de leite nos municípios, constrói-se o índice de instabilidade (INST). Este índice é utilizado para captar a sinergia entre as instabilidades pluviométricas e aquelas associadas às variáveis definidoras da produção de leite nos municípios cearenses entre 1973 e 2020. Assim, supõe-se que as instabilidades nas pluviometrias, comuns no semiárido, interajam com as variáveis definidoras da produção de leite nos municípios cearenses maiores produtores de leite, tendo como referência o ano de 2017. O INST é construído de uma forma que oscilará com as instabilidades temporais de pluviometria em cada município, e no seu conjunto.

Para operacionalizar esta parte do estudo se definem as seguintes variáveis:

C_{it} = precipitação pluviométrica anual do município i ($i = 1, 2, \dots, 20$) no ano t ($t = 1973, 1974, 1975, \dots, 2020$). Essa variável é exógena e totalmente fora da capacidade de previsão por parte dos produtores de leite.

P_{it} = preço médio do litro de leite, em valores de 2020, recebido pelos criadores no município “ i ” no ano “ t ”. Variável também exógena, definida pelas leis de mercado. Neste caso, ao contrário do que acontece com as chuvas, os agricultores podem fazer alguma expectativa em relação aos prováveis preços que serão praticados tendo como base o que aconteceu nos últimos anos (PAIVA *et al.*, 2021).

V_{it} = número de vacas em lactação no i -ésimo município no t -ésimo ano. Variável endógena, tendo em vistas que os agricultores exercitam controle sobre o total de vacas em lactação, em função da sua disponibilidade de recursos, sobretudo os financeiros.

R_{it} = produtividade diária de litros de leite por vaca no município “ i ” no ano “ t ”. Também considerada variável endógena, haja vista que os criadores definem os procedimentos tecnológicos que utilizam a genética do seu rebanho, cios das vacas, controle das montas e/ou inseminação artificial.

Essas variáveis definidoras das chuvas e das produções anuais de leite observadas em cada município são agregadas no índice de instabilidade (INST). Essa agregação é feita utilizando a técnica de decomposição em componentes principais (DCP) do método de análise fatorial (AF).

Breve resumo do procedimento de AF no que se aplica ao estudo

A análise fatorial é um método desenhado para investigar se um número de variáveis de interesse Y_1, Y_2, \dots, Y_n , estão linearmente relacionadas com um número $k < n$ de fatores não observáveis: F_1, F_2, \dots, F_k . Cada uma dessas novas variáveis é chamada de fator, que pode ser entendido como o agrupamento de variáveis, a partir de critérios estabelecidos. Nesse sentido, a análise fatorial é uma técnica multivariada que procura identificar uma quantidade relativamente pequena de fatores que representam o comportamento conjunto maior de variáveis originais interdependentes (FÁVERO, 2015).

Os fundamentos técnicos da (AF) estão ancorados nas correlações lineares entre as variáveis que são utilizadas. Assim, para que a técnica seja viável, é necessário que a matriz de correlação entre as variáveis não seja uma identidade (BROOKS, 2003; MCCLAVE *et al.*, 2005; THORNTON *et al.*, 2009; HAHN, 2009; GUILLAUMONT; SIMONET, 2011; CHAN; IDRIS, 2017; FÁVERO *et al.*, 2020).

Para que seja feita a AF de maneira adequada, é preciso efetuar os seguintes passos: confirmar que a matriz de correlação das variáveis não se é identidade, ou seja, que as correlações entre elas sejam estatisticamente diferentes de zero; assegurar que a estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) tenha valor mínimo de 0,5; realizar o teste de esfericidade de Bartlett para confirmar que a matriz de correlação não é uma identidade; definir o

percentual de explicação da variação acumulada dos componentes estimados.

Para realizar a AF, as variáveis são transformadas em normais padronizadas, que tem média zero (0) e variância um (1). Com esse procedimento, além de outras implicações adequadas para o procedimento, são neutralizadas as diferenças de unidades de medidas em que as variáveis originais estão aferidas.

Tendo sido feita a extração e determinado o número de fatores estimam-se os escores fatoriais, de onde se geram variáveis não observadas, os escores fatoriais, que serão as utilizadas para gerar o INST. Essas variáveis não observadas reúnem, por meio das correlações entre elas, as informações das variáveis originais. Podem ser gerados um ou mais fatores. Quando são gerados mais fatores, o método AF prevê a possibilidade de fazer rotação dos fatores gerados. Há diferentes métodos de rotação. Neste estudo opta-se pela rotação ortogonal, método varimax, que produzirá fatores linearmente independentes (MCCLAVE *et al.*, 2005; HASSAN *et al.*, 2012; CHAN; IDRIS, 2017; FÁVERO *et al.*, 2020).

O método utilizado neste estudo para a extração dos fatores foi a decomposição em componentes principais (DCP), que tem como característica a busca de uma combinação linear das variáveis observadas, de forma a maximizar a variância total explicada pelos fatores (variáveis não observadas) gerados (MCCLAVE *et al.*, 2005; FÁVERO *et al.*, 2020).

Procedimentos adotados para a criação do Índice de Instabilidade (INST)

O método de Análise Fatorial, como se viu, permite gerar os escores fatoriais e, com eles, criam-se variáveis não observadas, de número inferior ao das originais. Aliás, é esse o fundamento da metodologia. Tentar reunir em fatores variáveis que tem correlação entre si. Sendo estimados dois ou mais fatores, a rotação varimax permitirá que esses fatores sejam ortogonais ou independentes.

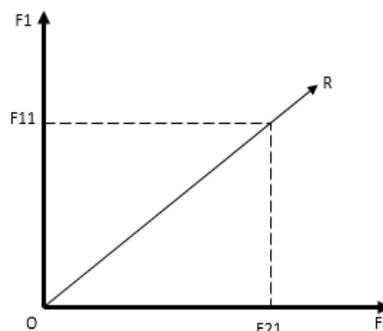
Os escores fatores gerados apresentam valores que gravitam em torno de médias zero e têm desvios padrão iguais a um. Portanto, são valores positivos e negativos que se distribuem em todos os quadrantes geométricos que podem ser criados a partir deles.

Em geral, os índices são construídos em escalas positivas. Por esta razão podem-se organizar esses escores fatoriais de tal forma que assumam apenas valores positivos em uma escala definida e sem afetar as características estatísticas dos escores fatoriais gerados. Essas escalas são criadas de uma forma que assumam valores entre zero e um, procedimento feito utilizando-se a Equação (1):

$$F_{it} = (F_{it} - F_i^{mn}) / ((F_{it}^{mx} - F_i^{mn})) \quad (1)$$

Na equação (1), o escore fatorial transformado F_{jt}^P terá valores entre zero e um; F_{it} é o valor gerado para o i -ésimo escore fatorial; F_i^{mn} e F_i^{mx} são, respectivamente, os valores mínimo mínimos e máximos assumidos por F_{it} ; Nessa pesquisa, reduzem-se as variáveis observadas a dois fatores ortogonais. Sendo gerados dessa forma, com as observações colocadas no primeiro quadrante elas se distribuem em dois eixos perpendiculares, como simulados na Figura 1.

Figura 1: Demonstração de como foi gerado o INST



Fonte: Elaboração dos autores.

Na Figura 1, apresentam-se dois pontos observados, respectivamente, em F_1 e F_2 que são os escores fatoriais gerados e transformados com valores entre zero e um. Com base nessa formatação geométrica pode-se aplicar o Teorema de Pitágoras (SALLY; SALLY JR, 2007). Assim, podem-se entender os segmentos OF_{11} e OF_{21} como catetos, e R como a resultante. A Equação 2 apresenta o cálculo para obtenção do valor R :

$$R = (OF_{11}^2 + OF_{21}^2)^{1/2} \quad (2)$$

O INST estimado tem o tamanho dos “ R ” para cada município produtor de leite estudado, entre os anos de 1973 e 2020. Ajusta-se o seu valor para ficar entre zero (0) e cem (100), de tal forma que os valores de INST, tendendo para zero significa que o conjunto das variáveis que responde pela produção de leite no município e no ano apresentou maiores problemas. Em geral espera-se que isso tenha acontecido nos anos de seca. Valores estimados de INST tendendo para 100, ao contrário, significam que as variáveis definidoras da produção de leite no município e no ano apresentaram melhores resultados. Espera-se que isso aconteça,

principalmente, nos anos chuvosos e de normalidade pluviométrica tendo em vistas a importância da água na produção de leite como já se discutiu na Seção anterior deste trabalho.

Algumas considerações acerca do que, de fato, se espera que o INST seja capaz de aferir neste estudo. Como é construído utilizando a interação entre a pluviometria, total de vacas em lactação, produtividade e preços do litro de leite em nível de produtor, a expectativa é que o índice possa captar a sinergia entre essas variáveis.

Como o índice foi construído com base nos dados das pluviometrias dos municípios, entre 1973 e 2020, ele está afetado pelos períodos avaliados na pesquisa: seco, normalidade e chuvoso. Desta forma pode-se estimar as médias do índice em cada período e podem ser hierarquizados em ordem decrescente ou crescente. Esperando-se que o INST médio seja o maior no período chuvoso e o menor no período seco. Para testar essa hipótese utilizam-se duas variáveis “Dummies”: D_1 e D_2 , que serão as variáveis explicativas da Equação (3) em que o $INST_i$ é o índice de instabilidade para o “i-ésimo” município estudado ($i = 1, 2, \dots, 20$):

$D_1 = 1$ nos anos chuvosos; $D_1 = 0$ nos demais anos dos demais períodos;

$D_2 = 1$ nos anos de normalidade; $D_2 = 0$ nos anos dos demais períodos;

$D_1 = D_2 = 0$ nos anos de seca.

A Equação (3) é definida da seguinte forma:

$$INST_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \varepsilon_i \quad (3)$$

Na equação (3), β_0 é coeficiente linear que mede a médias do INST quando $D_1 = D_2 = 0$. Sendo este coeficiente linear estatisticamente diferente de zero, depreende-se que a pluviometria no período de seca seja diferente das médias dos períodos de normalidade e chuvoso. Espera-se ainda que essa média apresente a menor magnitude. Caso β_1 seja estatisticamente diferente de zero, significa que a pluviometria média dos períodos chuvosos será significativamente diferente das médias dos períodos de normalidade e de seca. Neste caso espera-se que a média desse período tenha a maior magnitude. Caso β_2 seja estatisticamente diferente de zero, a pluviometria média dos períodos de normalidade será diferente das médias dos períodos chuvoso e de seca. Espera-se que todos esses coeficientes sejam positivos e que possam ser hierarquizados na sequência: $\beta_2 > \beta_1 > \beta_0 > 0$. O ruído aleatório ε_i , por hipótese, atende aos pressupostos do modelo linear clássico de ter média zero, ser não autocorregressivo e ter variância constante. Sendo assim os parâmetros β_0 , β_1 e β_2 podem ser estimados utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários (WOOLDRIDGE, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atender ao primeiro e segundo objetivo do estudo, apresentam-se as médias e os coeficientes de variações das pluviometrias dos municípios, dos tamanhos dos rebanhos em lactação, das produtividades diárias de leite e dos preços recebidos pelos produtores nos municípios estudados.

Através das evidências mostradas na Tabela 1 depreende-se que as médias das pluviometrias dos municípios maiores produtores de leite no Ceará entre 1973 e 2020 foi menor do que a observada para o Ceará no mesmo período. Observa-se também que dez (10) municípios tiveram médias pluviométricas superiores à observada para todos eles (725,51 mm). Obviamente que dez municípios tiveram média inferior à observada no conjunto. Para os municípios de Tauá (509,7 mm) e Madalena (589,1 mm) foram estimadas as menores médias no período. Iracema (820,0 mm) e Iguatu (917,1 mm) apresentaram as maiores médias de pluviometria entre os anos de 1973 e 2020 (Tabela 1).

Pelos resultados mostrados na Tabela 1, também se depreende que todos os municípios apresentavam CV considerados “muito altos” pela classificação de Gomes (1985), tendo vistas que essa medida de variabilidade relativa aferidas para as suas respectivas pluviometrias, variaram de 31,6%, em Iguatu, a 47,9%, em Madalena. Isso confirma o que se esperava acerca da pluviometria nos municípios cearenses: elevada instabilidade temporal. Observa-se também que Madalena, o segundo município com menor pluviometria média no período, também apresentou a maior instabilidade temporal entre 1973 e 2020.

No que se refere às variáveis definidoras da produção de leite nos municípios, constata-se também que predominam CV considerados como altos, ou muito altos, seguindo a classificação de Gomes (1985). Neste caso as maiores instabilidades são observadas nos preços recebidos pelos produtores de leite. Os preços recebidos pelos produtores de leite em Acopiara, por exemplo, tiveram CV de 71,5% no período avaliado. Instabilidades elevadas também foram constatadas na produtividade e no número de vacas em lactação. Nessas duas variáveis também prevalecem CV altos ou muito altos (Tabela 1).

As quantidades médias de vacas leiteiras variaram de 3.303 no município de Russas, a 13.590 em Quixeramobim, que é o município cearense detentor do maior média de rebanho de vacas em lactação no Ceará no período analisado. A média do estado foi estimada em 4.361 unidades. Em quatorze, dos 20 municípios maiores produtores de leite no Ceará, constata-se que as produtividades diárias de leite por vaca superaram a média do estado para o período que foi de 1,90 litros. A maior produtividade diária foi observada no município de Madalena (2,90 litros/vaca), e as menores produtividades foram observadas em Acopiara e Icó, em que as vacas produziram em média 1,50 litros/dia (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias e Coeficientes de Variação (CV): das pluviometrias, vacas em lactação, produtividade diária de leite por vaca e preço do leite nos 20 municípios com maior produção leiteira no estado, entre 1973 e 2020.

Município	Pluviometria (mm)		Vacas (Em Lactação)		Produtividade (Litros /vaca)		Preço (R\$/litro)	
	Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV
Acopiara	749,3	38,5	7.488	14,6	1,5	23,6	2,7	71,5
Alto Santo	726,5	40,4	3.944	64,9	2,1	27,7	2,3	55,2
Banabuiú	722,8	39,4	4.475	10,0	2,6	29,0	1,4	27,9
Crateús	718,6	41,5	9.221	26,5	1,8	19,5	2,8	60,1
Icó	759,5	33,9	8.329	29,1	1,5	14,3	2,3	68,6
Iguatu	917,1	31,6	8.183	24,7	1,8	41,1	2,6	67,6
Iracema	820,0	38,0	4.028	49,9	2,5	38,6	2,3	57,1
Jaguaretama	740,8	41,6	9.082	31,4	2,2	16,6	2,1	63,7
Jaguaribe	715,5	41,6	11.603	28,9	2,4	15,1	2,1	63,6
Limoeiro do Norte	739,4	42,3	4.451	63,9	2,4	26,3	2,3	55,4
Madalena	589,1	47,9	3.976	38,9	2,9	35,1	2,1	67,8
Milhã	722,2	34,3	3.394	43,2	2,4	44,4	1,5	30,8
Morada Nova	712,4	41,5	13.333	42,2	2,3	32,9	2,4	66,1
Quixadá	714,0	42,6	10.857	29,5	2,3	39,7	2,2	61,2
Quixelô	760,5	33,4	3.990	34,6	2,0	37,1	1,7	64,7
Quixeramobim	686,0	39,8	13.590	15,8	2,4	48,5	2,2	61,3
Russas	752,7	43,5	3.303	22,7	2,4	48,9	2,6	60,9
Sobral	714,2	44,9	8.871	23,8	1,6	17,8	2,7	49,6
Solonópole	739,9	35,1	5.007	35,2	2,0	36,8	2,2	59,9
Tauá	509,7	41,6	10.627	27,1	1,8	28,8	2,5	49,7
Municípios estudados	725,51	39,67	7.388	32,85	2,15	31,09	2,25	58,14
Ceará	796,50	35,90	4.361	18,50	1,90	22,80	2,70	51,8

Fontes: Funceme (vários anos); IBGE (vários anos).

Definição dos períodos de pluviometria para os municípios estudados

O estudo toma como referência, para a definição dos períodos de seca, normalidade e chuvoso, a pluviometria observada no Ceará entre os anos de 1949 e 2020. Nesse período, a pluviometria média do estado foi de 793,7mm, com desvio padrão de 267,8 mm. Esses valores permitem criar neste estudo os períodos de pluviometria para o estado e que foram aplicados para identificar as situações dos municípios investigados entre os anos de 1973 e 2020, tendo em vista que são para apenas esses anos que se dispõe de informações, em nível de município, para o conjunto das variáveis estudadas.

Assim, para que se possa fazer comparação entre os municípios estudados entre 1973 e 2020, toma-se como referência a média e o desvio padrão observados para o Estado naquele período mais longo. Os intervalos de definição das pluviometrias, que definem os períodos de seca, normalidade e chuvoso estimados para o Ceará, entre 1949 e 2020, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Módulos estimados para a classificação da pluvimetria no Ceará entre os anos de 1950 e 2020

Período	Intervalo de variação	Limites dos períodos
Seca	Pluviometria < (Média - ½ DP)	Menor do que 659,8 mm
Normalidade	Pluviometria = (Média ± ½ DP)	Entre 659,8 mm e 927,7 mm
Chuvoso	Pluviometria > (Média + ½ DP)	Acima de 927,6 mm

Fonte: Módulos a serem estimados na pesquisa com base nas informações do DNOCS de 1950 a 1957 e da FUNCEME para o período de 1958 a 2020.

A aplicação desses limites às pluvimetrias, observadas nos 20 municípios maiores produtores de leite, nos 48 anos avaliados, permite gerar os valores mostrados na Tabela 3. Das evidências apresentadas nessa tabela, depreende-se que, no lapso de tempo estudado, ocorreram 16 anos de períodos de seca no Ceará, com média de 525,8mm. Em Tauá, ocorreu a frequência modal dos períodos de seca, dentre os municípios estudados. Esse município, teve 37 anos de seca no período analisado, com uma média de 423,2mm, a menor observada para esse período, dentre os municípios estudados. Tauá (3 anos) e Madalena (4 anos) tiveram menos anos incluídos no período chuvoso, conforme Tabela 3.

Em Iguatu, observou-se a menor incidência de anos de seca no período investigado: oito anos. Esse município também apresentou a maior média pluviométrica nesse período de seca (564,6mm). Para o Ceará a pluvimetria média no período de seca, entre 1973 e 2020, foi de 525,8mm em 16 anos (Tabela 3).

Acopiara teve 21 anos de normalidade pluviométrica, com média de 774,8mm. A maior média pluviométrica para esse período chuvoso aconteceu em Russas (827,4mm). Nesse município aconteceram 14 anos de normalidade pluviométrica. Em Tauá aconteceu a menor média de pluvimetria nos anos de normalidade (711,9mm) em apenas sete anos. O Ceará teve 16 anos de normalidade pluviométrica, entre 1973 e 2020, com média de 758,4mm (Tabela 3).

Para Iguatu, constatou-se que teve o menor número de anos no período de seca, e o maior (21 anos) no período chuvoso, com uma média de 1.167mm. Tauá, conforme se pode observar na Tabela 3, foi o município que teve o menor número de anos com período chuvoso entre 1973 e 2020. Para esse município computaram-se apenas três (3) anos chuvosos. No Ceará aconteceram quinze (15) anos no período chuvoso, com média de 1.125,7mm.

Tabela 3: Precipitações médias e número de anos em períodos de seca, normalidade e chuvoso nos municípios e médias no Ceará, entre 1973 e 2020.

Município	Seca		Normalidade		Chuvoso	
	Média	Anos	Média	Anos	Média	Anos
Acopiara	498,3	17	774,8	22	1.163,9	9
Alto Santo	476,6	22	813,3	16	1.145,9	10
Banabuiú	497,6	22	769,8	17	1.189,6	9
Crateús	482,7	24	782,8	11	1.104,8	13
Icó	545,8	19	771,5	19	1.144,0	10
Iguatu	564,6	8	782,3	19	1.167,0	21
Iracema	497,1	16	771,2	15	1.164,2	17
Jaguetama	477,8	22	803,7	15	1.186,9	11
Jaguaribe	482,3	23	774,3	14	1.133,5	11
Lim.do Norte	465,8	20	768,0	17	1.195,5	11
Madalena	425,9	31	800,3	13	1.221,3	4
Milhã	527,3	24	779,2	14	1.096,4	10
Morada Nova	489,0	25	802,4	12	1.130,3	11
Quixadá	473,0	22	766,0	15	1.129,9	11
Quixelô	543,6	19	763,4	19	1.145,6	10
Quixeramobim	498,0	27	774,4	11	1.105,3	10
Russas	497,9	23	827,4	15	1.234,2	10
Sobral	470,6	24	791,2	13	1.161,9	11
Solonópole	525,7	20	776,8	20	1.187,6	8
Tauá	423,2	37	711,9	8	1.103,4	3
Médias dos Municípios	493,14	22	780,2	15	1155,6	11
Média no Ceará	525,8	16	758,4	17	1.125,7	15

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

Estimação do índice de instabilidade (INST)

Os resultados encontrados na análise fatorial, para gerar os fatores de onde se construiu o índice de instabilidade (INST), estão na Tabela 4. Como se observa, foram gerados dois fatores ortogonais. Pelas evidências mostradas na Tabela 4 depreende-se que o ajustamento estatístico foi adequado para utilizar o método de decomposição em componentes principais da Análise Fatorial neste estudo. Rejeita-se a hipótese da matriz de correlação entre as quatro variáveis ser uma identidade, como demonstrado pelo teste de Bartlett. A estatística KMO = 0,678, superior ao limite inferior aceitável de 0,5, e a variância total explicada pelo modelo ajustado de 79,112% consolidam a assertiva de que se pode utilizar os escores fatoriais gerados para construir o INST.

Tabela 4: Resultados encontrados na estimação dos fatores usando a técnica de decomposição em componentes principais para aferir a interação entre a pluviometria e as variáveis que definem a produção de leite em municípios selecionados no Ceará

Variáveis	Componentes estimados pós-rotação ortogonal		Coeficientes dos escores fatoriais dos componentes estimados	
	F1	F2	F1	F2
Chuvas	0,761	0,300	0,425	-0,008
Vacas	0,103	0,955	-0,292	0,859
Produtividade	0,872	0,002	0,617	-0,331
Preço	0,674	0,599	0,249	0,306
Teste de adequação de Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)				0,678
Variância total explicada (%)				79,112
Teste de Esfericidade de Bartlett		GL = 6	Qui-Quadrado = 69,236	Sig. = 0,000

Fonte: Funceme e IBGE (1973 a 2020).

Com base nesse ajustamento foi gerado o índice de instabilidade (INST), cujos valores médios estimados para cada município, ponderados pelos anos de incidências dos períodos de ocorrência, bem como a média geral para, estão mostrados na Tabela 5. Observa-se que, em todos os municípios, os maiores valores estimados para o INST aconteceram nos períodos chuvosos, e os menores valores foram estimados para os períodos de secas confirmando a suposição inicial deste trabalho (Tabela 5).

Para se aferir a média geral para os INST dos municípios, bem como as médias estimadas para os períodos chuvosos, de normalidade e seca, foram considerados os 47 anos de observação e os 20 municípios maiores produtores de leite no Ceará entre 1974 e 2020. Assim foram computadas 940 observações. Esses resultados estão apresentados na Tabela 5.

Das evidências mostradas na Tabela 5 conclui-se que os cinco (5) municípios com as maiores INST médios, são respectivamente: Iguatu (INST = 84,2); Sobral (INST = 81,5); Quixeramobim (INST = 79,5); Crateús (INST = 78,1); e Morada Nova (INST = 73,8). Por outro lado, os cinco (5) municípios com maiores dificuldades médias, considerando os três períodos de pluviometria estudados são: Milhã (INST = 20); Banabuiú (INST = 23,6); Madalena (INST = 28,2); Quixelô (INST = 29,9); e Russas (INST = 41,9).

Tabela 5: Valores estimados para as médias do INST agregado para todos os municípios com os desdobramentos para os períodos chuvosos definidos no estudo entre 1973 e 2020

Municípios	Média	Seca	Normal	Chuvoso
Acopiara	71,3	57,5	77,5	82,7
Alto Santo	48,7	37,6	46,5	76,4
Banabuiú	23,6	14,3	21,2	50,7
Crateús	78,1	74,7	80,0	82,8
Icó	73,3	64,5	70,5	95,0
Iguatu	84,2	82,4	88,0	97,8
Iracema	46,5	27,2	39,7	70,2
Jaguaretama	52,2	49,0	53,8	56,7
Jaguaribe	62,5	60,0	63,0	67,2
Lim. do Norte	45,8	38,1	39,6	66,0
Madalena	28,2	21,1	26,1	89,1
Milhã	20,0	6,1	25,5	46,2
Morada Nova	73,8	63,1	72,0	100,0
Quixadá	65,0	56,1	64,2	84,0
Quixelô	29,9	19,4	23,4	61,4
Quixeramobim	79,5	74,6	83,4	88,7
Russas	41,9	19,3	50,0	82,6
Sobral	81,5	74,2	85,1	93,7
Solonópole	49,7	44,5	48,6	65,6
Tauá	66,1	56,8	60,8	74,0
Medias Gerais	56,1	48,2^C	54,2^B	75,5^A

Fonte: Valores estimados, a partir dos dados da Funceme e do IBGE (vários anos). Obs. Os super-índices indicam que as médias são estatisticamente diferentes e que se pode estabelecer a hierarquia: A>B>C.

Na Tabela 6, apresentam-se os resultados encontrados usando as variáveis *dummies* para testar se os INST, estimados para os períodos chuvoso, normal e de seca, são estatisticamente diferentes. Os resultados encontrados confirmam as suposições feitas no estudo de que os INST médios estimados para os anos do período chuvoso em todos os municípios, são maiores do que os observados para os anos de normalidade e maiores do que os observados para os anos de seca, sendo possível fazer a seguinte hierarquia: INSTCHU > INSTNOR > INSTEST.

Em seguida, tem-se a investigação avaliando as maiores amplitudes entre os INST aferidos para os anos chuvosos em relação aos observados nos anos de seca. Essa amplitude pode ser um indicativo das capacidades de adaptação dos municípios às dificuldades pluviométricas, no que se refere à produção de leite nos 20 municípios maiores produtores de leite no Ceará, no período estudado.

Tabela 6: Resultado da Análise de Regressão Para testar se os INST estimados para os períodos chuvoso, normal e seca são estatisticamente diferentes.

Var. Explicativas	Coef. Regressão	Estatística "t"	Sign.
Constante	48,151	48,324	0,000
D ₁	27,305	15,528	0,000
D ₂	6,050	3,800	0,000
R ² Ajustado	0,205		

Fontes: Valores estimados a partir dos dados da Funceme e do IBGE (vários anos)

Das evidências mostradas na Tabela 5, observa-se que os cinco (5) municípios com maiores dificuldades de adaptação foram: Madalena (Amplitude = 68,0), Russas (Amplitude = 63,3), Iracema (Amplitude = 43,0), Quixelô (Amplitude = 42,0) e Milhã (41,1). Por outro lado, os cinco municípios que apresentaram as menores amplitudes entre as médias dos INST estimadas para os períodos e chuvosos e aquelas estimadas para os períodos de seca foram: Jaguaribe (Amplitude = 7,2), Jaguaratama (Amplitude = 7,7), Crateús (Amplitude = 8,1), Quixeramobim (Amplitude = 14,1) e Iguatu (Amplitude = 15,4).

Ainda com base nas evidências mostradas na Tabela 5, depreende-se que o município de Iracema deteve a segunda melhor pluviometria média no período avaliado, dentre os municípios estudados (820 mm). Apresentou 17 anos no período chuvoso, com uma média de 1164,2 mm, 15 anos de normalidade pluviométrica, com média de 771,2 mm e 16 anos de seca, com média de 497,1 mm (uma das maiores para o período, dentre os municípios avaliados). No entanto, ficou apenas na 14^a posição no ranking crescente do INST. Isso aconteceu devido à pequena quantidade de vacas em lactação observadas no município, cuja média foi de apenas 4.028, ocupando a 15^a posição no ranking crescente do número de vacas leiteiras por município. Esse município parece ter um potencial bastante grande para ter uma posição mais privilegiada na produção de leite no Ceará, tendo em vistas que, além de apresentar uma distribuição pluviométrica bastante satisfatória, em relação aos 20 maiores produtores de leite no Ceará, tem uma das maiores produtividades de leite por vaca em lactação (2,5 litros/dia). Portanto, um rebanho ainda muito pequeno, com uma boa qualidade genética, se comparado aos municípios estudados.

CONCLUSÕES

Das evidências encontradas na pesquisa, constataram-se instabilidades muito altas associadas às pluviometrias dos municípios cearenses, que também são experimentadas pelas variáveis definidoras da produção de leite nos municípios estudados, sobretudo os preços. Essa conclusão sugere que as instabilidades observadas nas pluviometrias dos municípios transmitiram-se para as variáveis definidoras da produção nos 20 municípios maiores produtores de leite, do estado, entre 1973 e 2020.

As correlações entre as variáveis definidoras da produção nos municípios analisados puderam ser consolidadas num índice adimensional, utilizando o método de análise fatorial: o índice de instabilidade (INST), que conseguiu captar a sinergia entre as variáveis estudadas, que definiram a produção, nos três períodos em que se classificaram os regimes pluviométricos.

Além disso, conclui-se que as estimativas dos INST, associados aos períodos de seca, são sempre menores do que aqueles estimados para os períodos de normalidade e chuvoso, como era a expectativa deste trabalho. Conclui-se também que, nos períodos chuvosos, os INST dos municípios são sempre maiores do que nos períodos de normalidade e de seca, também de acordo com as expectativas norteadoras da pesquisa. Resultado que confirma a importância da ocorrência de elevadas pluviosidades para fomentar melhores resultados na produção de leite no semiárido.

Demonstrou-se no estudo, como também era esperado, mas até então não confirmado empiricamente, que há interface entre a pluviometria, o número de vacas em lactação, a produtividade diária e o preço de leite recebido pelos agricultores e que a instabilidade pluviométrica se transfere de forma sinérgica a essas variáveis que são as definidoras da produção de leite nos 20 municípios maiores produtores do Ceará. A exceção que mais se destaca, nesse caso, é o município de Iracema que, relativamente aos demais municípios avaliados, apresentou um quadro favorável de pluviometria, entre 1973 e 2020, mas teve baixo número de vacas em lactação. O rebanho leiteiro desse município apresentou a terceira maior produtividade diária de leite por vaca. Isso sinaliza que Iracema tem potencial para assumir, no futuro próximo, uma posição mais destacada na produção de leite no Ceará.

De modo geral, como a sinergia entre as pluviometrias e as variáveis definidoras da produção de leite, nos municípios estudados, manifestou-se de forma inequívoca, pode-se inferir que o mesmo acontecerá em todos os demais municípios que produzem leite no Ceará e que não fazem parte dos maiores produtores de acordo com o que sinalizou o Censo Agropecuário de 2017.

Desta forma, as evidências encontradas na pesquisa responderam de forma inequívoca ao questionamento norteador deste estudo, sobre o comportamento sinérgico entre as variáveis que definem a produção com as pluviométricas, nos maiores produtores de leite do Ceará.

Como sugestões, os resultados da pesquisa apontam que a produção de leite no Ceará precisa criar instrumentos tecnológicos para se adaptar às instabilidades pluviométricas temporais que fazem parte do cenário do semiárido. Isso inclui uma melhor ação interativa entre as instituições de pesquisa, assistência técnica, extensão e fomentos rurais no estado. Essas recomendações pareciam óbvias, mas não havia base científica que as suportassem. Contudo, acredita-se que, com as evidências encontradas neste trabalho, tem-se respaldo científico para serem efetivadas, não apenas nos 20 municípios estudados, mas em todos os municípios cearenses que produzem leite de gado bovino.

REFERÊNCIAS

BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, 38 (2), p. 517-529. fev. 2018.

BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research*. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/200032746_Vulnerability_Risk_and_Adaptation_A_Conceptual_Framework . Acesso em 15. abr. 2021.

BURNEY, J, et al. Climate Change Adaptation Strategies for Smallholder Farmers in the Brazilian Sertão. *Climatic Change*, 126, p. 45-59, ago. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-014-1186-0> . Acesso em 20. Abr. 2021.

CHAN, L. Liew; IDRIS, Noraini. Validity and Reliability of The Instrument Using Exploratory Factor Analysis and Cronbach's alpha. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7 (10). Disponível em: https://hrmars.com/papers_submitted/3387/Validity_and_Reliability_of_The_Instrument.pdf . Acesso em: 15. abr. 2021.

CUANDRA, S. Viana. et al. Mudanças Climáticas e a Agropecuária Brasileira, *Geography*.

CURI, R. L. C. *Precipitation and temperature effects o nine qualities of milk production in Brazil*. 2020. (Tese) Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

JESUS, E. Teixeira de. et al. Seca meteorológica e hidrológica de 1987 a 2017 na bacia hidrográfica do rio Doce, Sudeste do Brasil. *RBRH* [online]. 2020, v. 25. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190181>>. Epub 05 Jun 2020. ISSN 2318-0331. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190181>. Acesso em: 15. abr. 2021.

FÁVERO, L. P. et al. *Análise de Dados: técnicas multivariadas exploratórias com SPSS e STATA*. (1). Rio de Janeiro: Elsevier. 2020.

FERNANDES, D. S. et al. *Índices para a quantificação da seca*. (244). Embrapa Arroz e Feijão. 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. 2018. *World Meat Market Overview 2017*. Meat Market Review.1-11. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca3880en/> Acesso em: 20. Abr. 2021.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. Portal hidrológico. 2021. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/> Acesso em: em: 20. Abr.2021.

- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Perfil dos sistemas de produção de leite bovino no Siridó Potiguar. *Rev. Holos*. Rio Grande do Norte, v. 2. P. 130-141. 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.15628/holos.2015.1913>> Acesso em: em: 20. Abr. 2021.
- GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. *IPEF*. 12. (Circular técnica, 171). 1989. Disponível em <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/171.pdf>. Acesso em: 02. Mar. 2021.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 13a ed. São Paulo: ESALQ/USP. 1985.
- GUILLAUMONT, P; SIMONET, C. *Designing an index of structural vulnerability to climate change*. FERDI-Fondation for studies and research on international. 42, France. 2011.
- HAHN, M.; RIEDERER, A.; FOSTER, S. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change - A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19 (1), p. 74-88. 2009.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, *Produção Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro, 2020. _____ . *Censo Agropecuário 2017*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017> > Acesso em: 20. Mar. 2021. _____ . *Censo Agropecuário 2006*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006> Acesso em: 20. Mar. 2021.
- LEMOS, J.J.S.; BEZERRA, F.N.R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará. *Braz J. Of Develop*, 5, 9, 15632-15652. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3294/3157> Acesso em: 20. Mar. 2021.
- MARENGO, J. A., CUNHA, A. P., ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Clim análise*, 3, 49-54. 2016.
- MCCLAVE, J.T.; BENSON, P.G. SINCICH, T. *Statistics for Business and Economics*. Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2005.
- MISHRA, A. K., SINGH, V. P. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 391, 202-216. 2010.
- NUNES, L. F. C. V.; MEDEIROS, P. H. A. Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. *Rev. Gest. Água Am. Lat*, Porto Alegre, v. 17, e18, 2020.
- PAIVA, E. *Simulações metodológicas para detectar formação de expectativas e tornar a produção de leite sustentável no semiárido cearense*. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

- PAIVA, E. C., LEMOS, J. J. S., CAMPOS, R. T. Previsões para a produção de leite sob instabilidade pluviométrica no Ceará no período de 1974 a 2019. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(spe), e252091. 2021. Disponível em <https://www.revistasober.org/article/doi/10.1590/1806-9479.2021.252091> Acesso em: 16. Abr. 2021.
- PEDRO-MONZONÍS, M., et al. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 527, 482-493. 2015.
- REIS FILHO, R.J.C, CARVALHO, A.P. *Plano de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira nas Áreas Irrigáveis do Estado do Ceará*. Fortaleza: ADECE. 2009.
- SALLY, J.D.; SALLY JR., P.J. A vertical development of mathematical problems. Washington – DC (USA). American Mathematical Society. 2007.
- THORNTON, P.K.; VAN, S.J.; Notenbaert, A. ; HERRERO,M. *The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know*. *Agricultural Systems*, 101, 113-127. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X09000584> Acesso em: 17. Mar. 2021.
- XIMENES, L.J.F. *Predição do Lucro por mudança unitária das características produtivas e reprodutivas de bovinos leiteiros no semiárido do Nordeste*. 2009. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- WILLIAMS, S.E. et al. *Towards an Integrated Framework for Assessing the Vulnerability of Species to Climate Change*. *PLoS Biol* 6(12): 325. 2008. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0060325> Acesso em: 18. Abr. 2021.
- WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10(3), 111-120. 1985
- WOLI, P., JONES, J. W., INGRAM, K. T., FRAISSE, C. W. (2012). Agricultural reference index for drought (ARID). *Agronomy Journal*, 104(2), 287-300. 2011.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Standardized precipitation index user guide*. Geneva. World Meteorological Organization. 2016
- WOOLDRIDGE, J.M. *Introductory econometrics: A modern approach*. 5. Mason: South Western Educational Publishing. 2013.